

Tema 1
INTRODUCCIÓN A
LA INSTRUMENTACIÓN

Conceptos generales

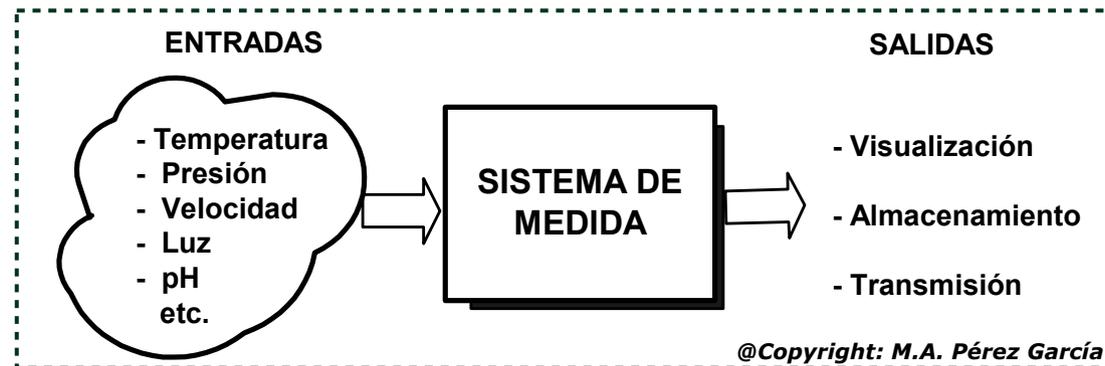
- ¿qué es la instrumentación?

"La parte de la electrónica que permite transformar variables físicas en magnitudes eléctricas para mostrar su valor al observador o actuar en consecuencia".

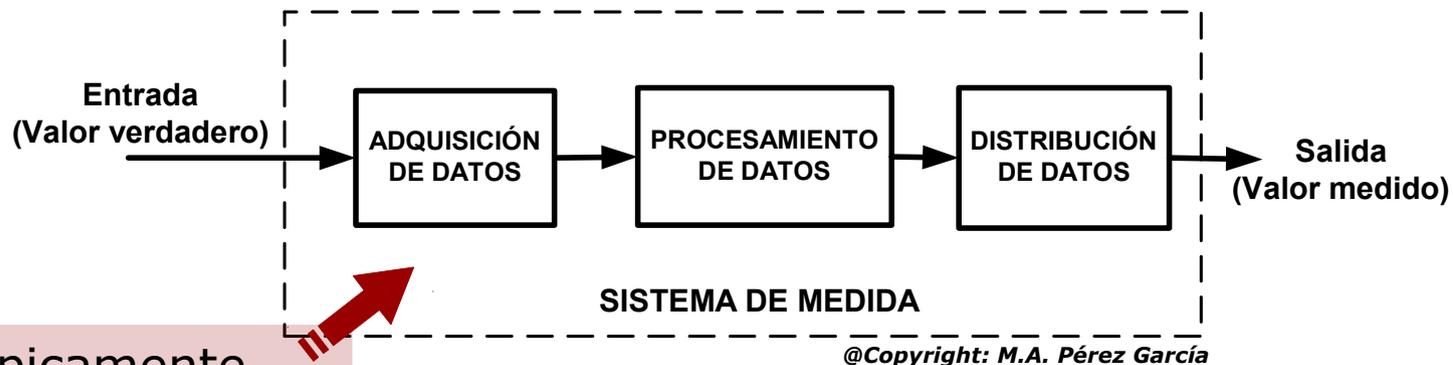
- **Dos tipos:**

- **Instrumentación de Medida** → Sensores
- **Instrumentación de Control** → Actuadores

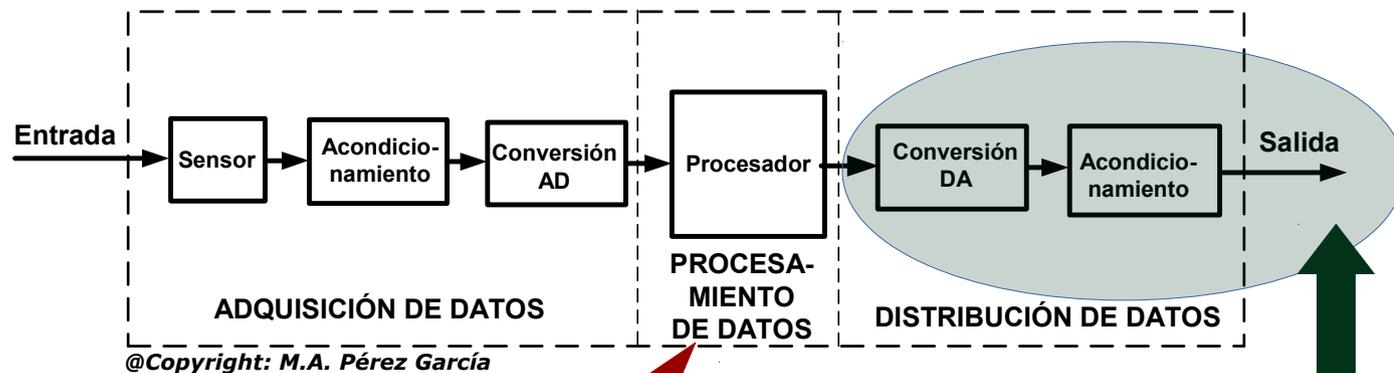
IMPORTANTE: SÓLO VEREMOS LA INST. DE MEDIDA



Conceptos generales



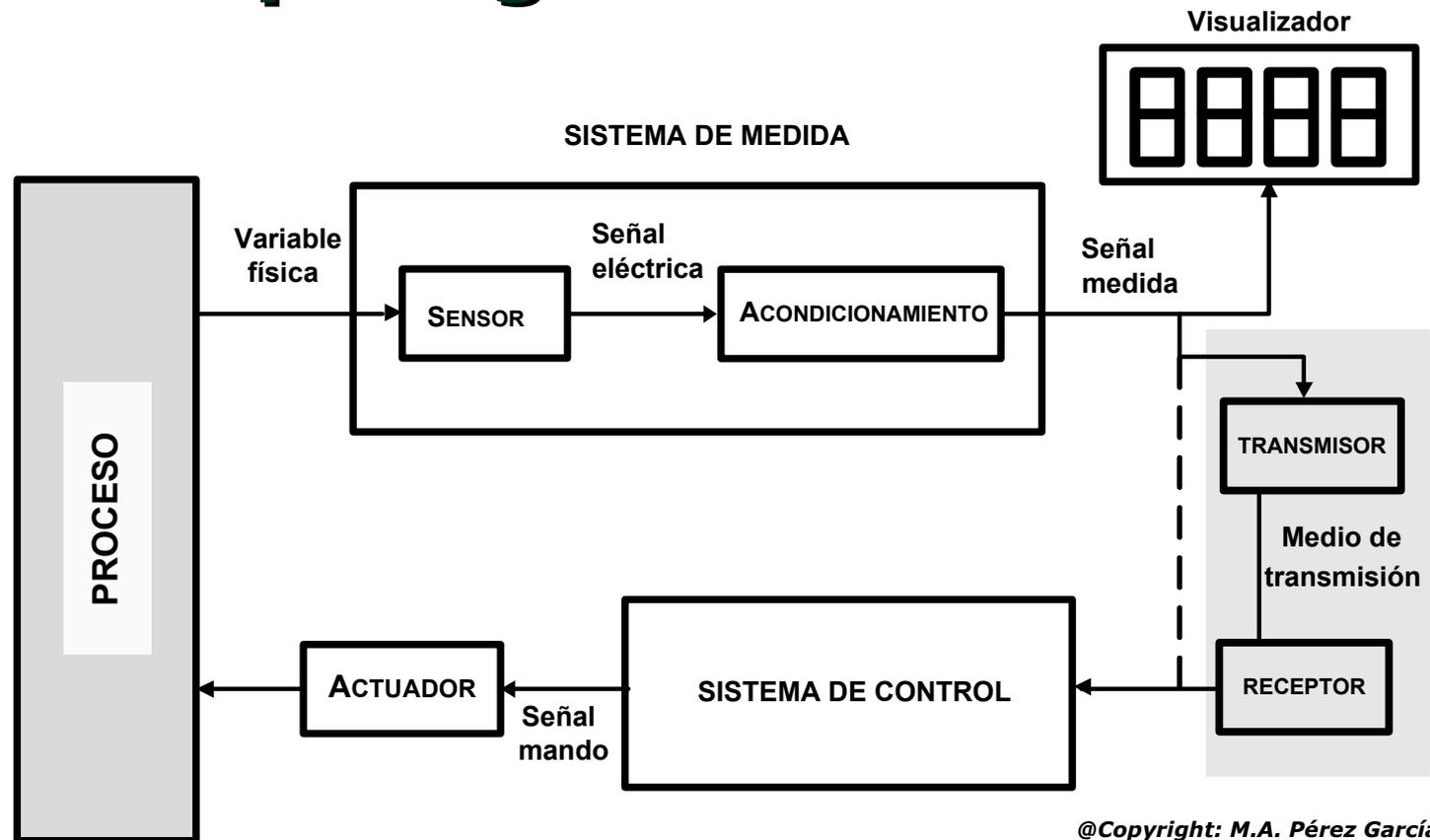
Típicamente,
TRES BLOQUES



CON INSTRUMENTACIÓN
DE CONTROL...

¡Caso especial con
actuadores: Motores,
alarmas, etc.!

Conceptos generales

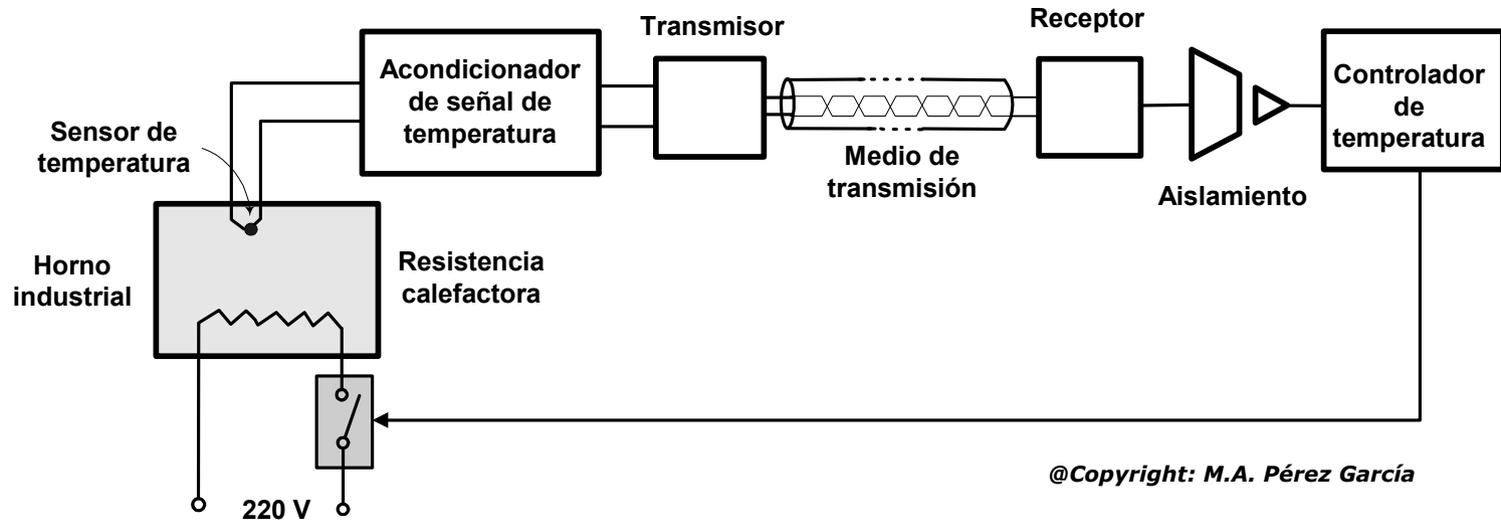


Ejemplo de sistema de instrumentación y control...

Algunas preguntas abiertas...

- ¿Quién puede explicar qué puede ser el proceso y el control?
- ¿Falta algo en el dibujo?
- ¿Hay referencia a distancias y tamaños?

Conceptos generales: ejemplo



No sólo mide la temperatura, sino que es capaz de modificarla según las instrucciones del diseñador.

¿Cuál es el objetivo del elemento de aislamiento?

¿El control es completo?

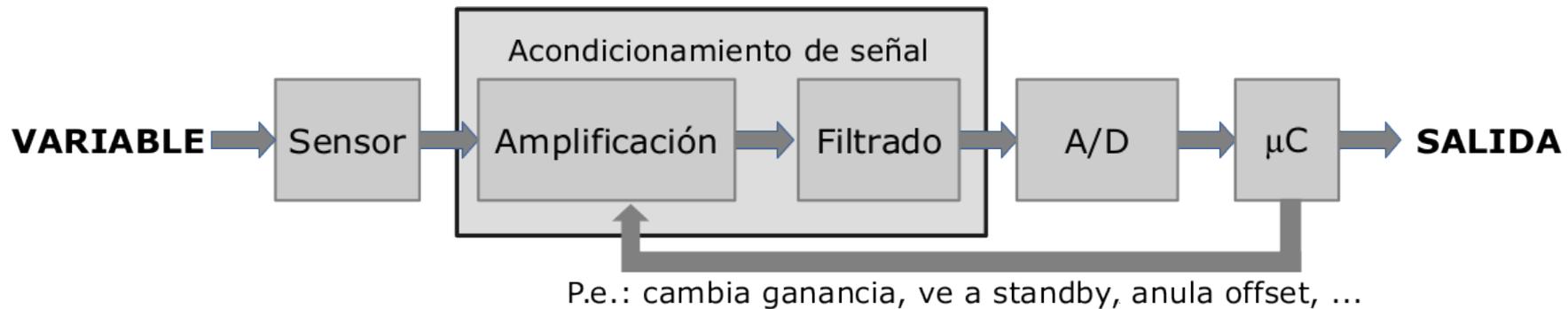
Tipos de sistemas

Sistemas en lazo abierto y realimentados

Lazo abierto



Realimentado



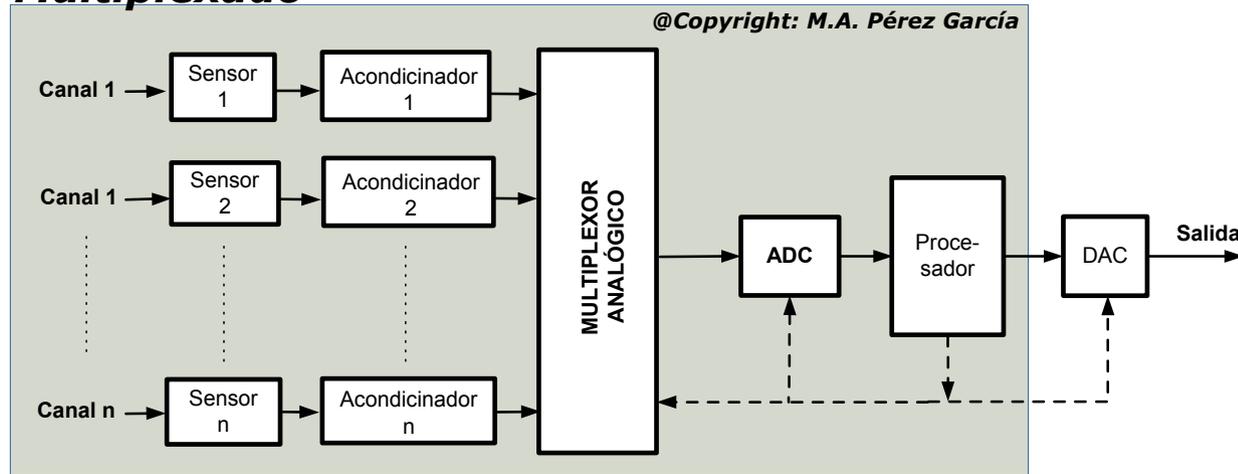
**DIFERENCIAS EN CALIDAD, ELEMENTOS,
PROGRAMACIÓN, COSTE...**

No es instrumen-
tación de control

Tipos de sistemas

Sistemas Multicanal frente a Multiplexados

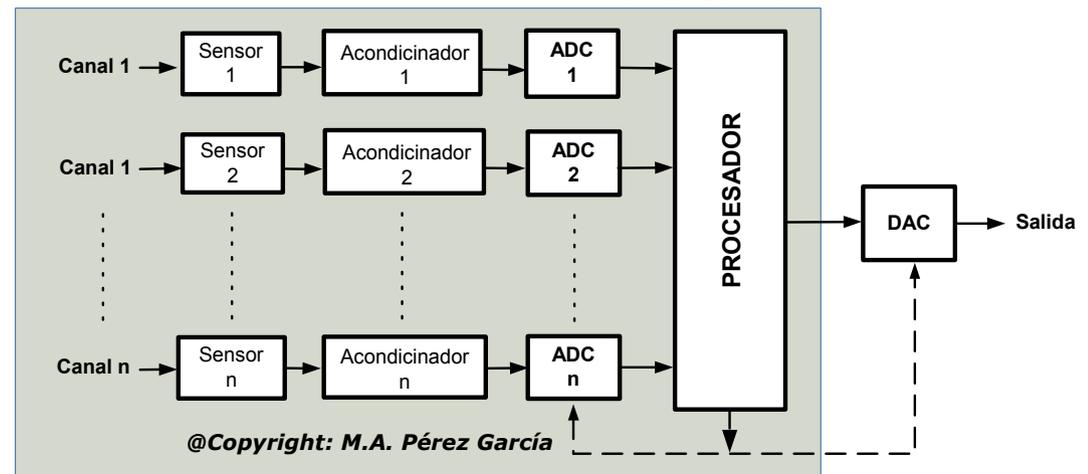
Multiplexado



Consecuencias en:

- Coste
- Complejidad
- Velocidad

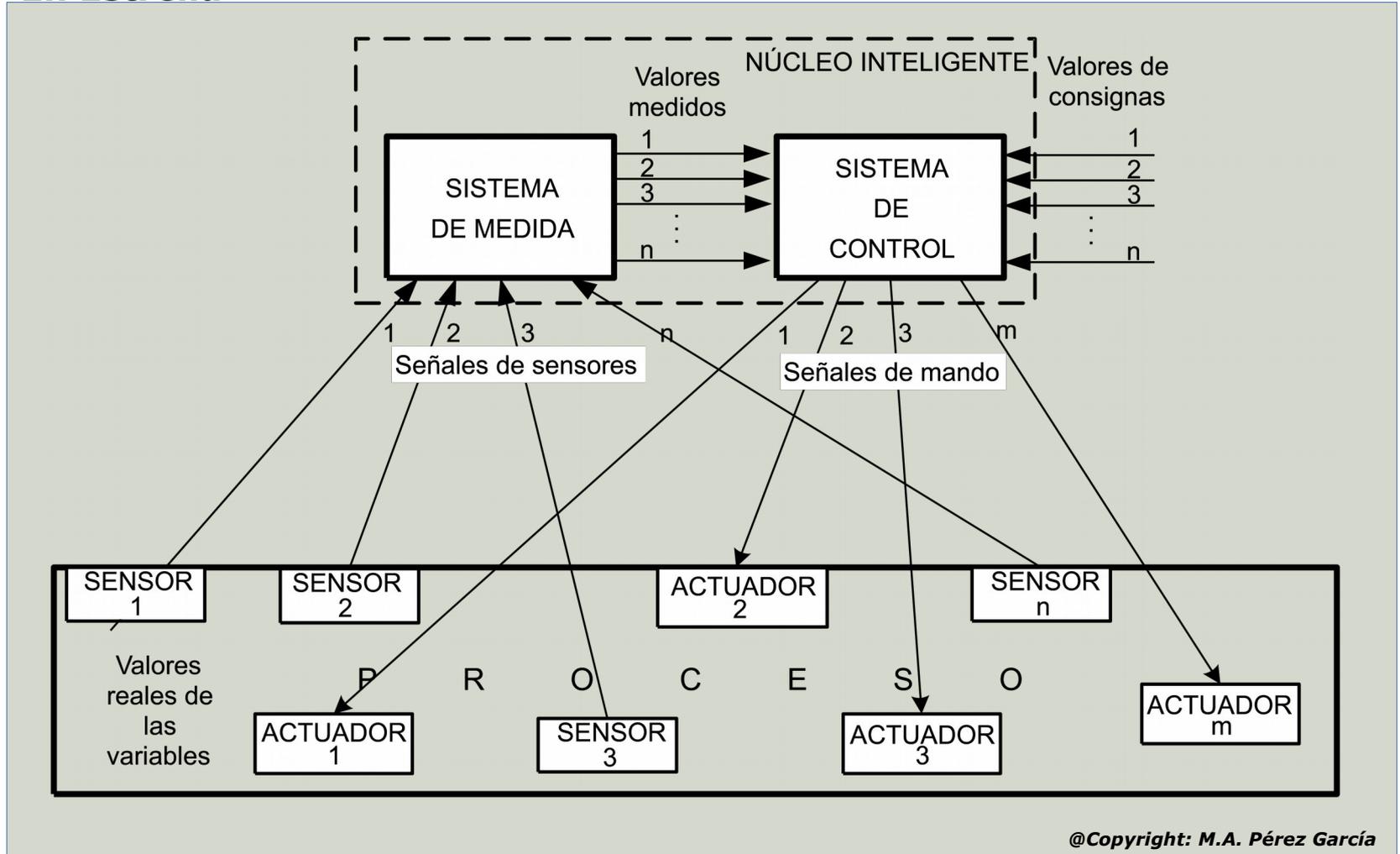
Multicanal



Tipos de sistemas

Sistemas en Estrella vs. Basados en Bus

En Estrella

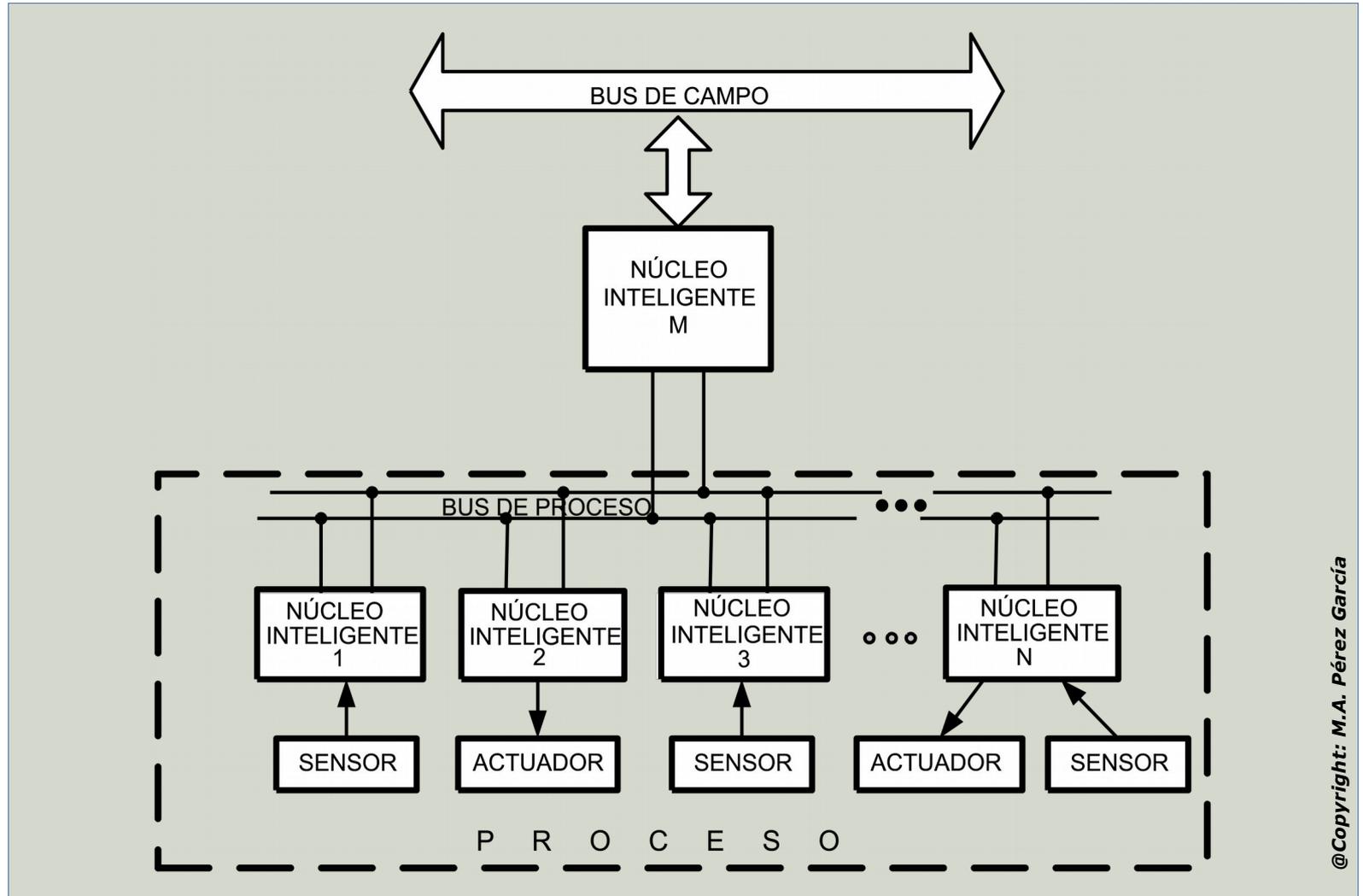


@Copyright: M.A. Pérez García

Tipos de sistemas

Sistemas en Estrella vs. Basados en Bus

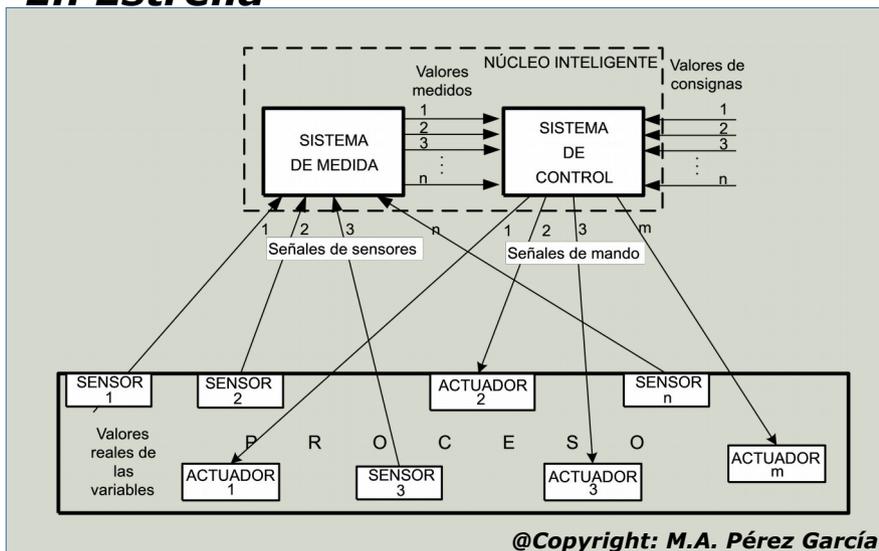
Basados en bus



Tipos de sistemas

Sistemas en Estrella vs. Basados en Bus

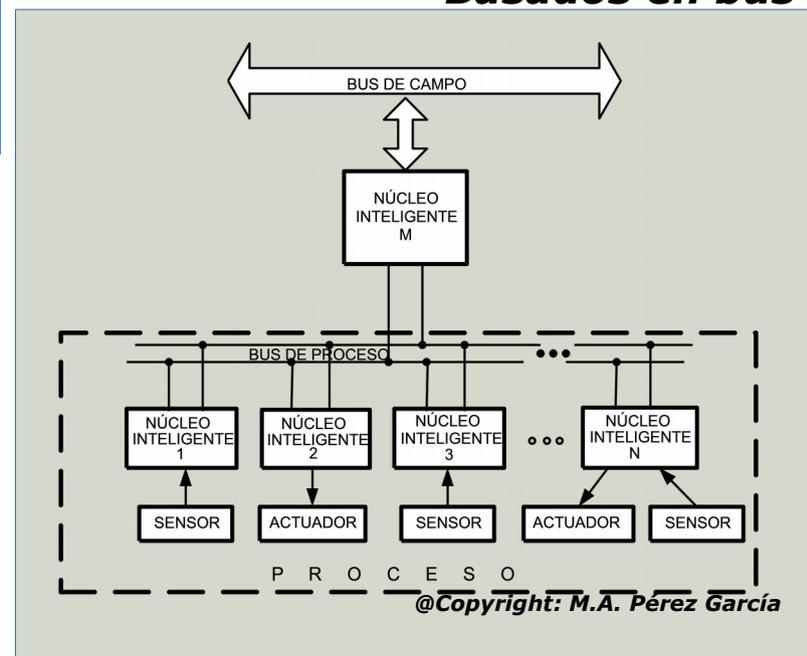
En Estrella



Consecuencias en:

- Coste
- Complejidad
- Velocidad
- Tipo de conexión

Basados en bus



Variables y Señales

DOS CONCEPTOS DISTINTOS

- **VARIABLE:** *Parámetro físico que se desea medir y dependiente del tiempo. Por ejemplo: Temperatura, presión, luminosidad, humedad, etc.*
 - **Tipo Analógico:** *Las anteriores.*
 - **Tipo Digital:** *Presencia de un objeto, superación de un nivel, etc.*
- **SEÑAL:** *Variable **eléctrica** (tensión o corriente) presente en un sistema y dependiente de la física.*
 - **Deterministas:** *Modelables (teóricamente) a lo largo del tiempo.*
 - **Ruido:** *Indeterminadas.*

VARIABLES Y SEÑALES

SEÑALES DETERMINISTAS

- *Valor de salida deducible matemáticamente (Siempre en sistemas lineales, normalmente en no lineales).*

RUIDO

Estudiado en cursos anteriores. Se estudia en términos de potencia efectiva y ancho de banda.

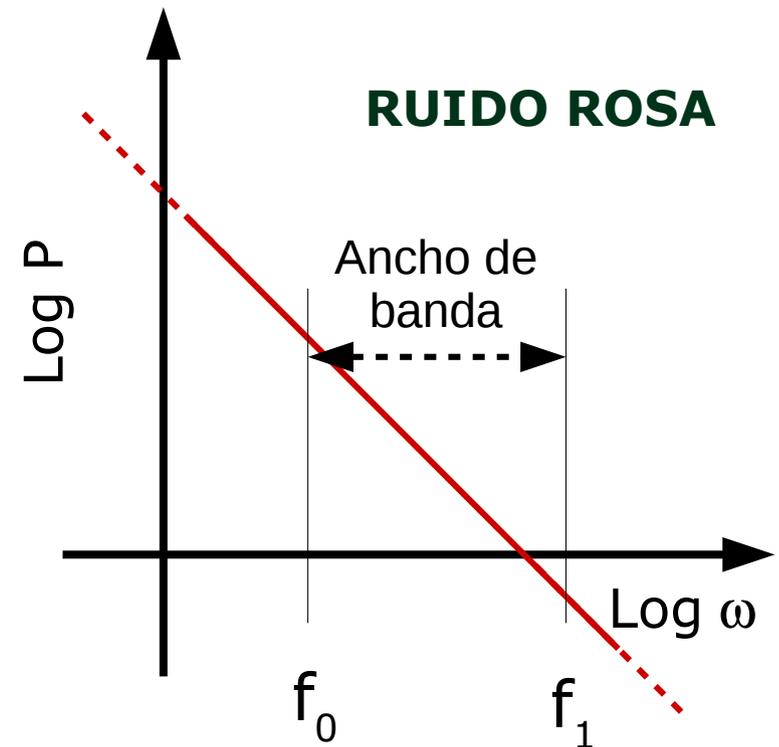
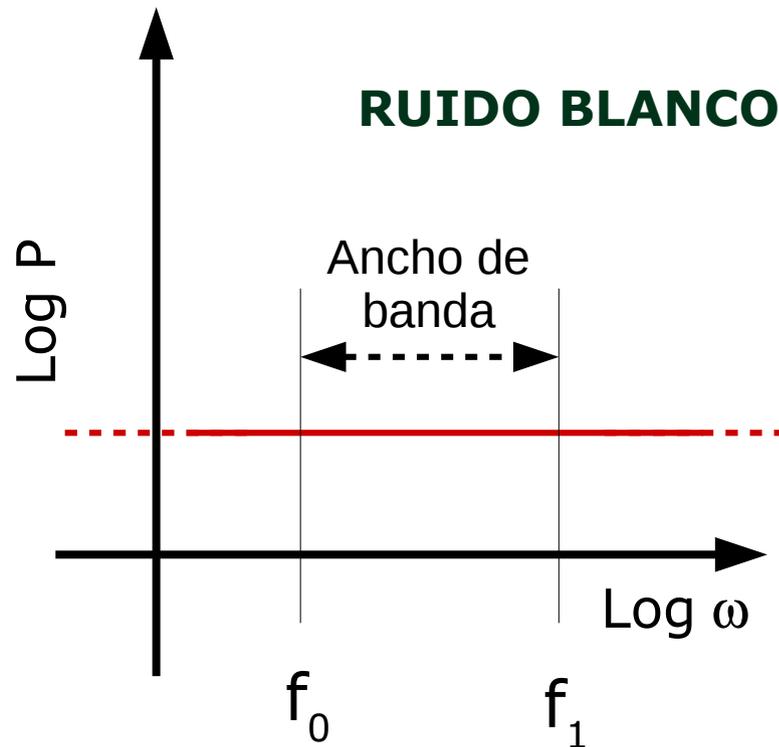
- **Térmico:** *Típico de resistencias (Crece con T y R)*
- **Disparo:** *Semiconductores (Crece con corriente)*
- **Flicker:** *Ejemplo de ruido rosado.*
- **Cuantización:** *Falso ruido determinista (Tema 7)*

VARIABLES Y SEÑALES

RUIDO ELÉCTRICO

Es una señal aleatoria y no se puede extraer ni el espectro de frecuencia en amplitud ni en fase.

Sí se puede, en cambio, el espectro de potencia.



Variables y Señales

RUIDO ELÉCTRICO

Ruido blanco y rosado: Idealizaciones.

¡Todos son rosas a partir de frecuencias altas!

Térmico: Resistencias $\rightarrow \Delta v_n^2 = 4 \cdot k_B \cdot R \cdot T \cdot \Delta f$

Disparo: Semiconductores $\rightarrow \Delta i_n^2 = 2 \cdot q \cdot I \cdot \Delta f$

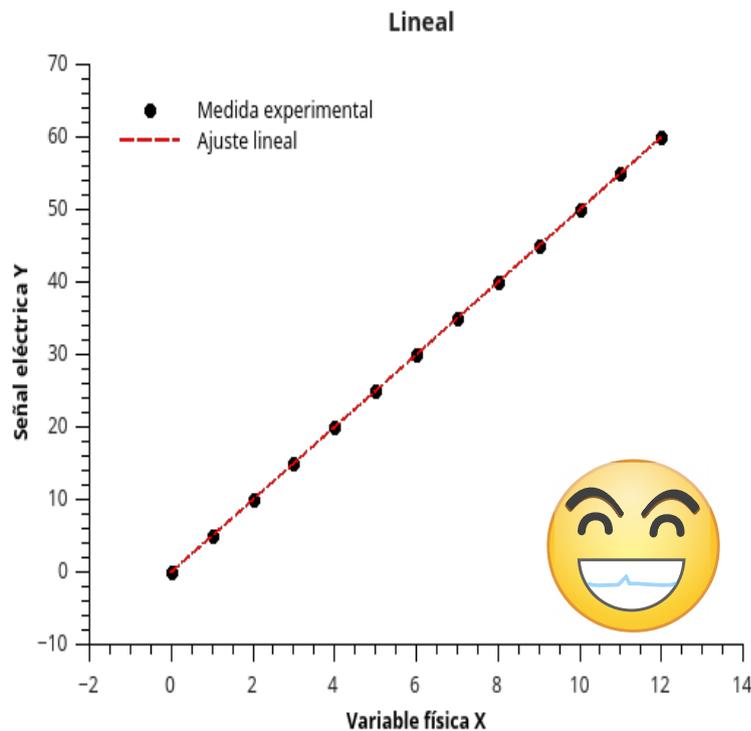
Flicker: Desconocido $\rightarrow \Delta v_n^2 = K \cdot f^{-\alpha} \cdot \Delta f$ $\Delta v_n^2 = K \cdot f^{-\alpha} \cdot \Delta f$

$$v_{n,eff} = \sqrt{\int_{BW} d v_n^2}$$

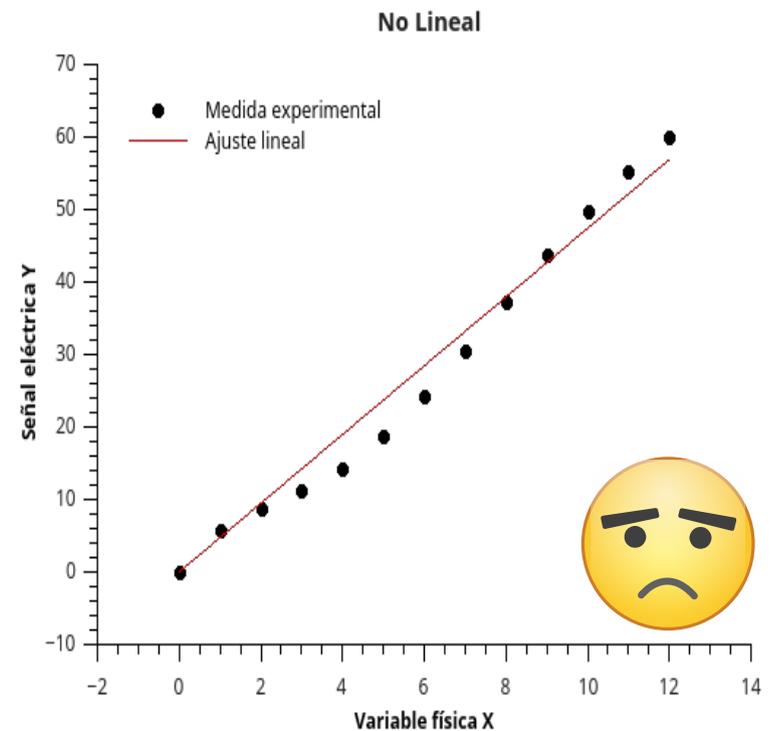
$$i_{n,eff} = \sqrt{\int_{BW} d i_n^2}$$

Caracterizar sensores y sistemas

Por desgracia, la naturaleza tiene un criterio de diseño de sensores que no coincide con el que le gustaría a un ingeniero.



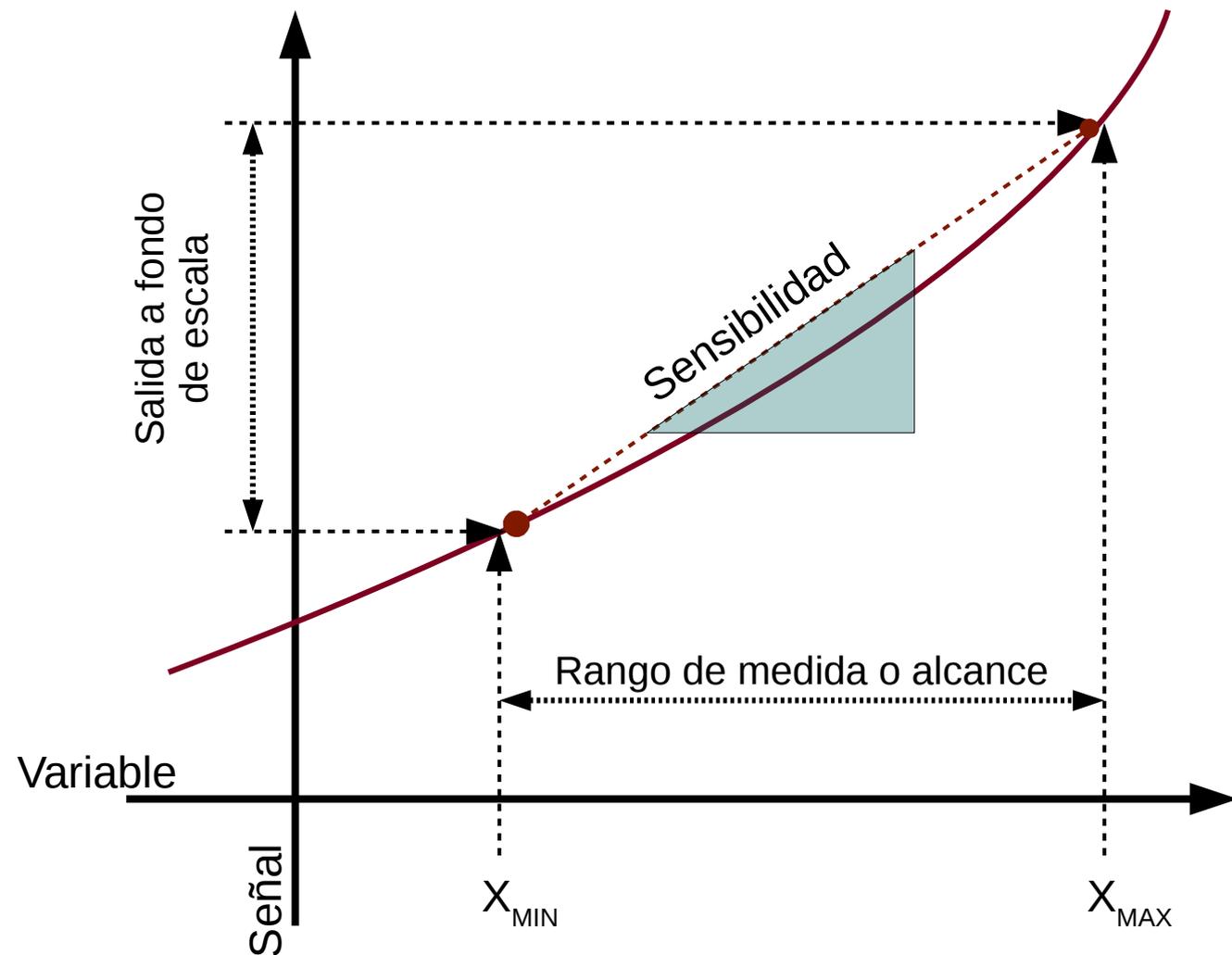
Querríamos esto...



Tenemos esto...

Caracterizar sensores y sistemas

Supondremos que la respuesta es lineal (salvo alguna cosilla)

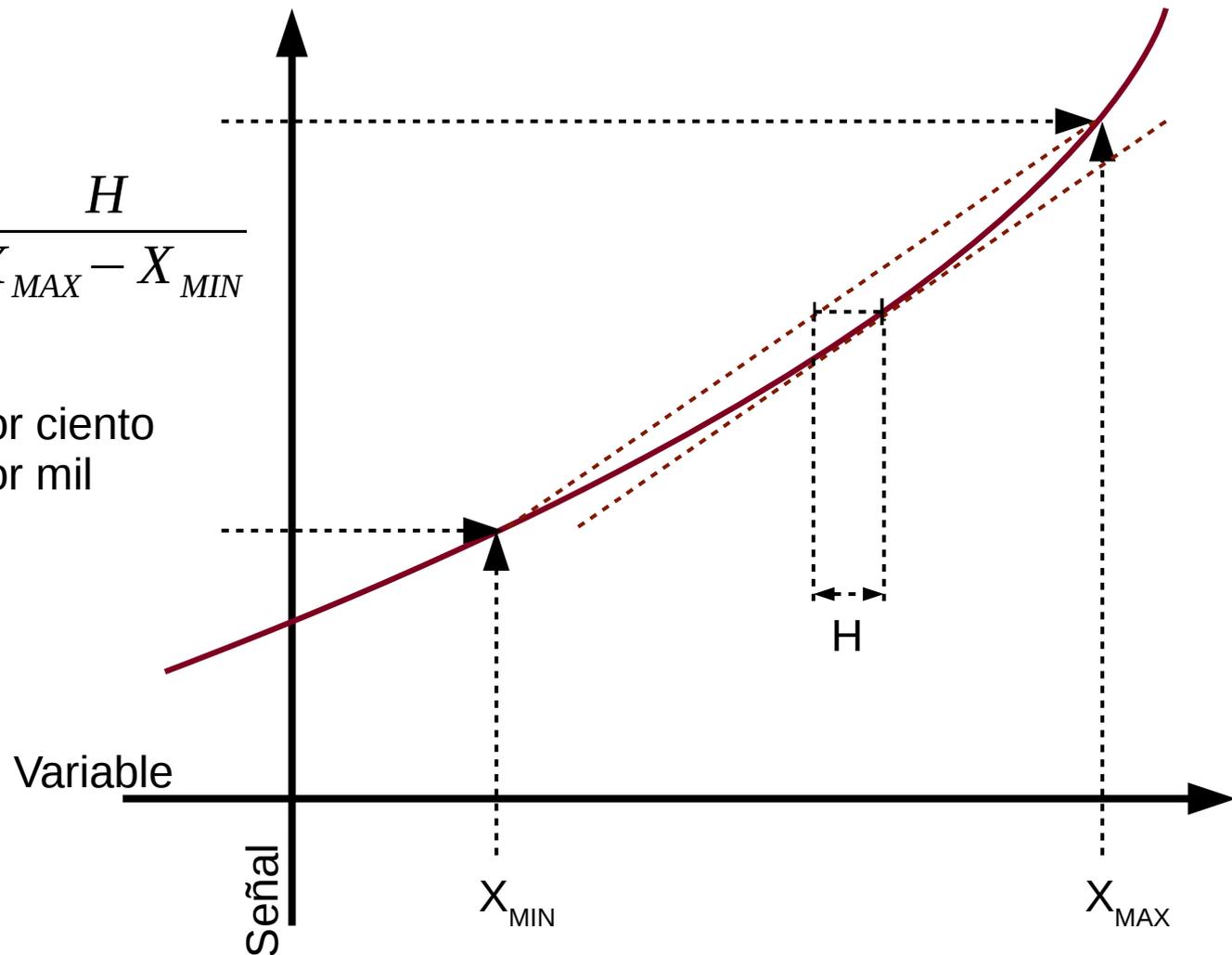


Caracterizar sensores y sistemas

¿Cómo mediremos la no idealidad?

$$N.L. = \frac{H}{X_{MAX} - X_{MIN}}$$

- Tanto por ciento
- Tanto por mil
- ppm

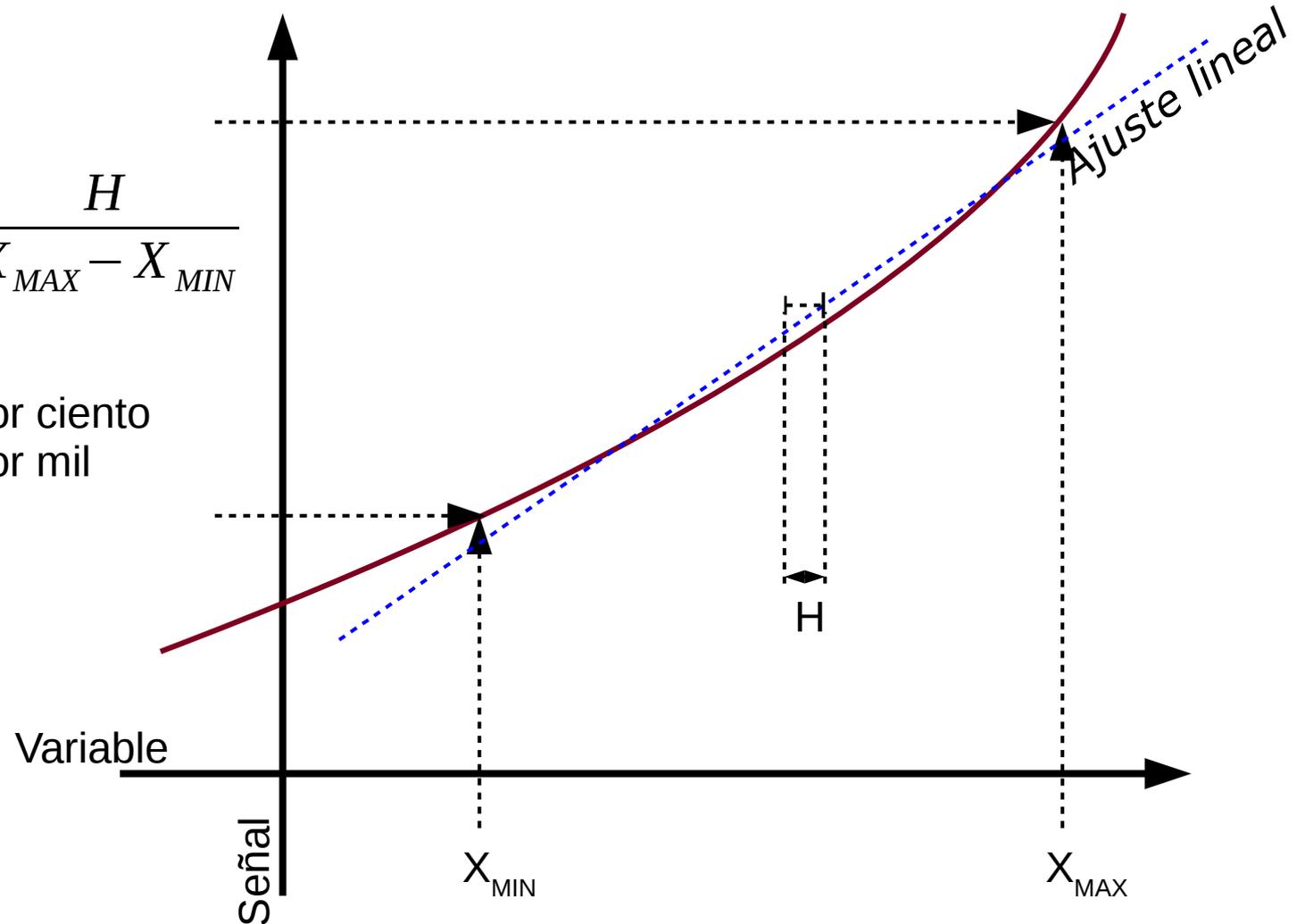


Caracterizar sensores y sistemas

¿Cómo mediremos la no idealidad?

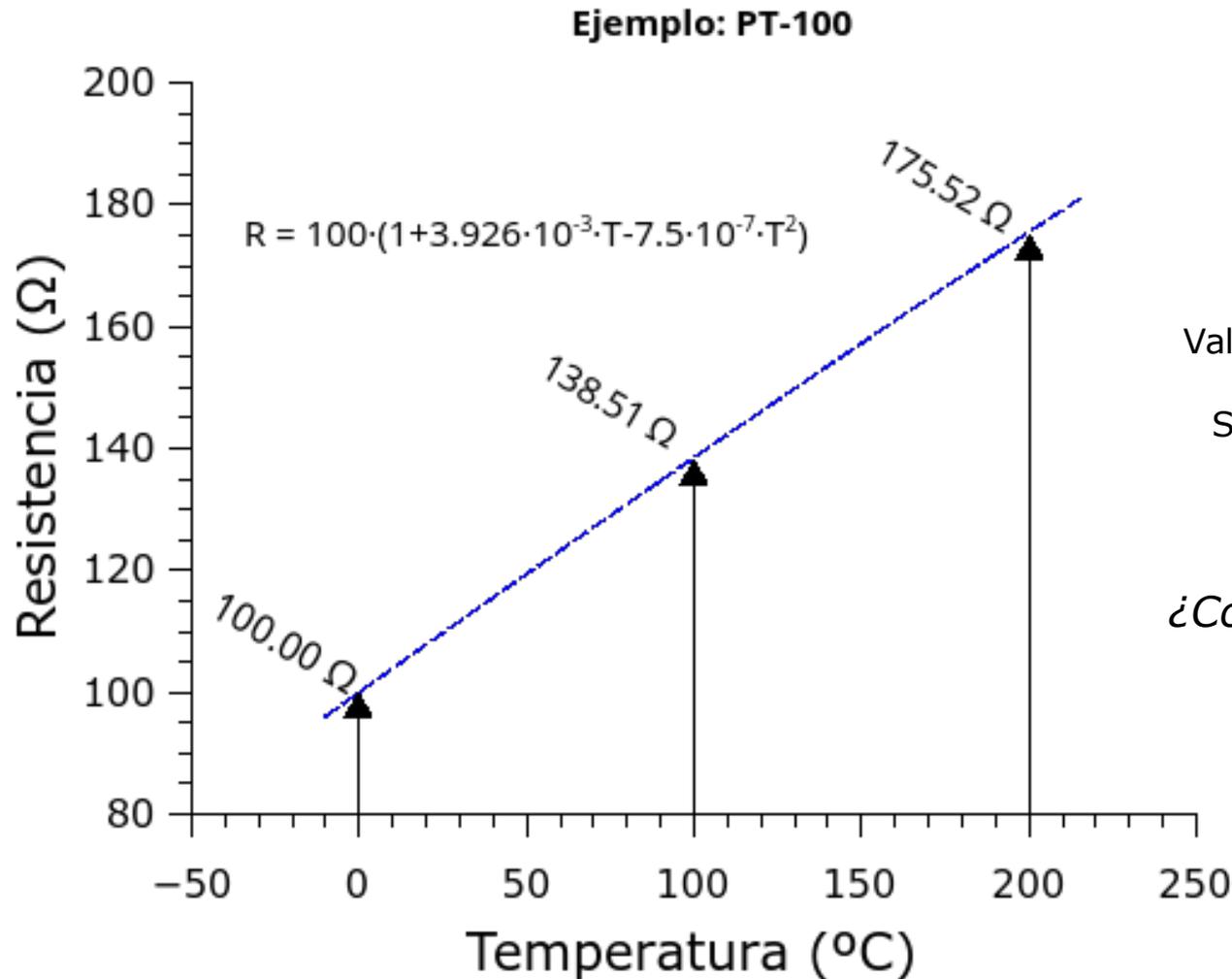
$$N.L. = \frac{H}{X_{MAX} - X_{MIN}}$$

- Tanto por ciento
- Tanto por mil
- ppm



Caracterizar sensores y sistemas

¿Cómo mediremos la no idealidad?



Elija rango(s) y determine...

Valores máximo y mínimo
Rango total del sensor
Salida a fondo de escala
SENSIBILIDAD

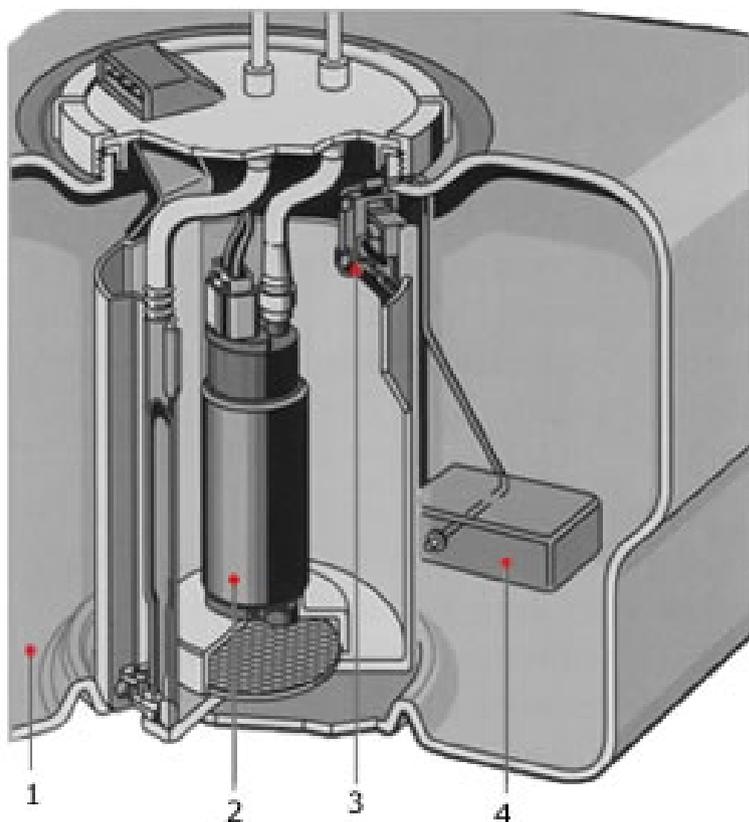
¿Cómo calcularíamos la no idealidad en este caso?

Caracterizar sensores y sistemas

Zona muerta

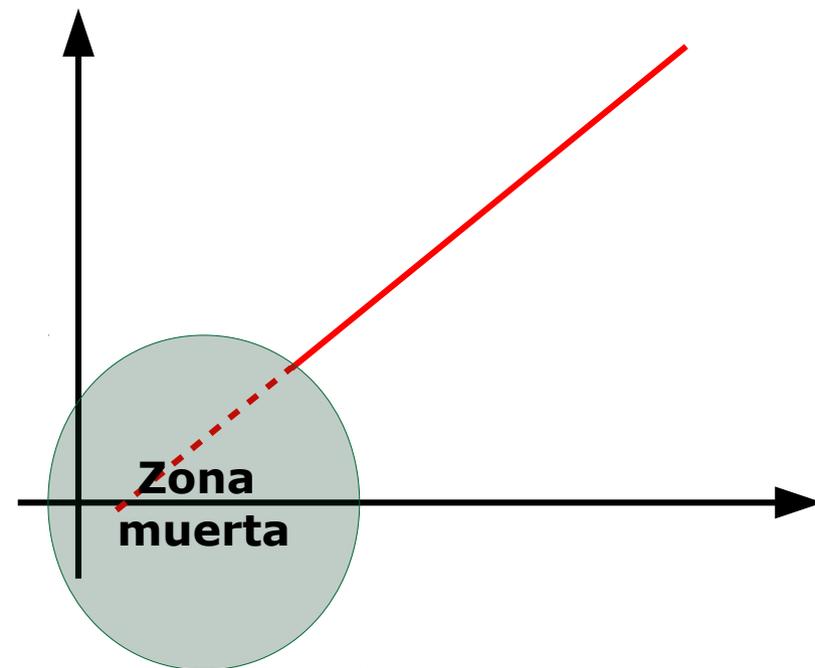
Sensor de contenido de gasolina en un depósito

@copyright: <http://www.aficionadosalamecnica.net/sensores1-modelos.htm>



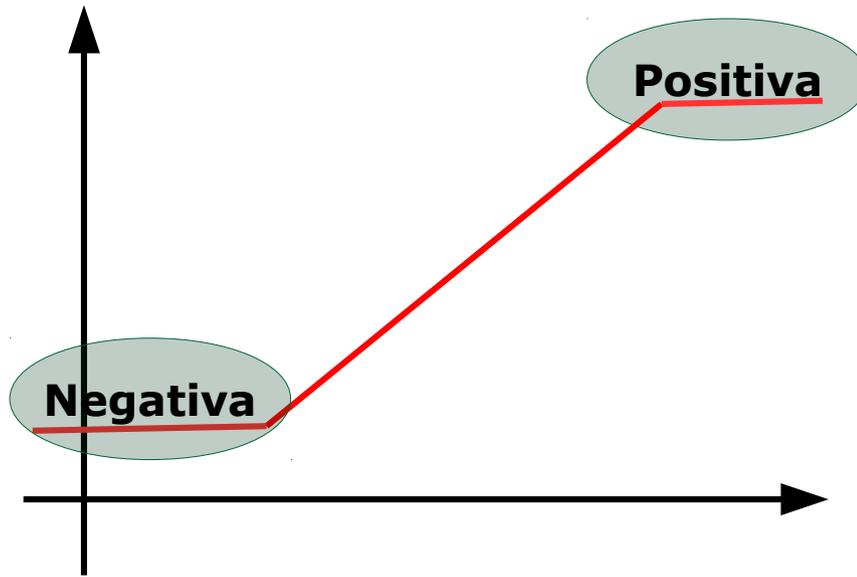
- 1.- Depósito de combustible
- 2.- Electrobomba
- 3.- Sensor de nivel
- 4.- Flotador

El volumen de gasolina se detecta por el desplazamiento vertical del flotador. Normalmente, necesita un volumen mínimo para funcionar (Principio de Arquímedes)

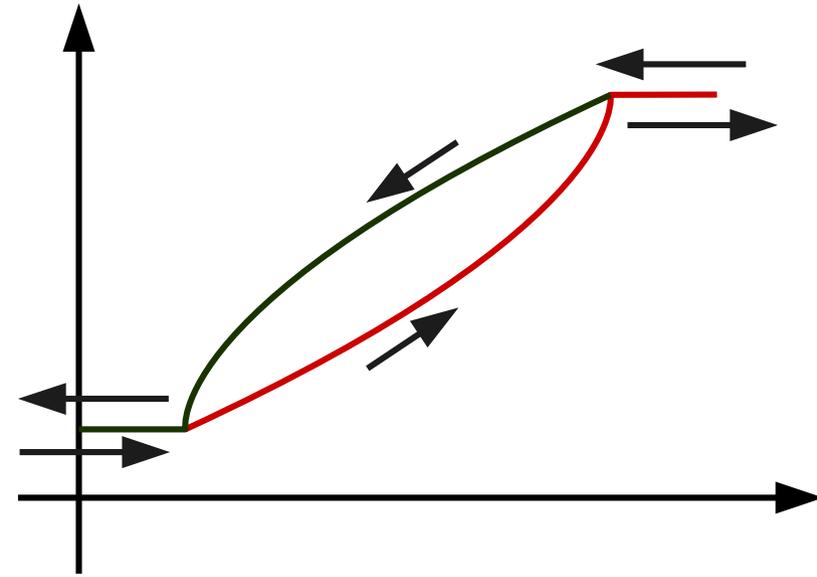


Caracterizar sensores y sistemas

Saturación e histéresis



P.e.: Sensores ópticos

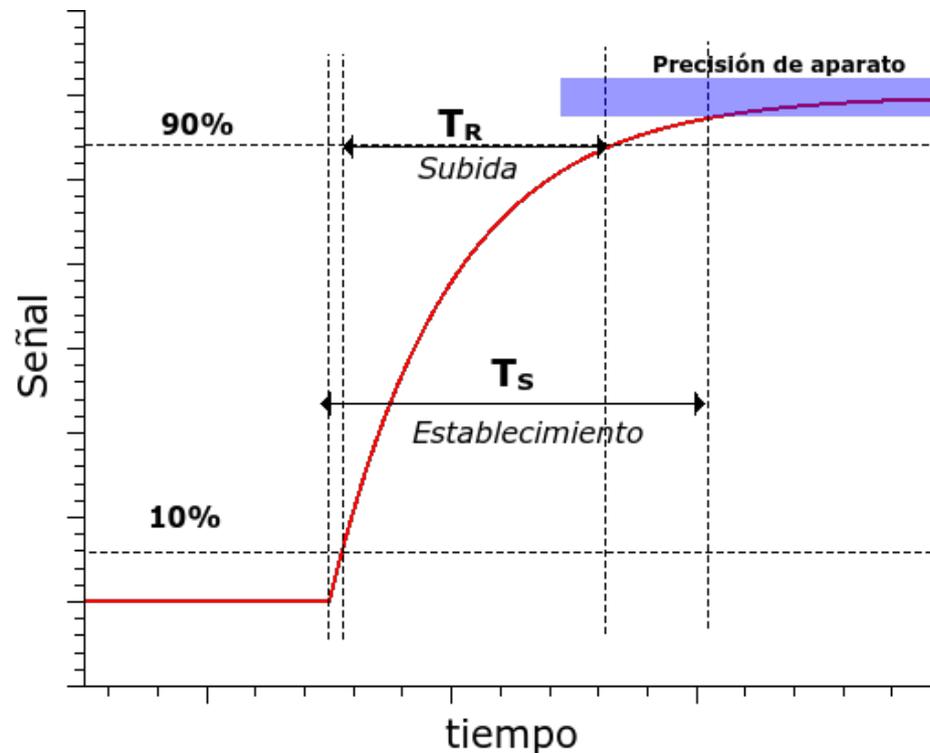


P.e.: Sensores magnéticos

Caracterizar sensores y sistemas

Respuesta temporal

- El sensor puede tardar en responder.
 - Fotodiodos: nanosegundos
 - Sensores de gases: varios minutos
- El sensor tiene comportamiento reactivo (C, L).



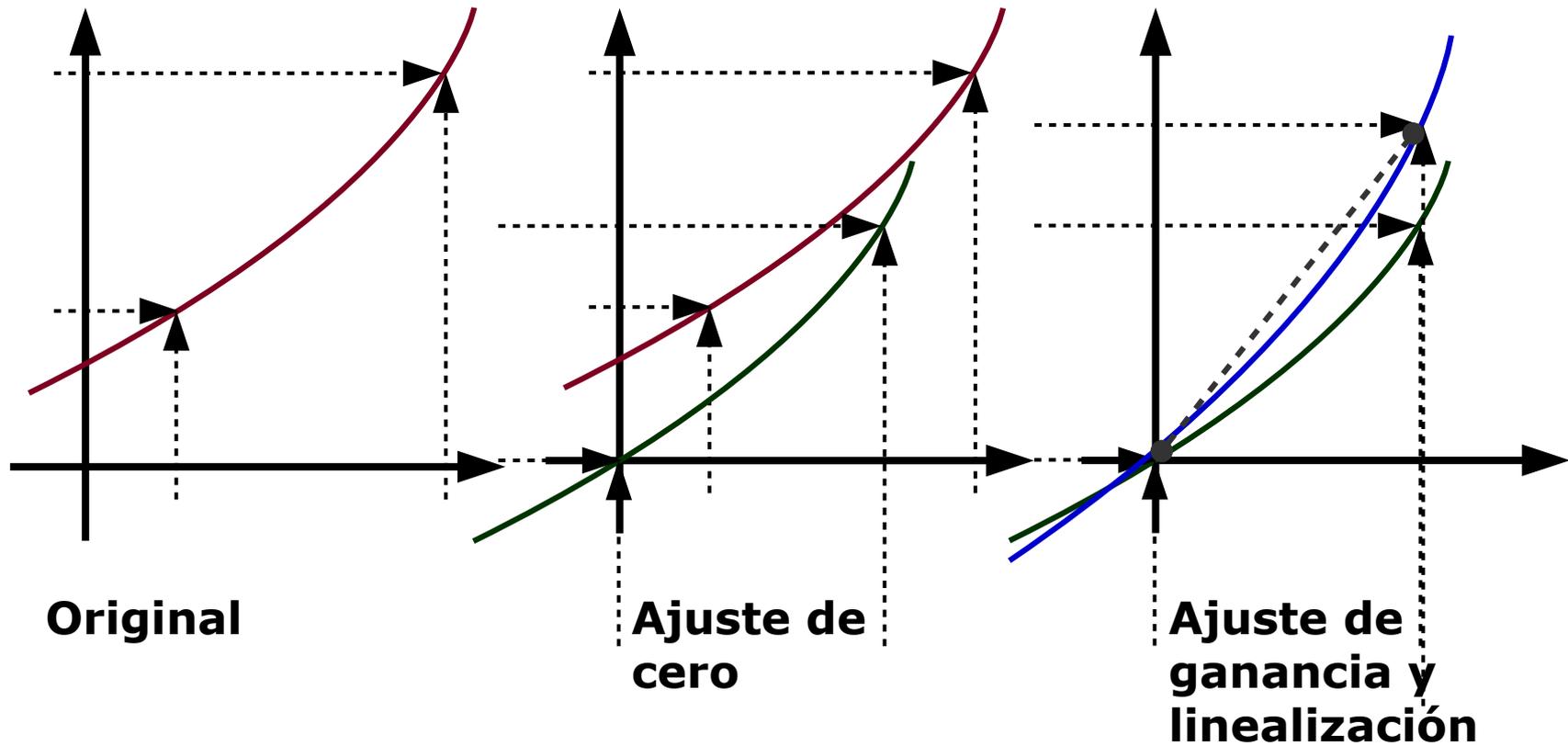
iiEl ejemplo es un sistema de un polo!!

A veces, el sensor es más rápido que el sistema: Fotodiodos

Calibración de un sistema

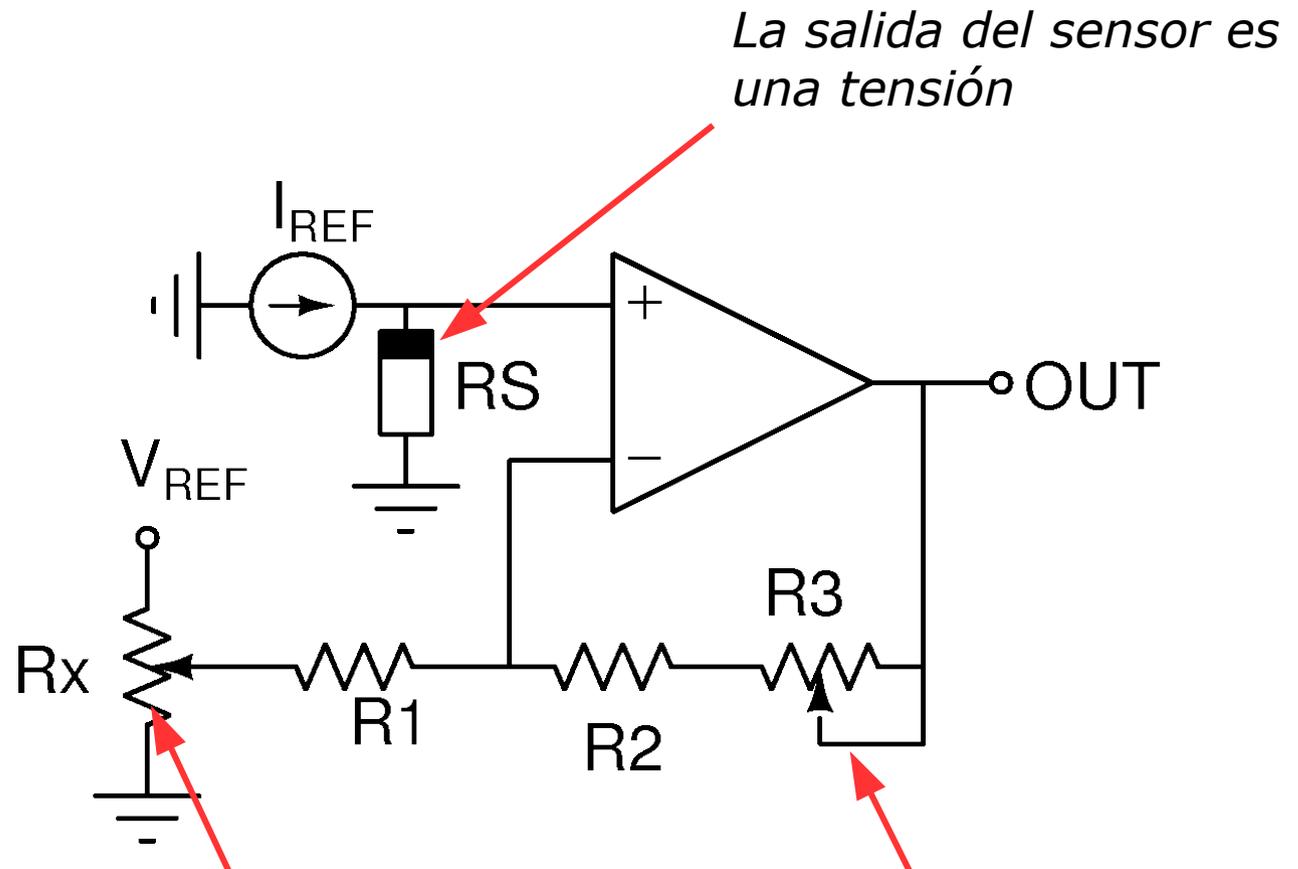
Ajustes y linealización entre dos puntos

- *Ejemplo clásico: Un termómetro de mercurio a 0° y 100° . Se marcan los extremos de la columna de dilatación y se divide en 100 pasos iguales.*



Calibración de un sistema

Un ejemplo práctico



La salida del sensor es una tensión

El potenciómetro permite regular el nivel de salida

El potenciómetro permite ajustar la ganancia y, con ello, los niveles de salida.

Calidad de la medida

Fiabilidad, resolución y precisión

- *No son sinónimos ni intercambiables.*
- **Fiabilidad:** *El sistema está bien calibrado y su salida da información correcta sobre el valor de la variable que se mide...
Aunque sea con un margen de error del 20%.*
- **Resolución:** *Incertidumbre en la medida inherente al proceso de medida (p.e., conversión A/D).*
- **Precisión:** *Resolución + fiabilidad*

PRECISIÓN Y VELOCIDAD SUELEN ESTAR REÑIDAS

Propagación de errores

Ruido, tolerancia y error instrumental

Cualquier error aleatorio (p.e., ruido y tolerancia)

$$(A \pm \Delta A) + (B \pm \Delta B) = (A + B) \pm \sqrt{(\Delta A)^2 + (\Delta B)^2}$$

$$(A \pm \Delta A) - (B \pm \Delta B) = (A - B) \pm \sqrt{(\Delta A)^2 + (\Delta B)^2}$$

$$(A \pm \Delta A) \cdot (B \pm \Delta B) = A \cdot B \cdot \left(1 \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2}\right)$$

$$\frac{A \pm \Delta A}{B \pm \Delta B} = \frac{A}{B} \cdot \left(1 \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2}\right)$$

Propagación de errores

Ruido, tolerancia y error instrumental

Cualquier error NO aleatorio (p.e., instrumental)

$$(A \pm \Delta A) + (B \pm \Delta B) = (A + B) \pm [\Delta A + \Delta B]$$

$$(A \pm \Delta A) - (B \pm \Delta B) = (A - B) \pm [\Delta A + \Delta B]$$

$$(A \pm \Delta A) \cdot (B \pm \Delta B) = A \cdot B \cdot \left(1 \pm \left(\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}\right)\right)$$

$$\frac{A \pm \Delta A}{B \pm \Delta B} = \frac{A}{B} \cdot \left(1 \pm \left(\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}\right)\right)$$

**Difieren en el uso de cuadrados y raíz.
Efectos del ruido siempre menor.**

Propagación de errores

Ruido, tolerancia y error instrumental

Y, en general, ocurre que:

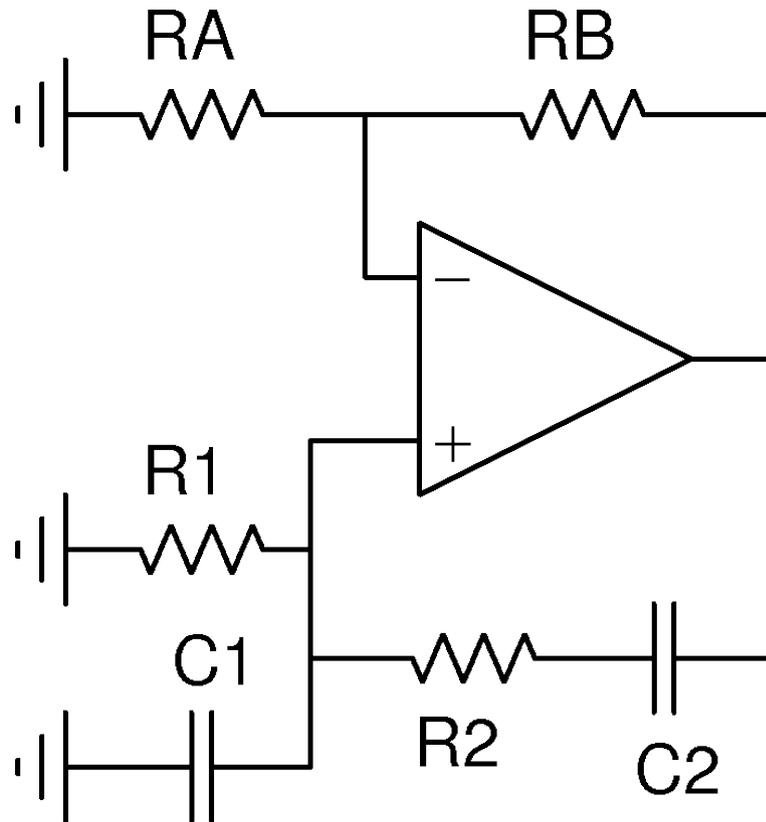
$$\Delta B = |S_A^B| \cdot \Delta A \quad S_A^B = \frac{\partial B}{\partial A} \rightarrow \text{SENSIBILIDAD}$$

$$\Delta Y = \sqrt{(|S_{A1}^B| \cdot \Delta A_1)^2 + (|S_{A2}^B| \cdot \Delta A_2)^2 + \dots + (|S_{AN}^B| \cdot \Delta A_N)^2}$$

Las fórmulas exactas pueden hacerse cada vez más complejas

Propagación de errores

Efectos de tolerancia en sistemas complejos



¿Cuál es la frecuencia de oscilación?

Muchas variables en el tablero
→ Algunas ocultas en el op amp

Solución: Variar aleatoriamente variables dentro del rango y estudiar estadísticamente el resultado.

→ **MONTE CARLO**

Integrado en muchas versiones de SPICE