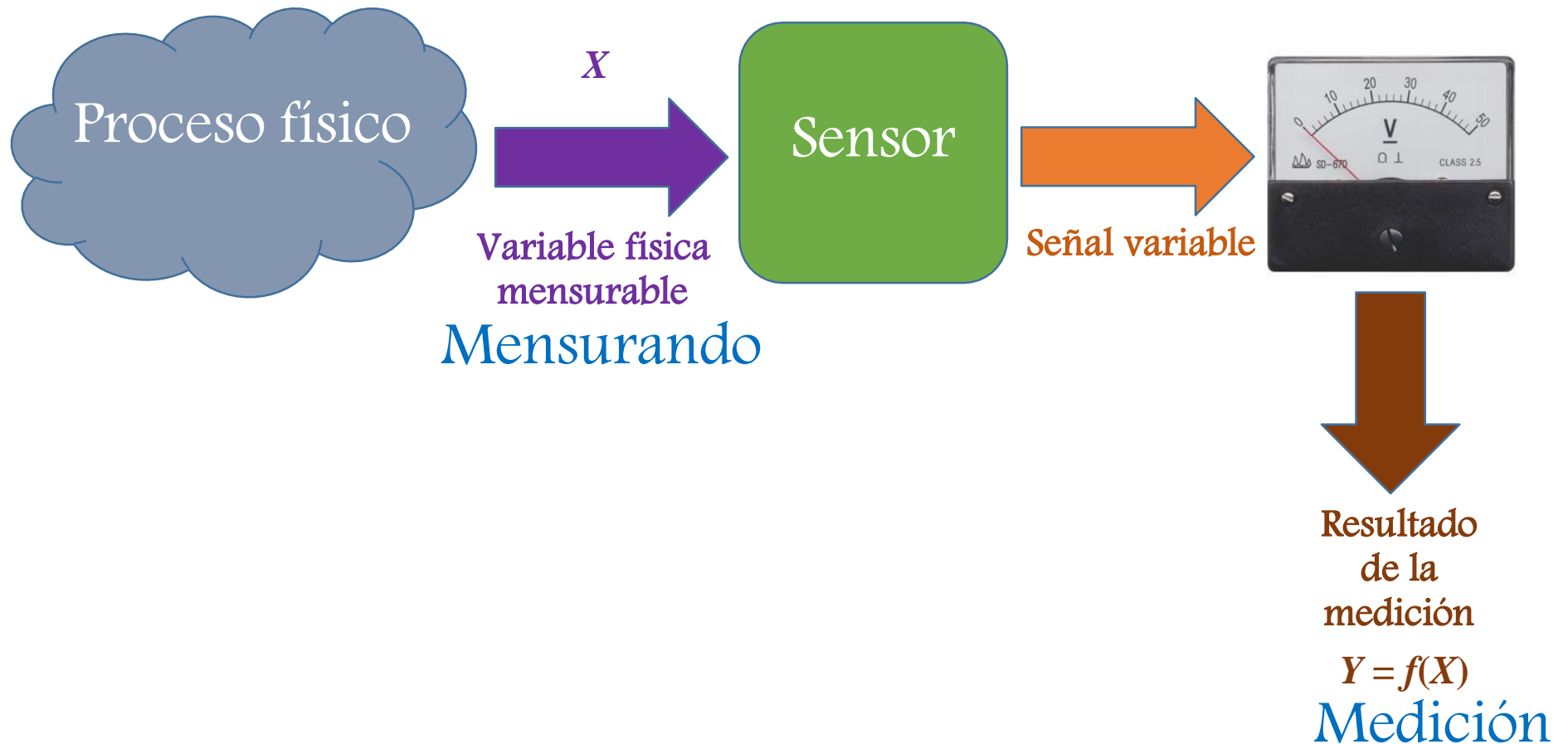

Sensores y transductores utilizados en Control y Automatismos Industriales

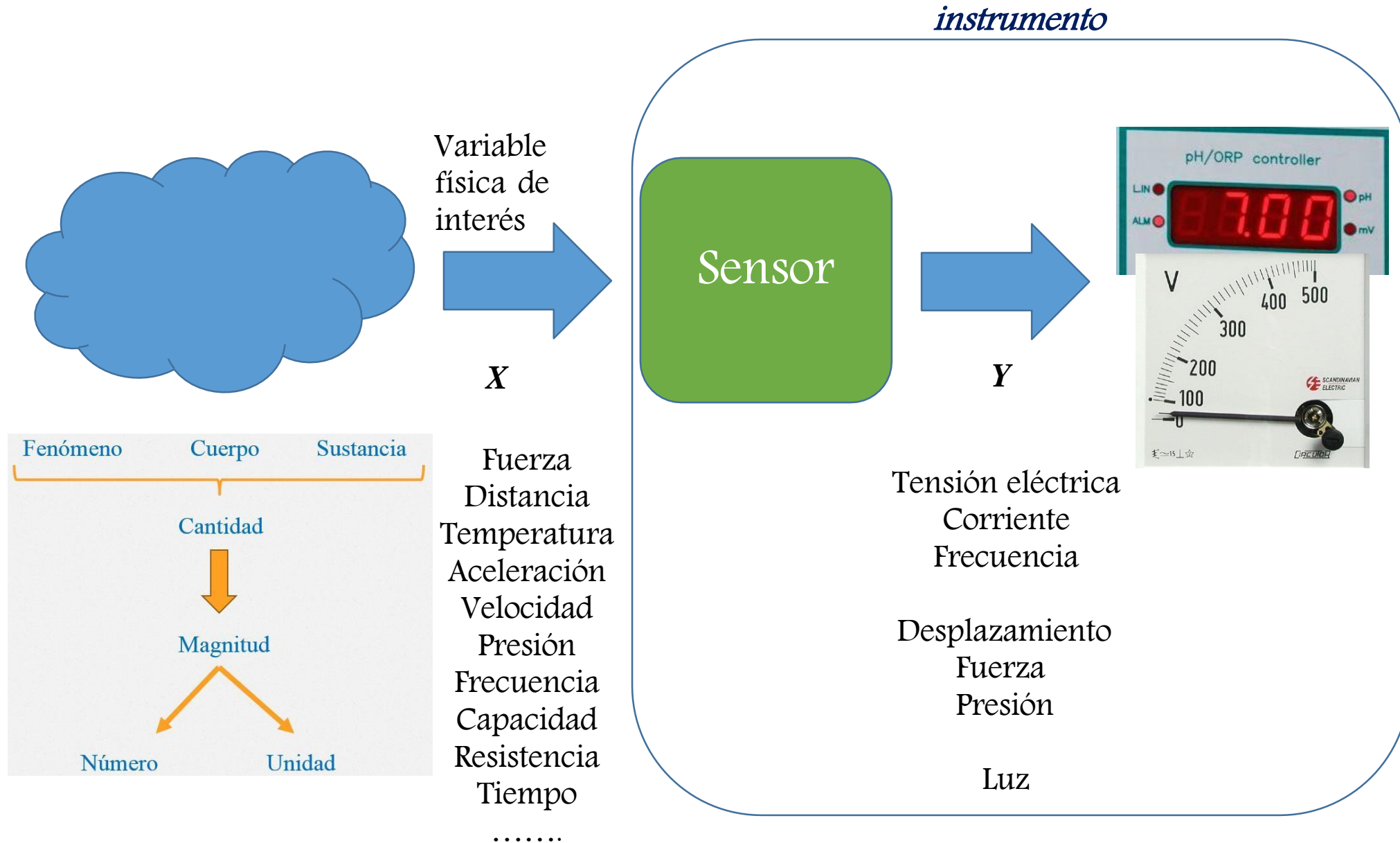
Modelo simple (ideal) de una medición



VIM BIPM International Vocabulary of metrology

BIPM The International System of Units

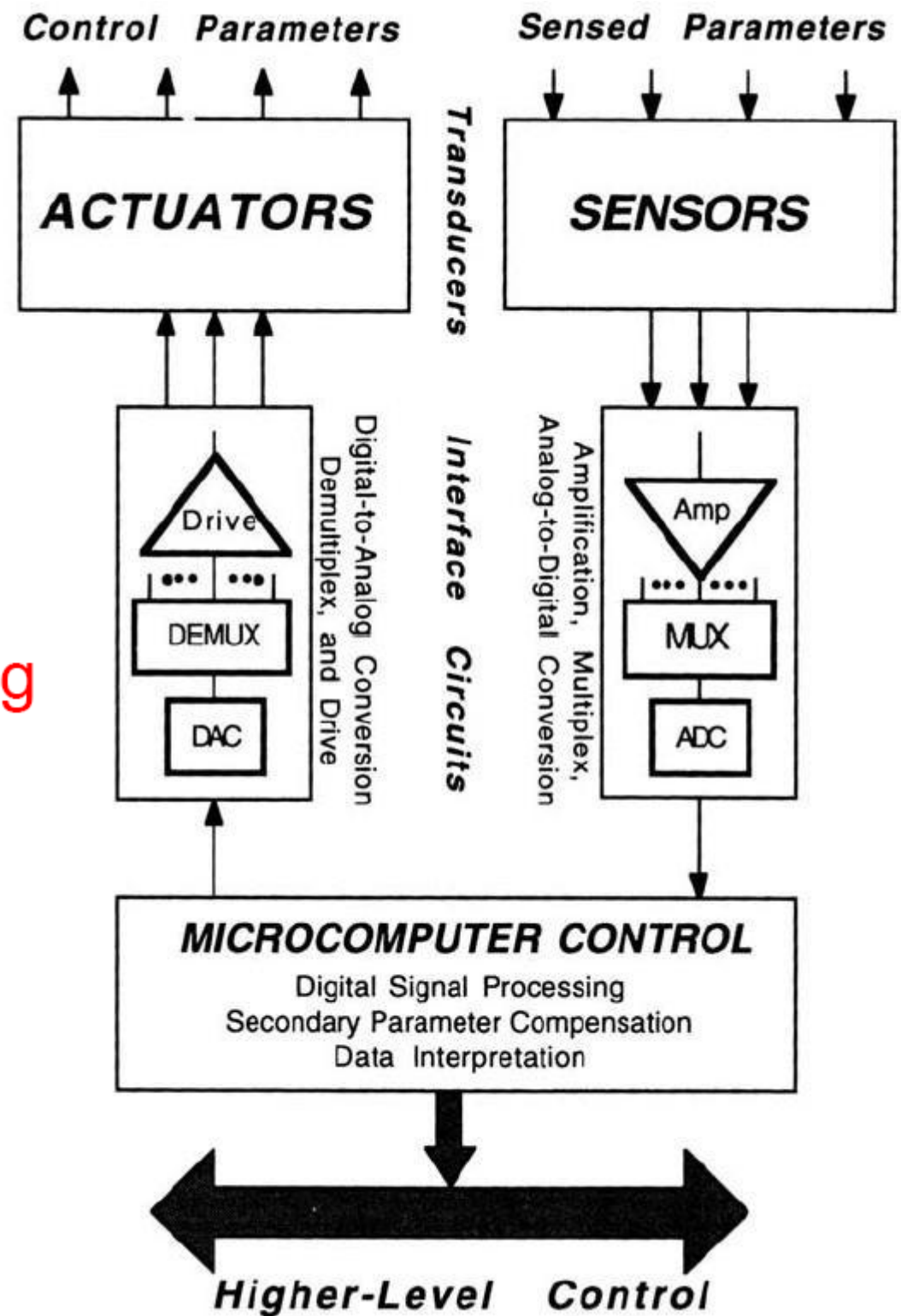
Medición y conversión de la energía



Recuerden verificar el significado de cada término específico en el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología).

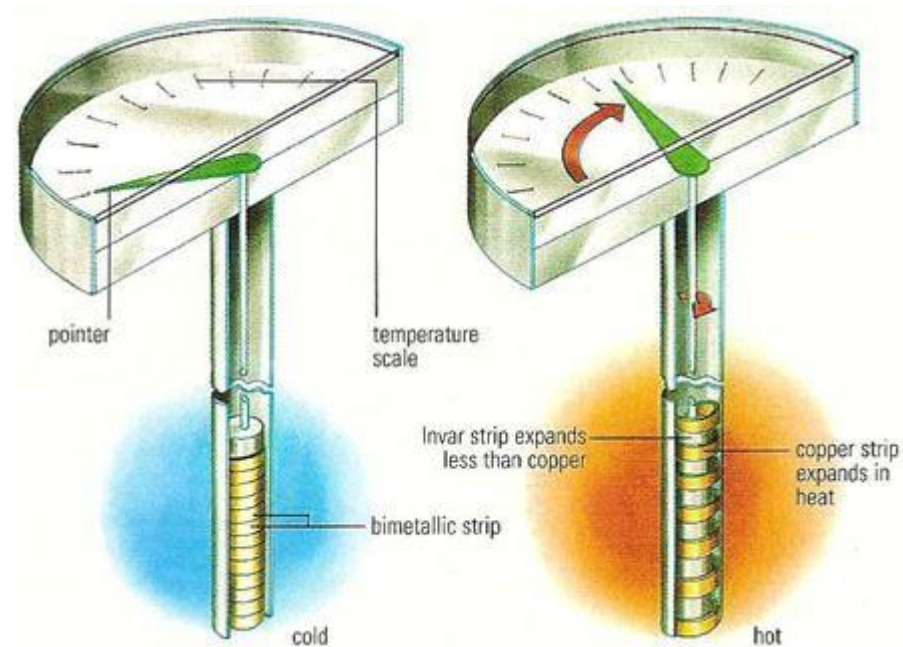
Panorama general

- ➡ automotive
- ➡ health care
- ➡ manufacturing
- ➡ environmental monitoring
- ➡ industrial processing
- ➡ avionics
- ➡ defense
- ...

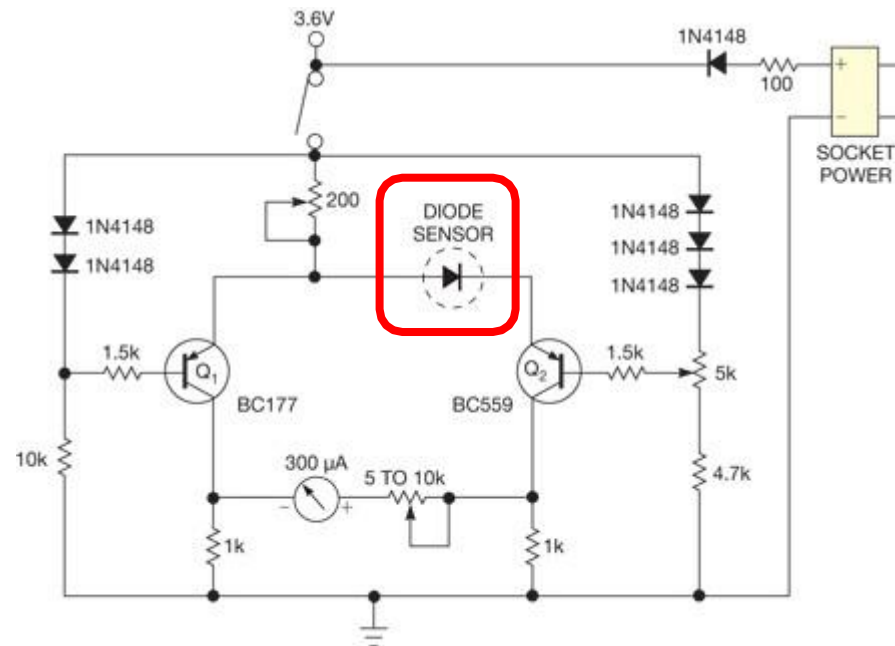


Evolución de los sensores

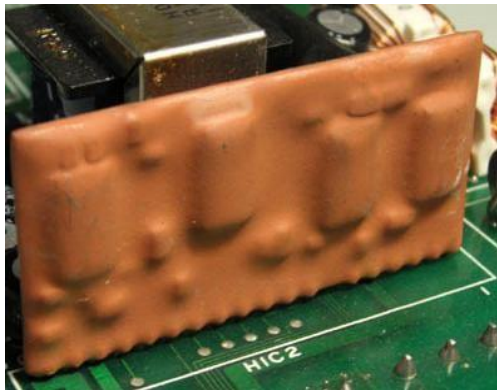
1^{ra}



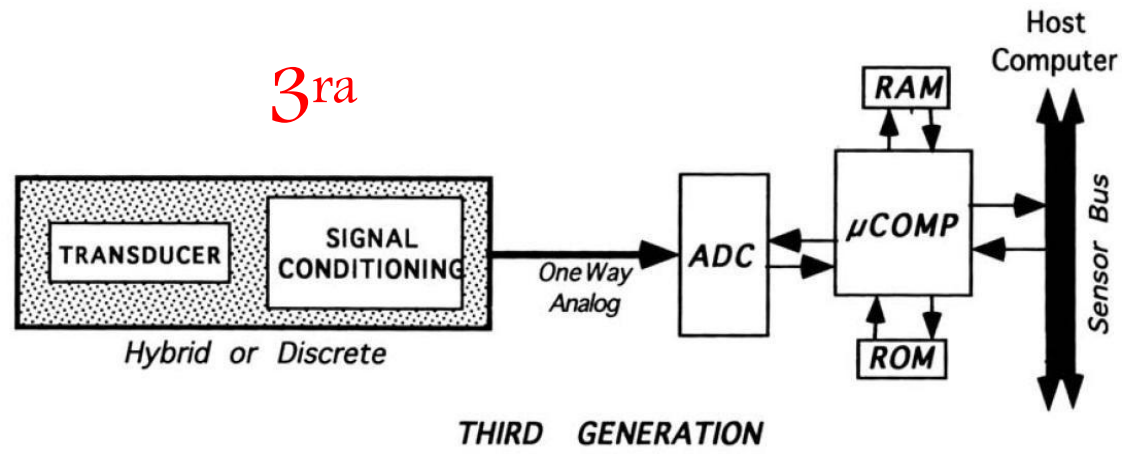
2^{da}



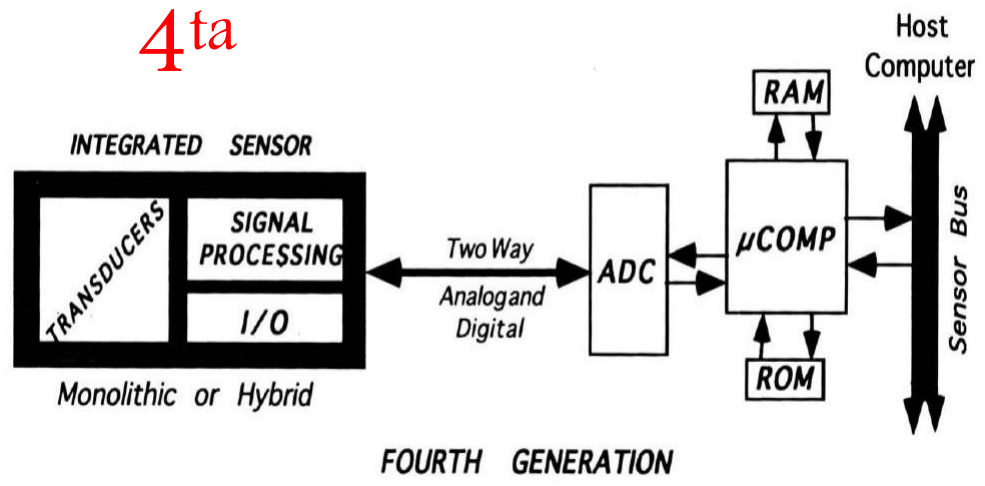
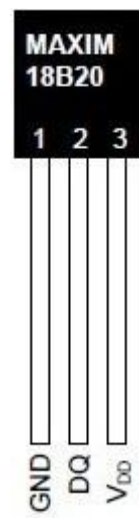
Evolución de los sensores



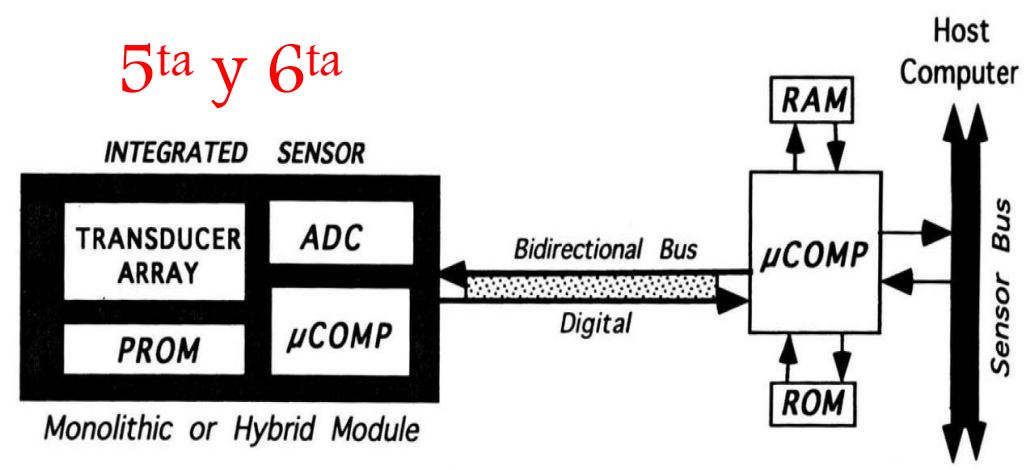
3^{ra}



4^{ta}



5^{ta} y 6^{ta}



Sensores integrados y sensores inteligentes (Smart sensors)

- Van más allá que las simples posibilidades de un
- sensor tradicional

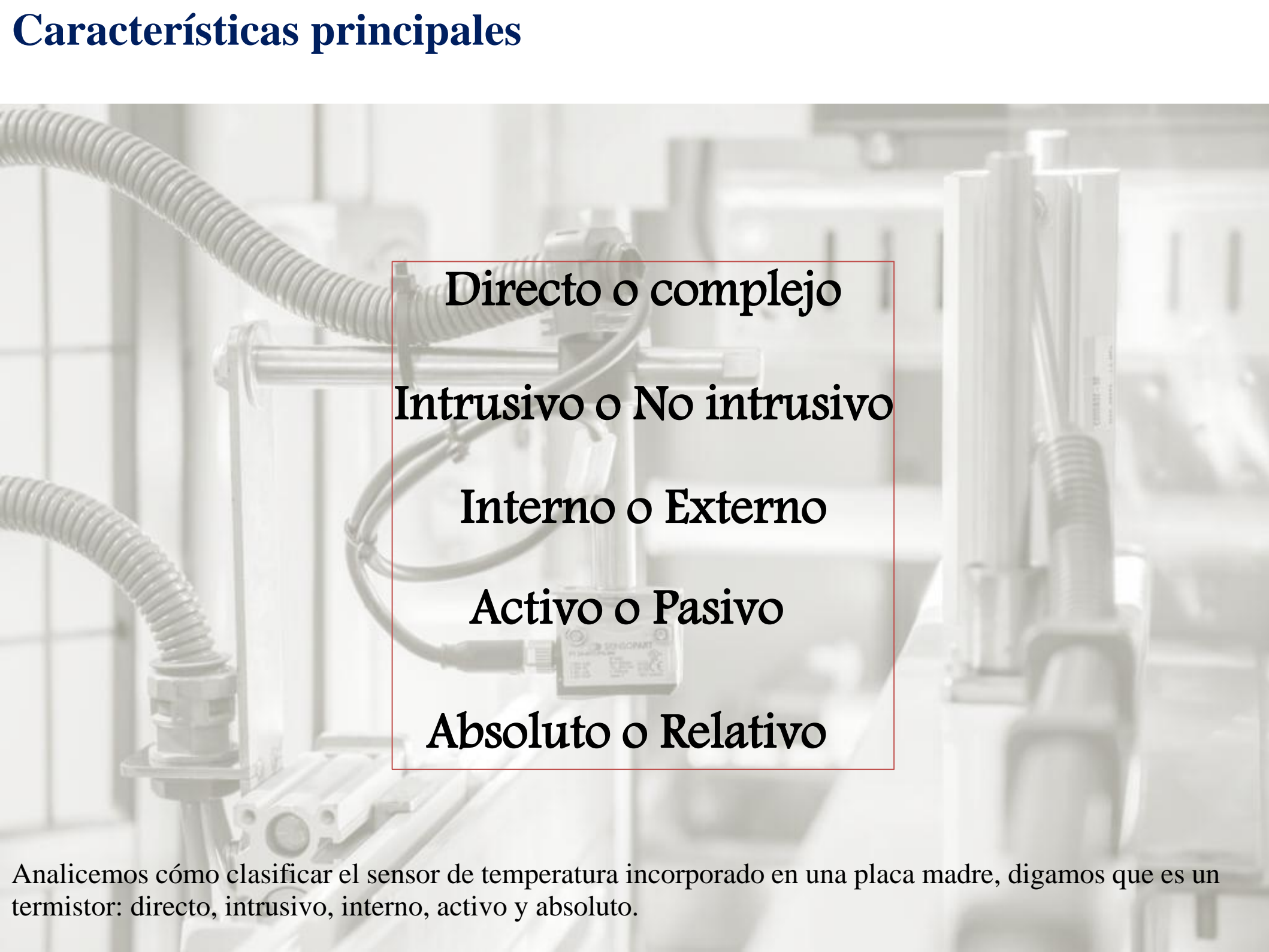
Proveen de las siguientes
Cualidades:

Interface estándar
Autotest (Self-testing)
Tolerancia a falla
Compensación digital



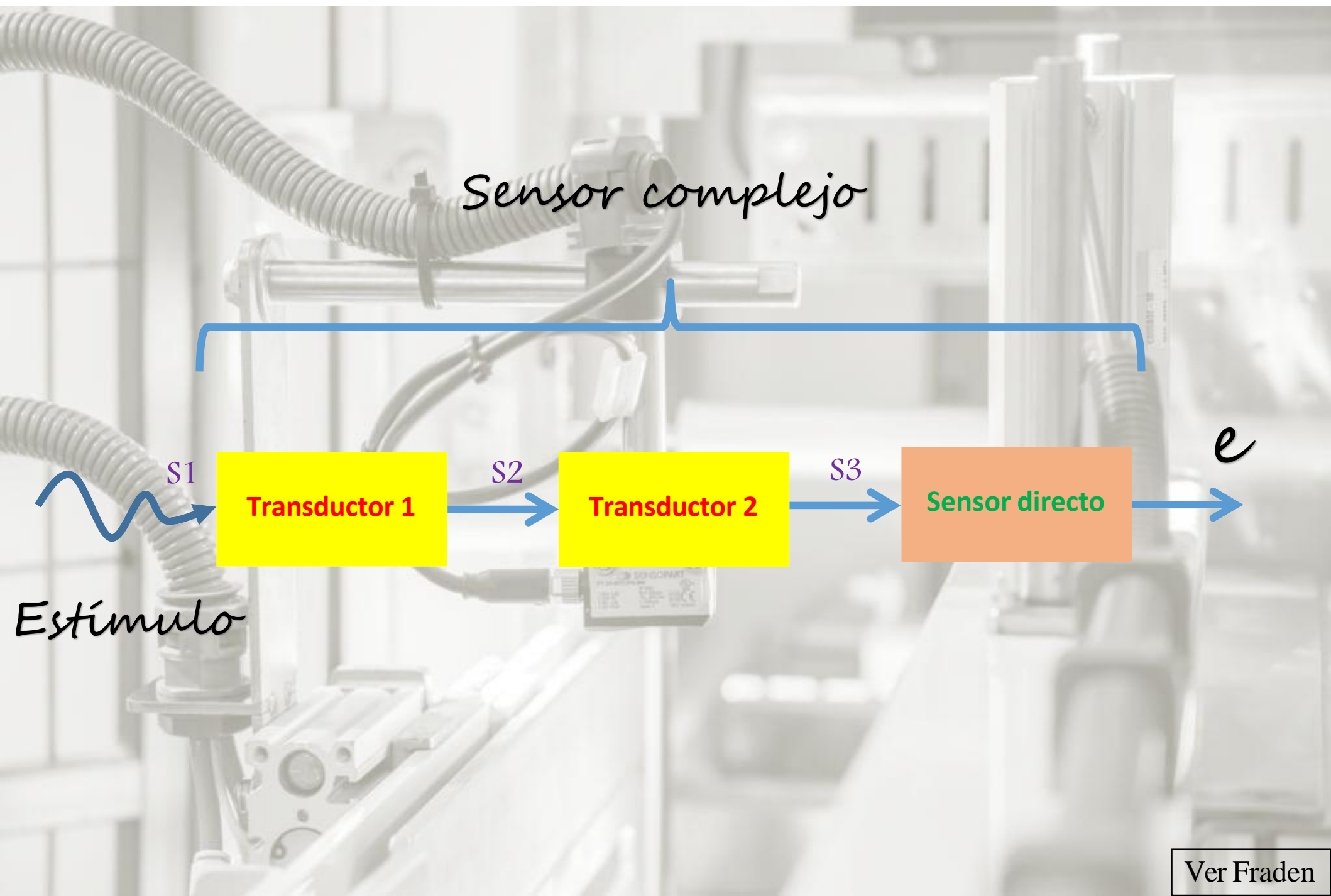
- ☺ La exactitud general del sistema, su rango dinámico y su confiabilidad mejoró mucho.
- ☺ El desarrollo de nuevos sistemas de sensores e instrumentación pasó a ser más simple.

Características principales

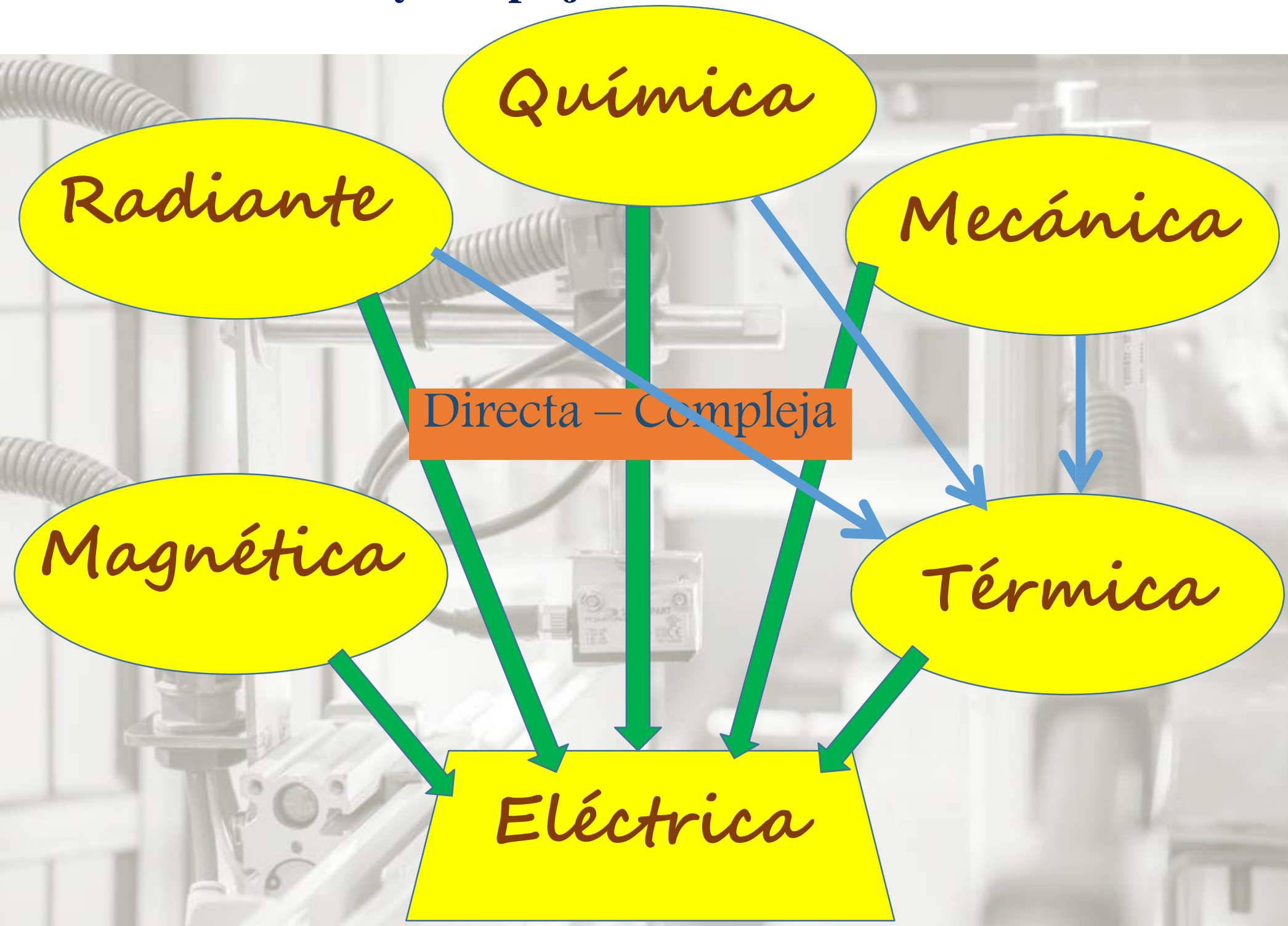


Directo o complejo
Intrusivo o No intrusivo
Interno o Externo
Activo o Pasivo
Absoluto o Relativo

Analicemos cómo clasificar el sensor de temperatura incorporado en una placa madre, digamos que es un termistor: directo, intrusivo, interno, activo y absoluto.



Conversión directa y compleja



Clasificación por el campo de aplicación

Agricultura

Ingeniería civil, construcción Generación
y distribución de energía Salud,
medicina

Industria en general

Militar

Mediciones científicas

Transporte

Automotor

Domésticas

Medio ambiente, meteorología

Seguridad

Información, telecomunicaciones

Marina

Recreación, juguetes

Espacio

Otros

Clasificación por el fenómeno de conversión

Físico

Termoeléctrico
Fotoeléctrico
Fotomagnético
Magnetoelectrico
Electromagnético
Termoelástico
Electroelástico
Termomagnético
Termoóptico
Fotoelástico
Magnetoeelástico
Otro

Químico

Transformación química
Transformación física
Proceso electroquímico
Espectroscopia
Otro

Biológico

Transformación bioquímica
Transformación física
Efecto sobre organismo
de prueba
Espectroscopia
Otro

Clasificación por los materiales

Inorgánico
Conductor
Semiconductor
Substancia biológica

Orgánica
Aislante
Líquido, gas o plasma
Otro

Clasificación por los medios de detección

Biológico
Químico
Eléctrico, magnético o electromagnético
Calor, temperatura
Desplazamiento mecánico
Radioactividad, radiación
Otro

Variables típicas a analizar para la selección de un sensor

Sensibilidad

Estabilidad

Exactitud

Velocidad de respuesta

Sobrecarga

Histéresis

Costo

Tamaño

Ancho de banda

Offset

Zero drift

Rango (span)

Resolución

Selectividad

Robustez (Capacidad de soportar condiciones ambientales)

Linealidad

Banda

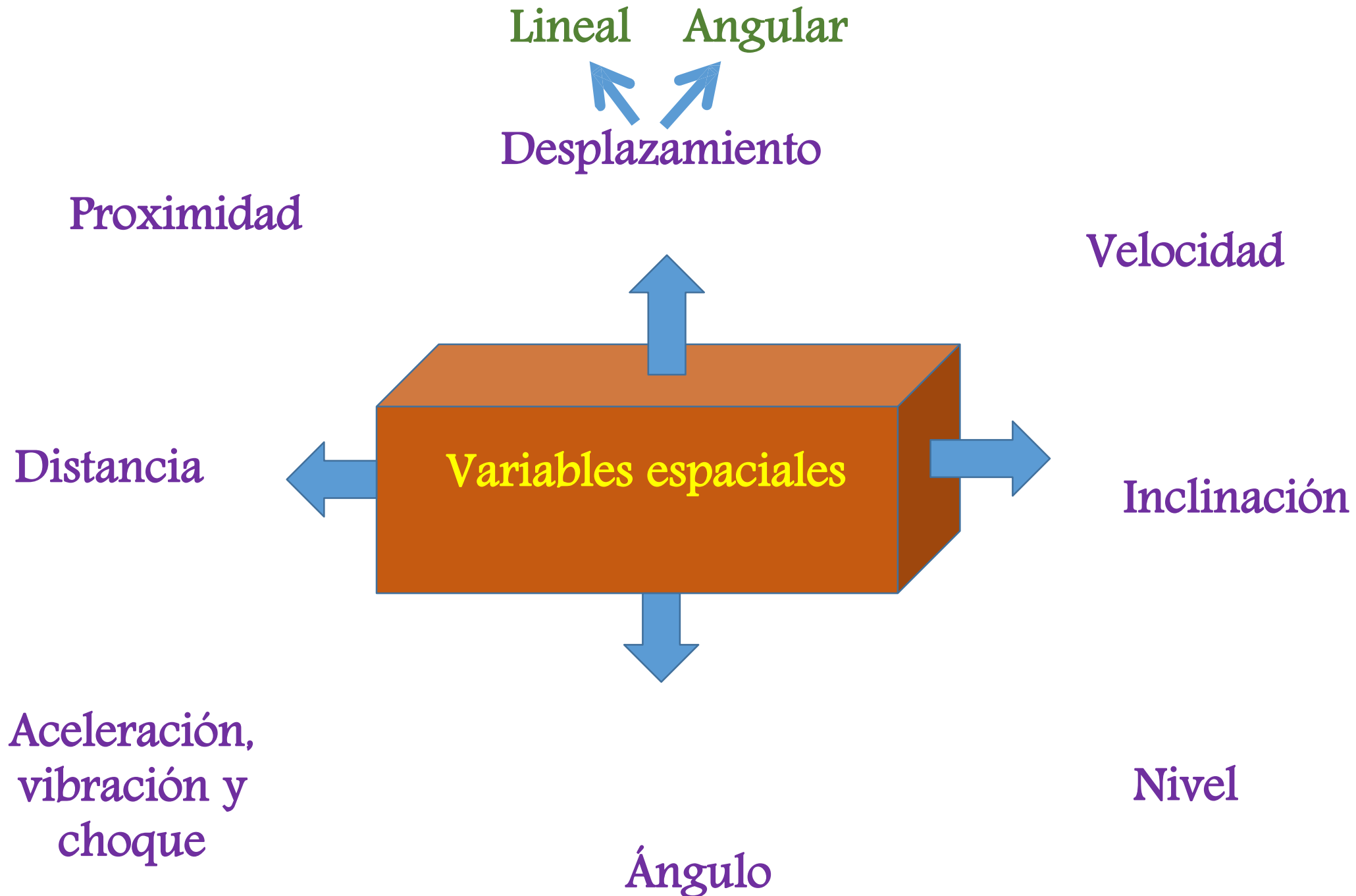
muerta

Formato de salida

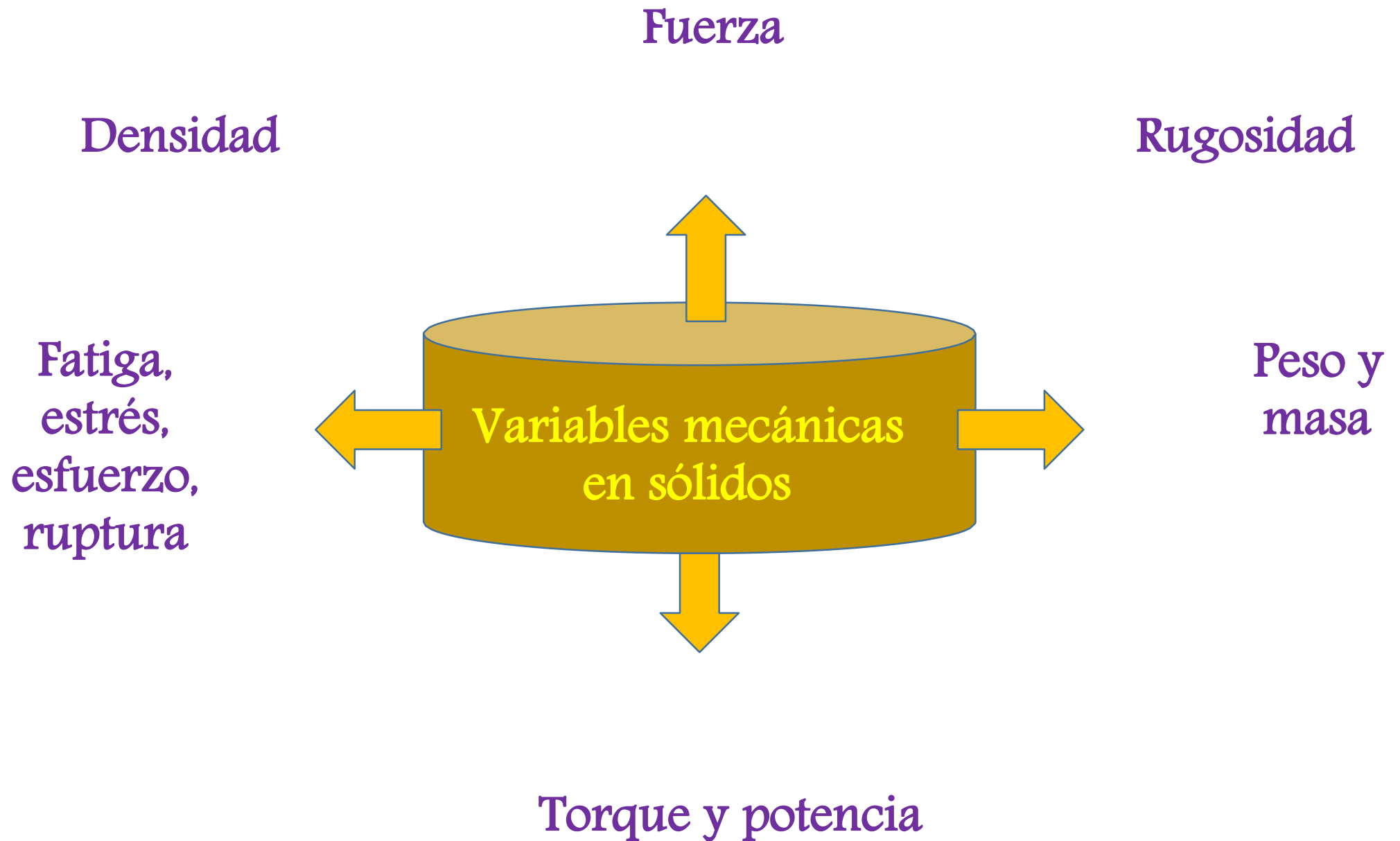
Alimentación

Ruido

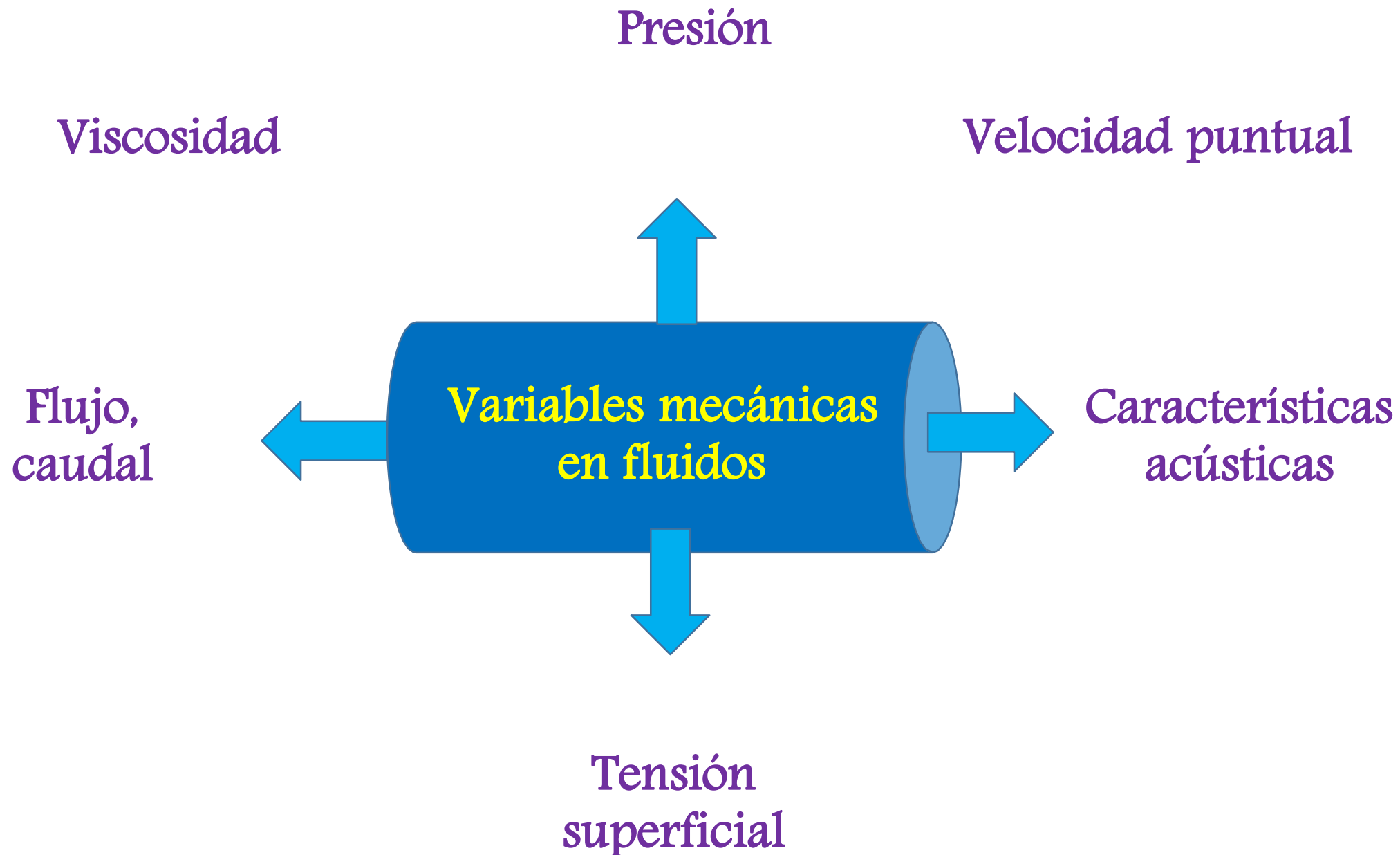
Magnitudes espaciales



Magnitudes mecánicas en sólidos



Magnitudes mecánicas en fluidos



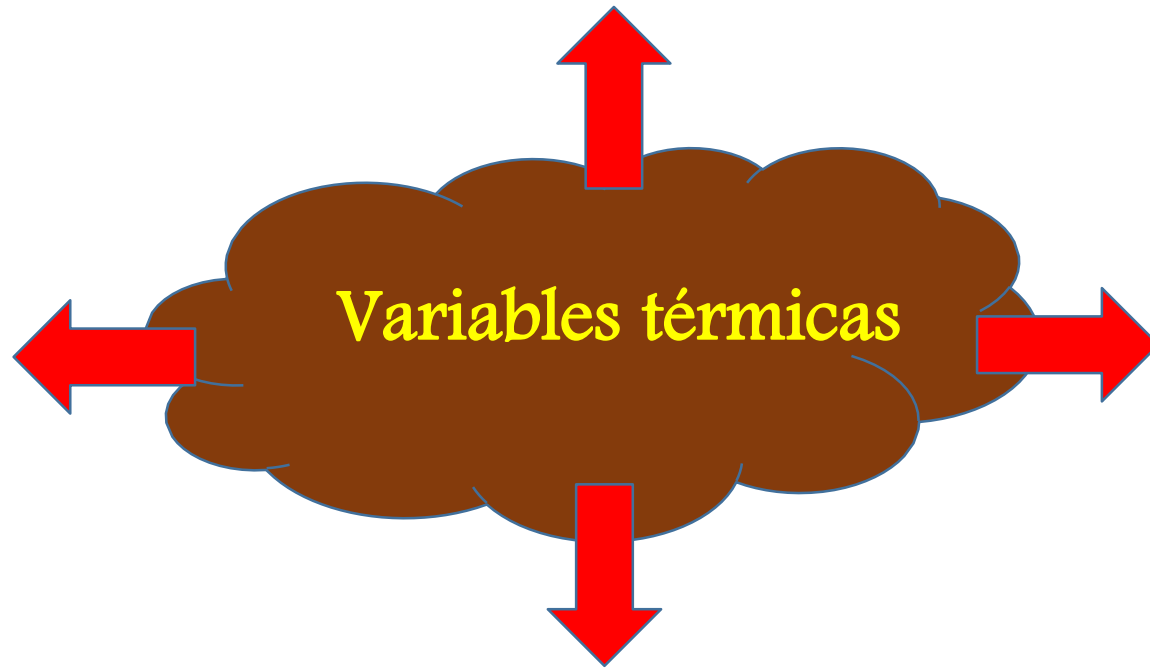
Magnitudes térmicas

Temperatura

Calorimetría

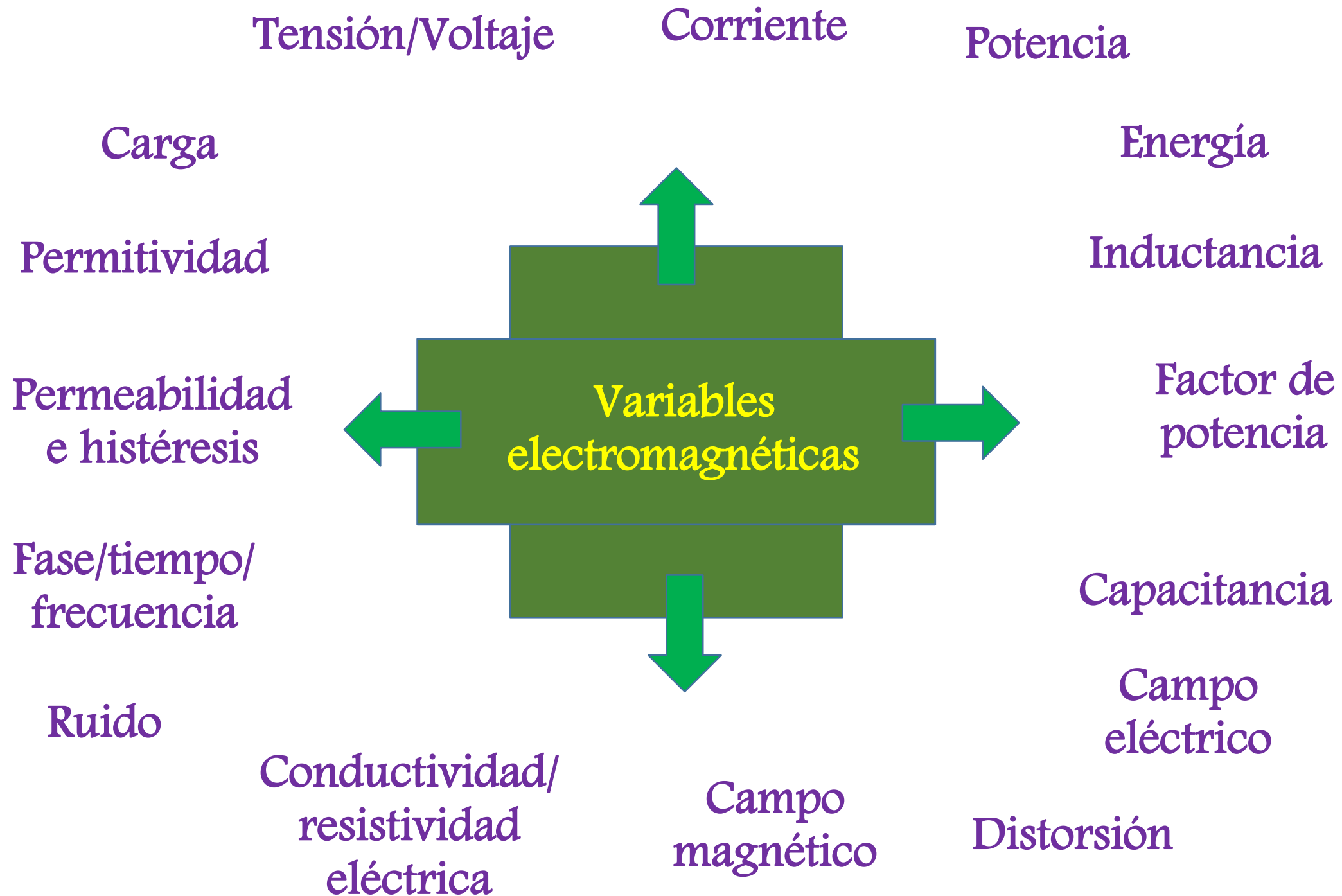
Flujo
de
calor

Imagen
térmica



Conductividad/resistencia
térmica

Magnitudes electromagnéticas



Magnitudes químicas y ambientales



Magnitudes ópticas

Colorimetría

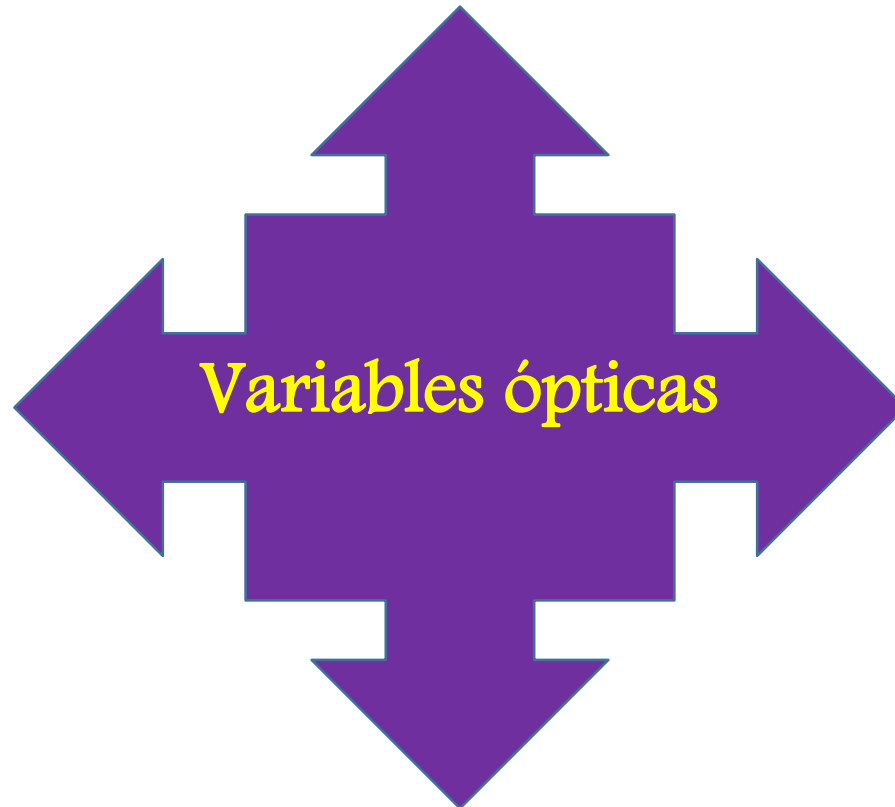
Pérdida óptica

Polarización

Densitometría

Turbidez

Refracción



Variables ópticas

Magnitudes biomédicas

Biopotenciales

Presión arterial

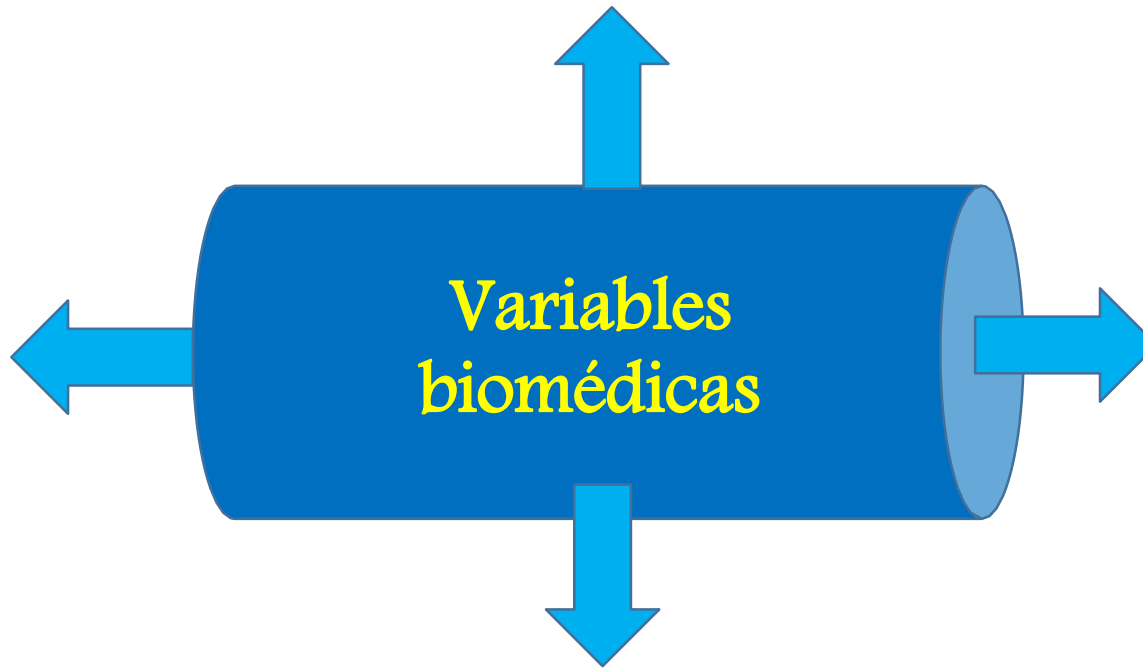
Flujo sanguíneo

Resonancia
magnética

Variables
biomédicas

Rayos X

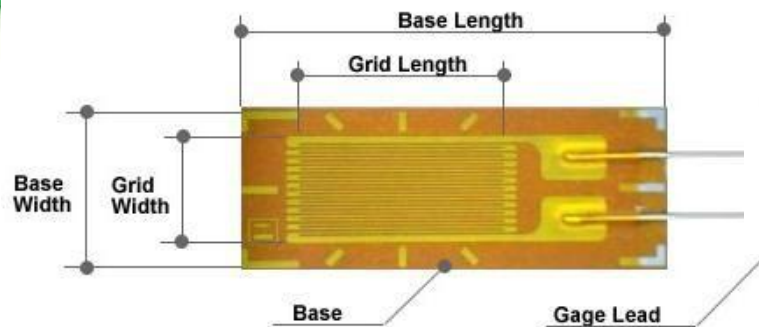
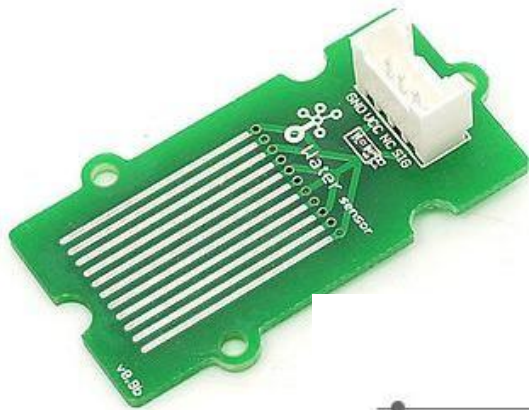
Ultrasonido



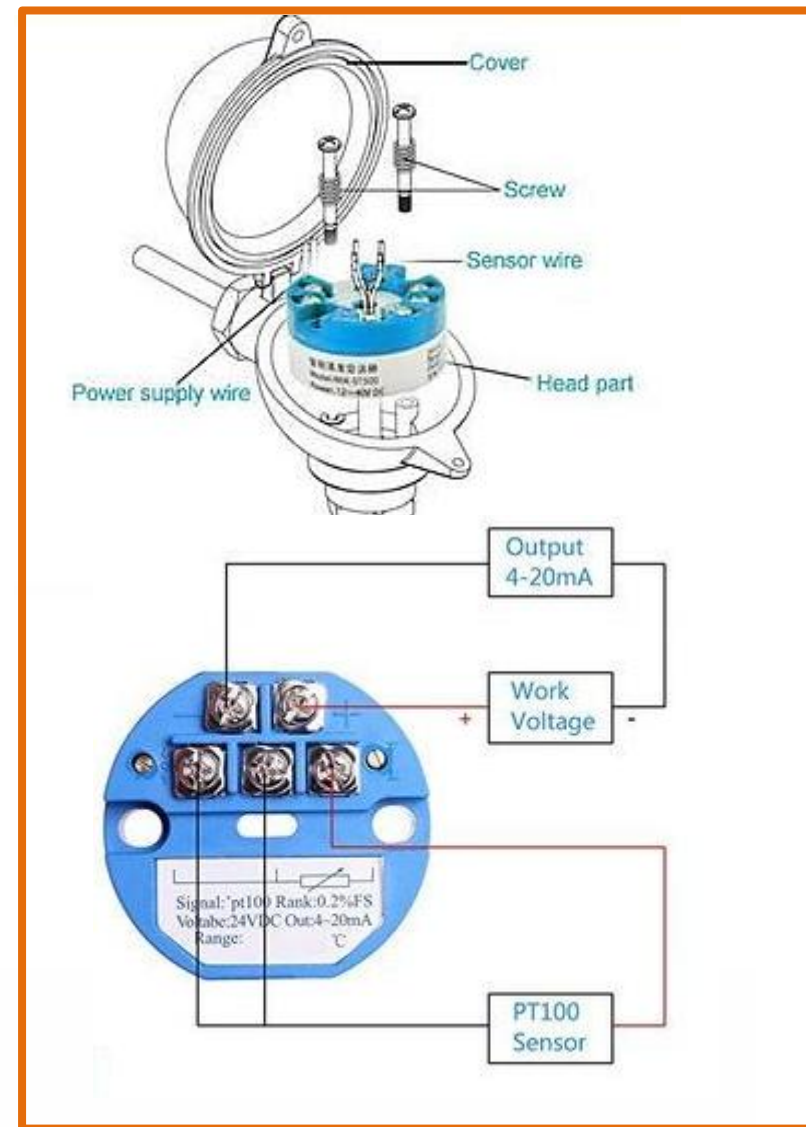
Sensores resistivos



Temperatura
Humedad
Iluminación
Posición
Distancia
Esfuerzo
Nivel
Presión



Montaje RTD



Opción 1: Montaje rectangular
Desfavorable

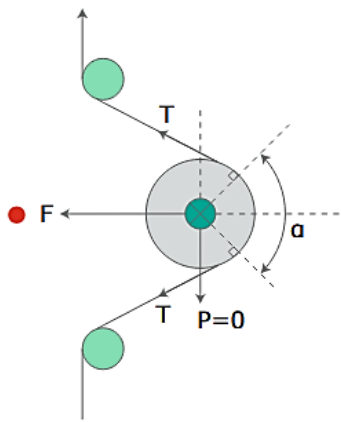


Opción 2: Montaje inclinada
Recomendable

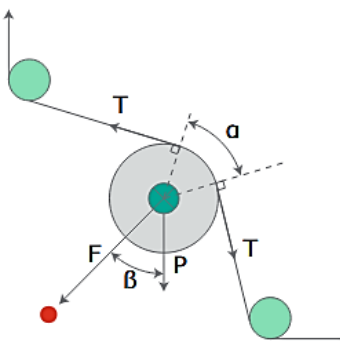


Opción 3: Montaje horizontal
Óptimo

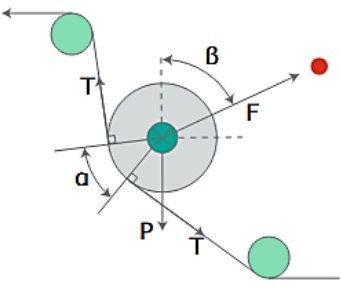
Montaje Celda de Carga



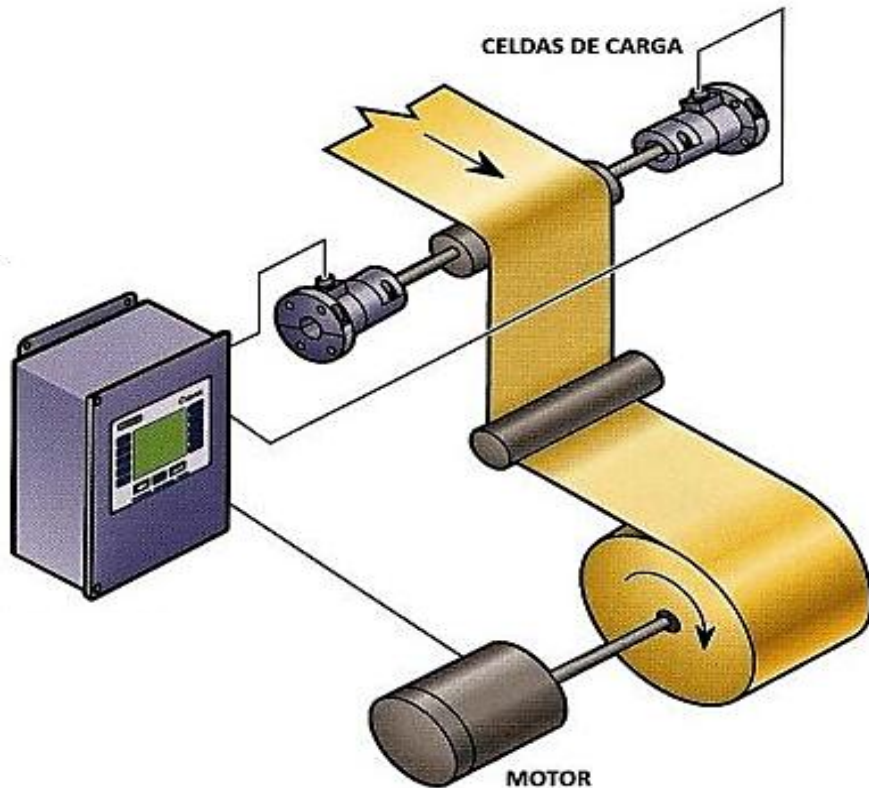
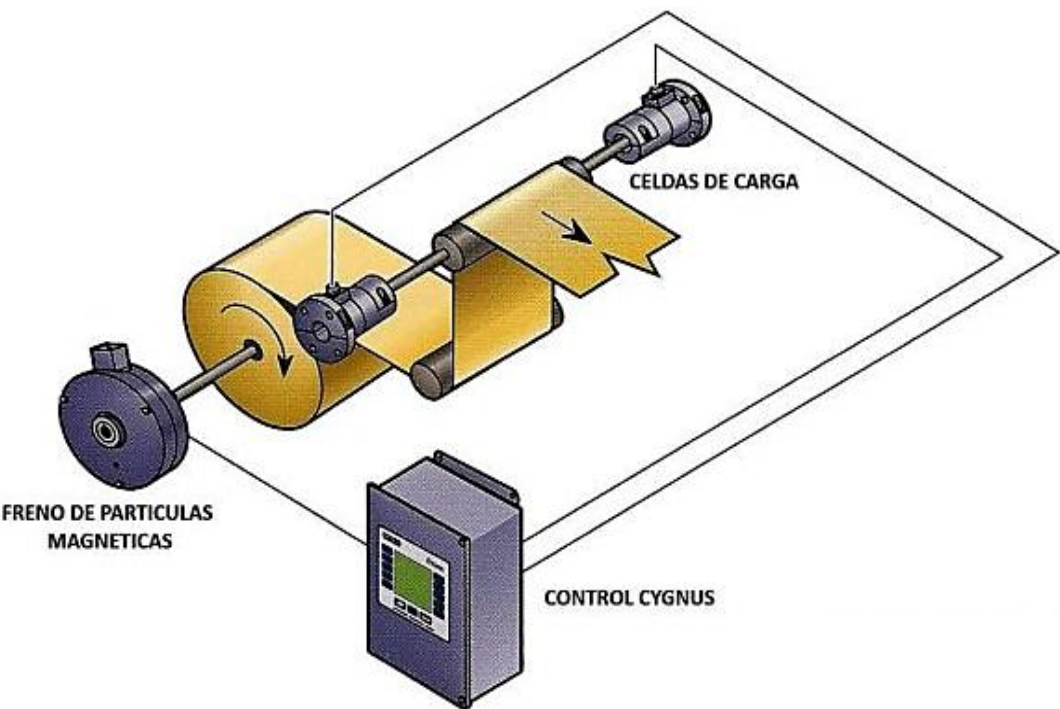
$F = T \sin \alpha/2$



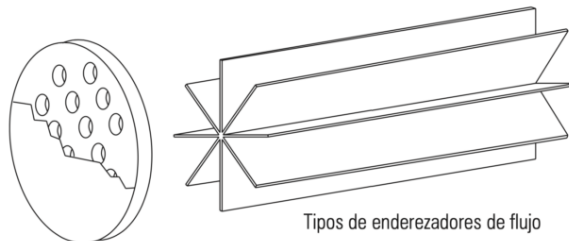
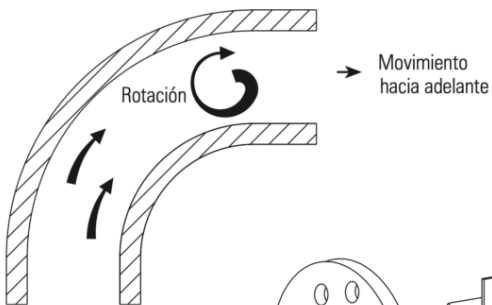
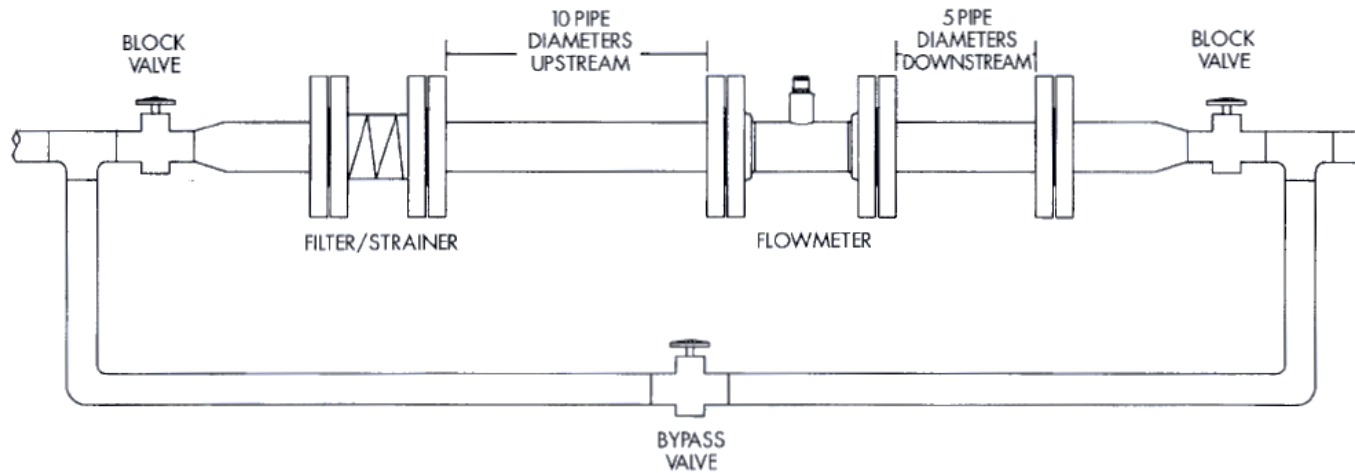
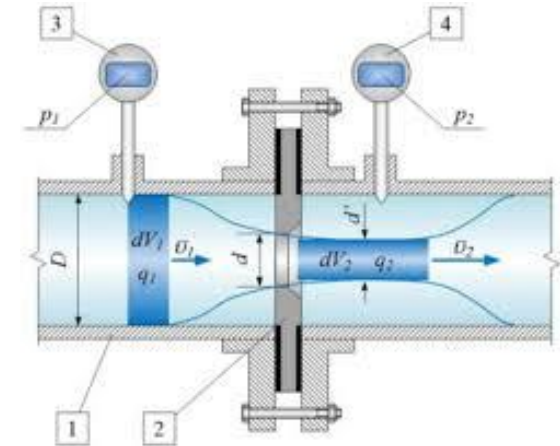
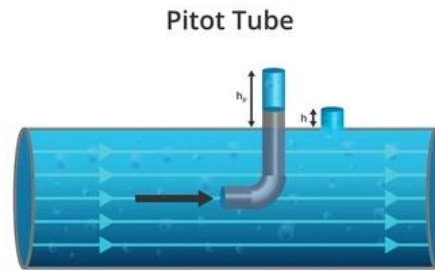
$F = T \sin \alpha/2 + P/2 \cos \beta$



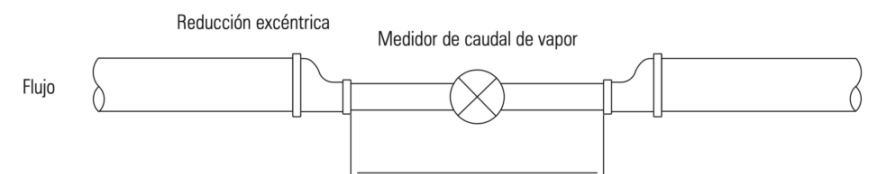
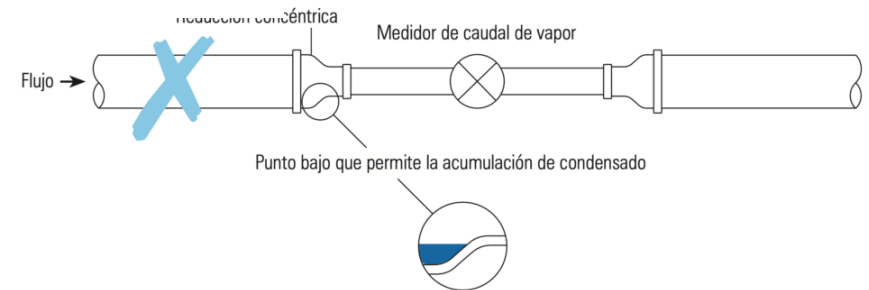
$F = T \sin \alpha/2 - P/2 \cos \beta$



Montaje transmisor de presión

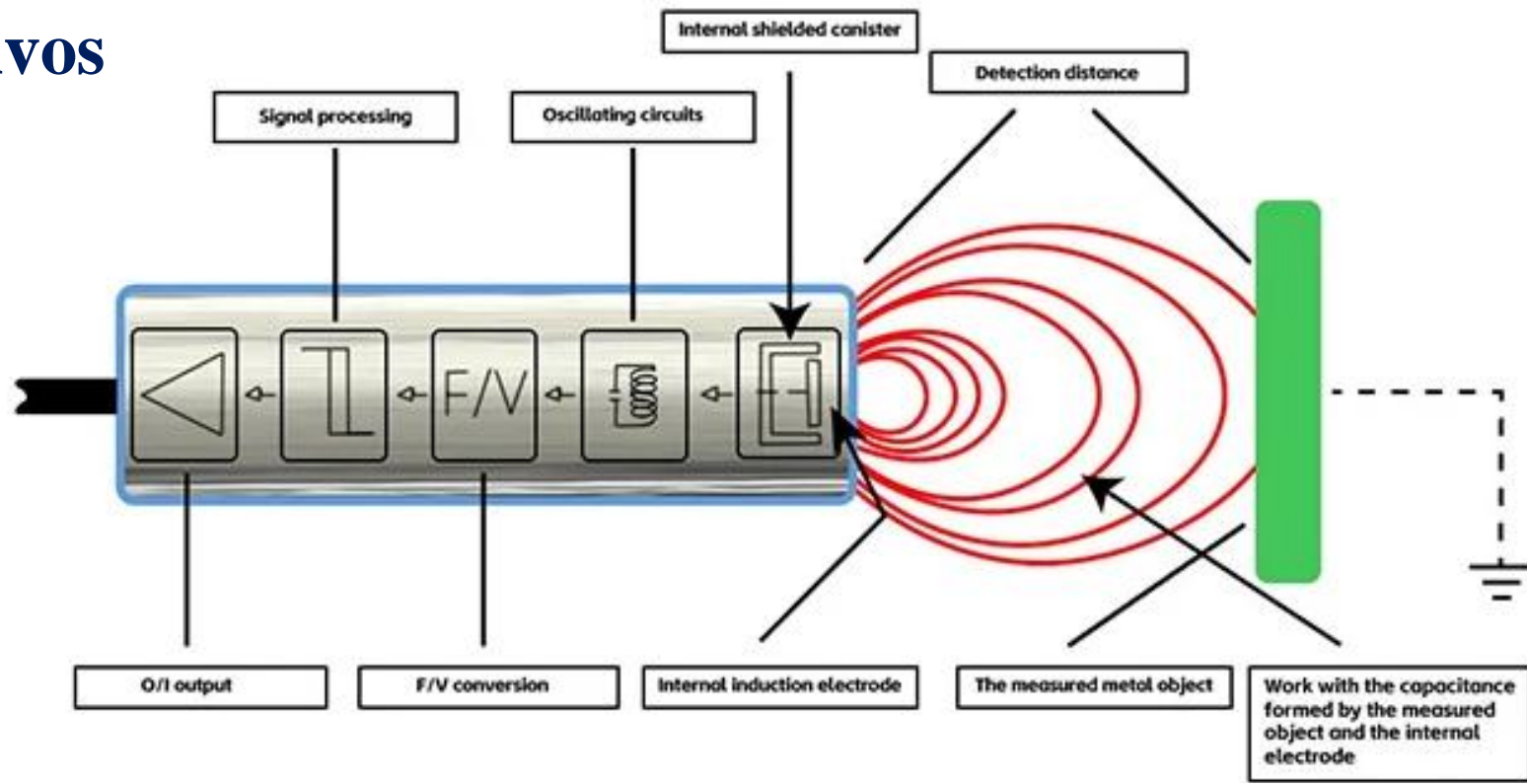


Tipos de enderezadores de flujo



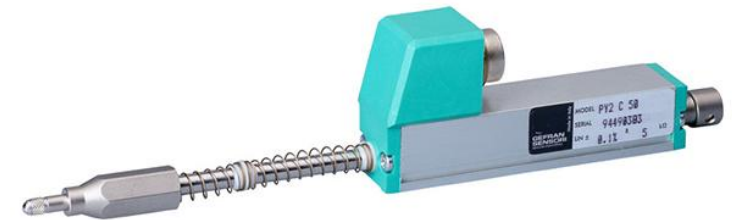
Sensores capacitivos

Humedad
Posición
Distancia
Movimiento
Proximidad
Nivel
Presión
Fuerza
Composición de material



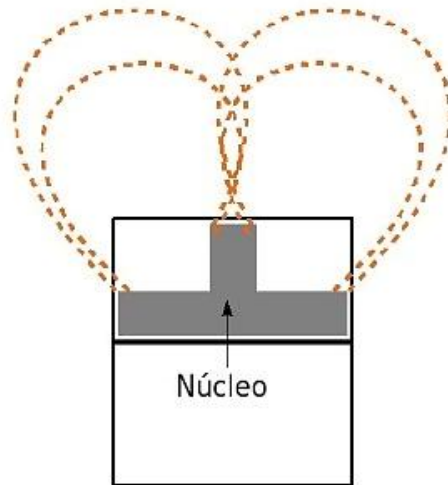
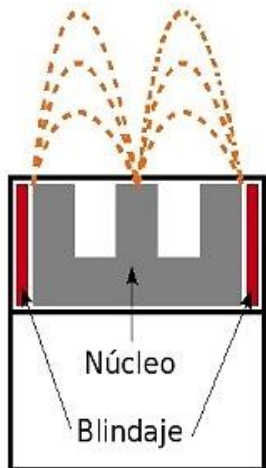
Sensores inductivos

Posición
Distancia
Esfuerzo
Velocidad



SENSOR RASANTE

SENSOR NO RASANTE



Metal ferroso



Bronce



Aluminio



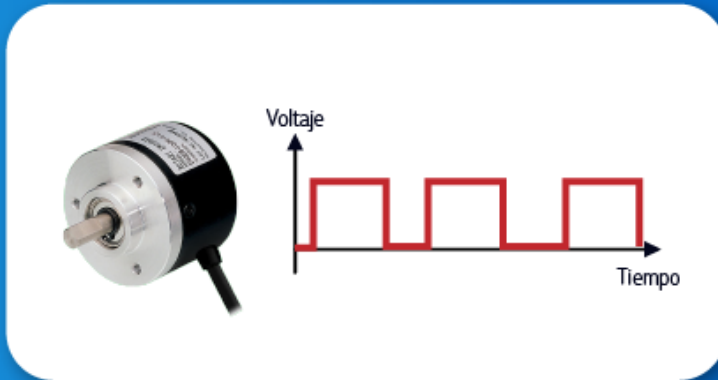
Cobre

Sensores ópticos

Temperatura
Posición
Distancia
Presencia
Movimiento
Velocidad



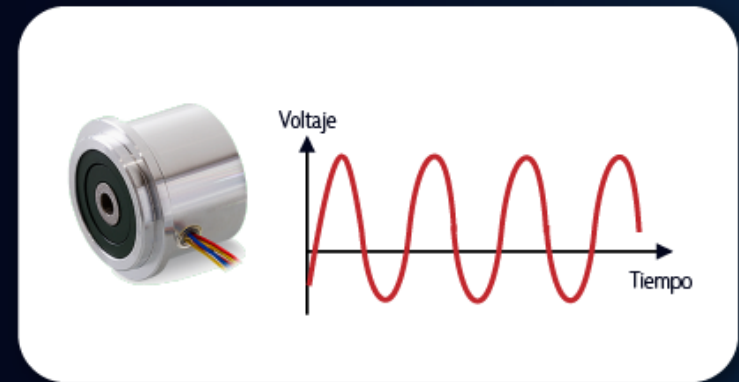
Encoder



- ✓ Sistema digital.
- ✓ Generan señales digitales en respuesta al movimiento.
- ✓ Cuenta con partes electrónicas, que procesan su funcionamiento.
- ✓ Integración más simple en sistemas de control.
- ✓ No se recomiendan en ambientes con altas temperaturas y vibraciones.

VS

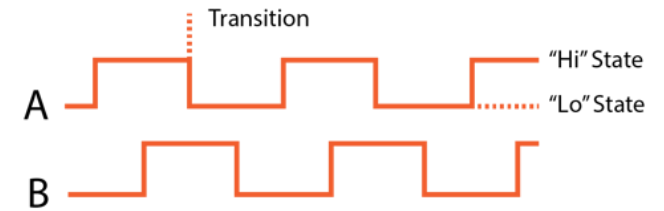
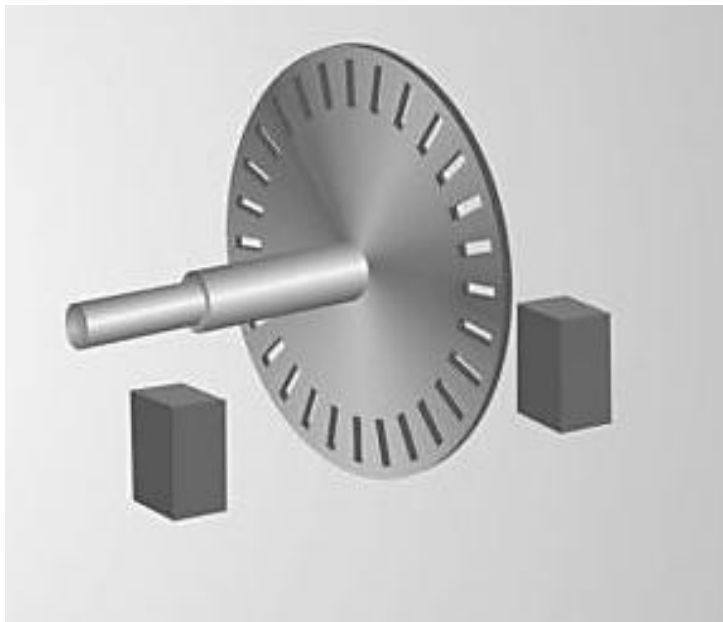
Resolver



- ✓ Sistema analógico.
- ✓ Producen un conjunto de ondas senoides que indican la posición.
- ✓ Cuenta con devanados, similares a los de un motor.
- ✓ La integración en sistemas de control puede llegar a ser más costosa.
- ✓ Es más robusto, ideal para ambientes con altas temperaturas y vibraciones.

Encoders / Codificadores

Relativo / Incremental

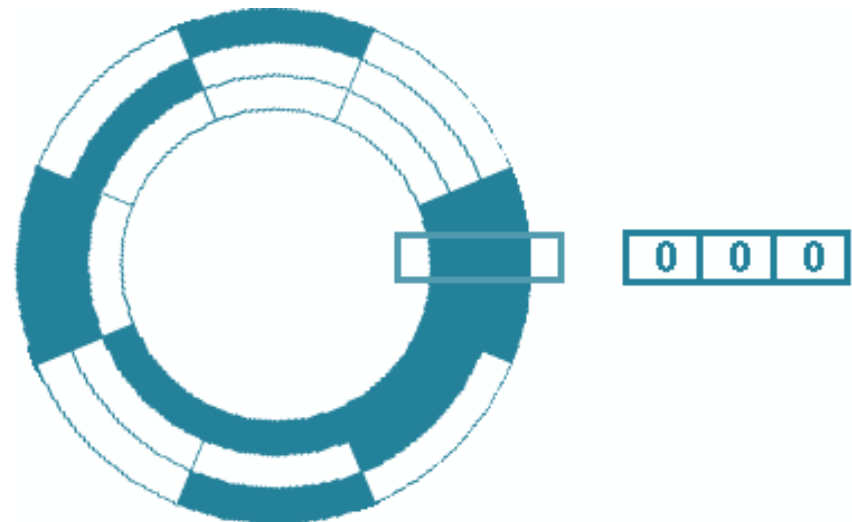


Channel A leading B



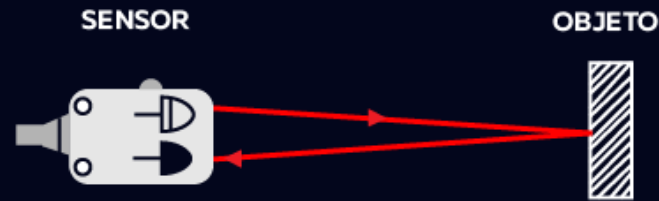
Channel B leading A

Absoluto



Sensores ópticos

#01



REFLECTIVO

Tanto el emisor de luz como los elementos receptores están contenidos en una sola carcasa. El sensor recibe la luz reflejada desde el objeto.

#02



DE BARRERA

El transmisor y el receptor están separados. Cuando el objeto se encuentra entre el transmisor y el receptor, se interrumpe la luz.

#03



RETROREFLECTIVO

La luz del elemento emisor incide en el reflector y regresa al elemento receptor de luz. Cuando hay un objeto presente, se interrumpe la luz.

Sensores magnéticos

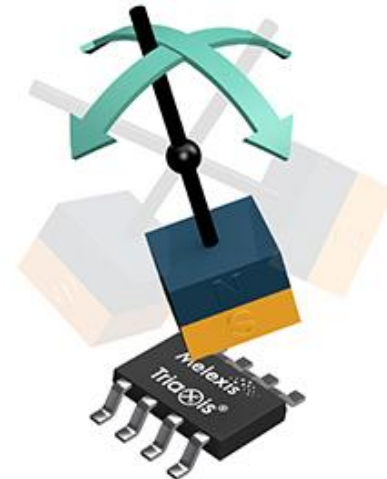
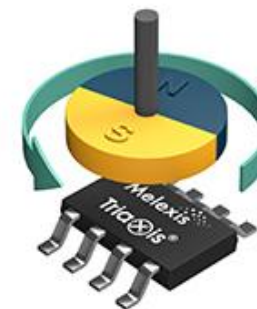
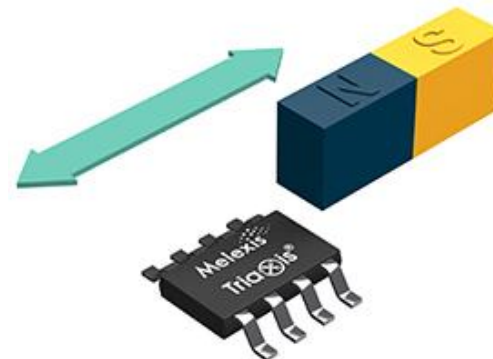
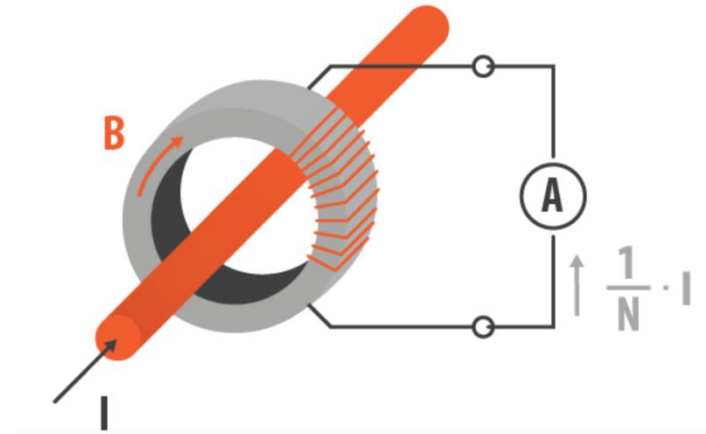
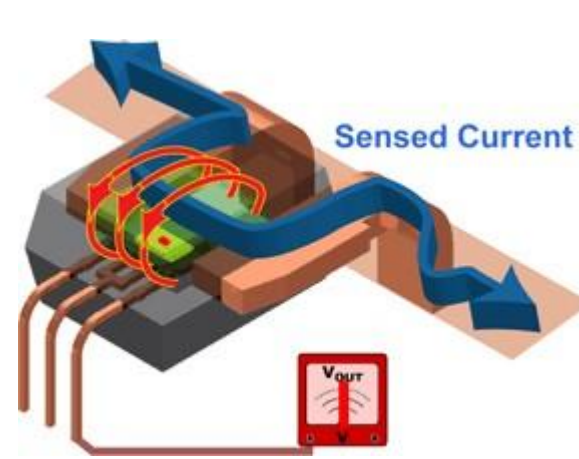
Parámetros magnéticos

Posición

Corriente

Distancia

Caudal

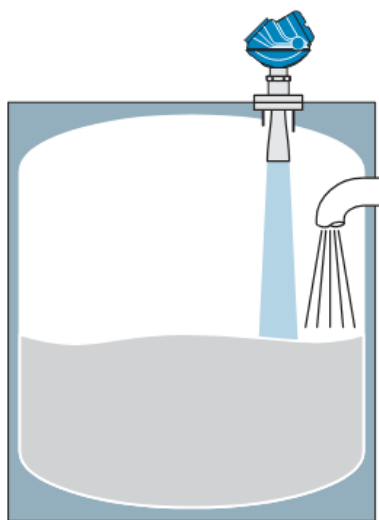


Sensores de ultrasonido, piezoeléctricos y de microondas

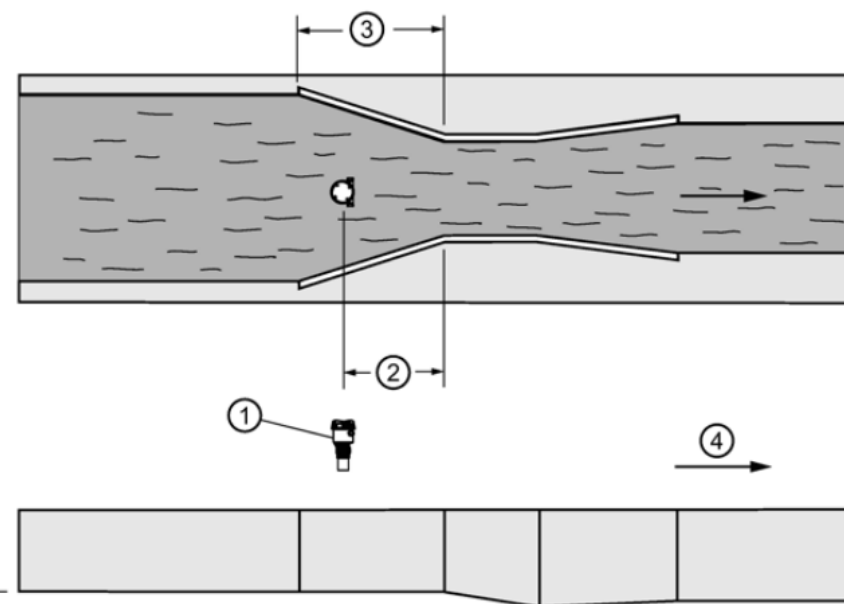
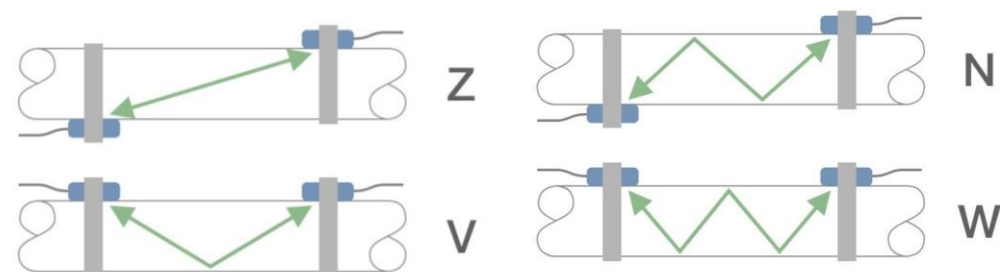
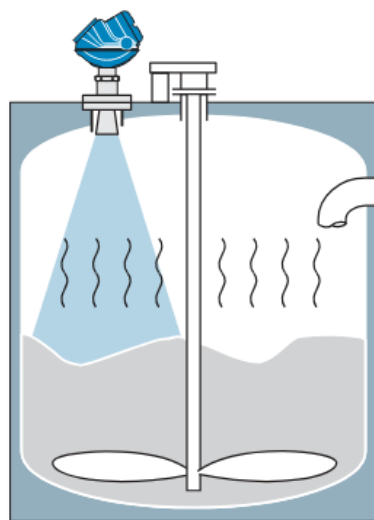


Montaje transmisores de radar y ultrasonido

5402 (26 GHz)



5401 (6 GHz)



① SITRANS Probe LU240¹⁾

② 2/3 de la dimensión convergente

③ Dimensión convergente

④ Dirección del caudal

⑤ Nivel cero

$$Q = K \times h_a^n$$

Tamaño (H - garganta)	Hmín (mm)	Qmín (m ³ /h)	Hmáx (mm)	Qmáx (m ³ /h)	K (m ³ /h)	n
1"	15,0	0,3	210,0	19,0	217,5	1,550
2"	20,0	1,0	393,0	100,0	425,0	1,548
3"	31,9	3,0	591,0	275,0	620,0	1,548
6"	32,7	6,0	609,0	600,0	1310,0	1,574

Quando se mide en vapor y espuma, se prefiere una frecuencia baja. En la mayoría de las otras aplicaciones, se prefiere una frecuencia alta debido a la mayor flexibilidad de montaje.

Instrumentos de Analítica



pH/ORP Sensor



Dissolved Oxygen



Conductivity



Ammonia(NH3-N)



COD Sensor



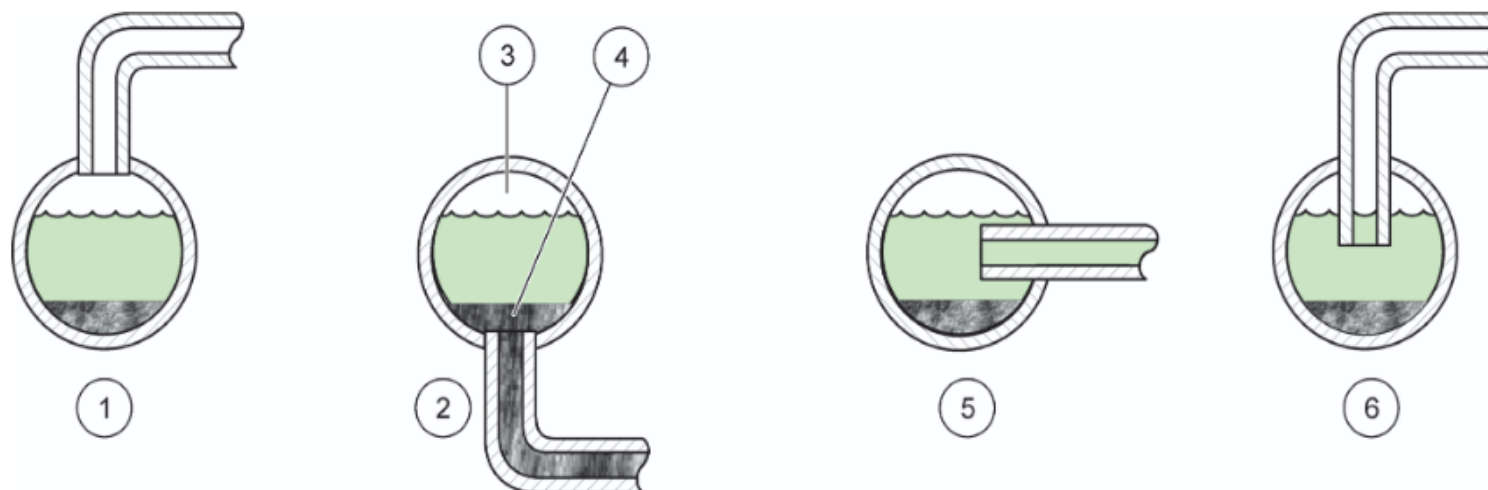
Nitrate Nitrogen(NO3-N)



Turbidity/TSS



Montaje de sondas en línea



Número 6 Ubicación de la línea de muestreo en el flujo del proceso

1 Pobre	4 Sedimento (típico)
2 Pobre	5 Bueno
3 Aire (típico)	6 Mejor

Mensualmente o con menos frecuencia¹⁾	Sustituir reactivos.
Cada 2-3 meses	Comprobar la solución patrón y cambiarla en caso necesario.
Cada medio año	Cambiar los tubos de la bomba. Realizar una calibración después de cambiar los tubos de la bomba.
Si se da el caso	E020, FOME sucio. Limpiar el fotómetro con una solución de NH_3 al 5%, ver Limpiar el fotómetro, p. 63 .

¹⁾ El intervalo depende del ajuste <Ahorro reactivos>, ver 4.2.3, p. 87.

Aviso: Cada semana se realiza una verificación automáticamente, programada por defecto el lunes a las 06:00 AM. Asegurarse de que se conecta una botella de solución patrón con la cantidad suficiente.

Reactivos y consumibles

8575000	Kit de tubos para CL17sc (montados previamente)
8573100	Kit de limpieza de celda para CL17sc
2556900	Set de reactivos, cloro libre
2557000	Set de reactivos, cloro total

Swansensor pH/Swansensor Redox (ORP)

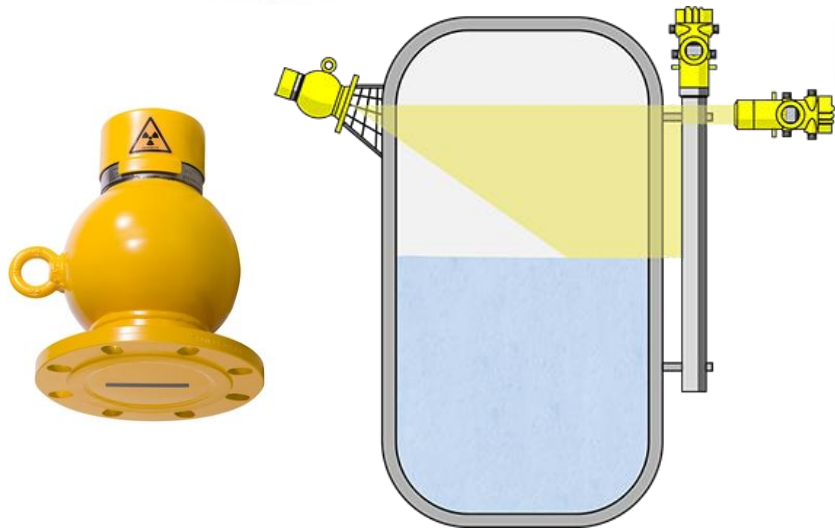
Trimestral	Calibrar electrodo. Asegurarse de que las soluciones tampón no hayan caducado. En caso necesario, limpiar el electrodo.
Anual	Sustituir el electrodo.

Tabla de Compatibilidad Química

7	PRODUCTO QUÍMICO	Plásticos												Elastómeros										Metales										No Metales				
<div><div>Sin efecto</div><div>Efecto menor</div><div>Efecto moderado</div><div>Efecto severo</div><div>Sin datos</div><div>1 Satisfactorio hasta 22 ° C</div><div>2 Satisfactorio hasta 48 ° C</div></div>		ABS, plástico	Acetal (Delrin*)	CPVC	Epoxy	Hytrel	LDPE	Noryl*	Nylon	Policarbonato	Polipropileno	PPS (Ryton*)	PTFE (Teflón*)	PVC	PVDF (Kynar*)	Buna N (Nitrilo)	EPDM	Hypalón*	Kel F*	Goma natural	Neopreno	Silicona	Tygon*	Vitón*	Ac. inox. 304	Ac. inox. 316	Aluminio	Latón	Bronce	Carpenter 20	Fundición hierro	Cobre	Hastelloy C*	Titanio	Carbón, grafito	Cerámica Al2O3	Cerámica, magnet.	
	Freón 113																																					
	Freón TF																																					
	Ftálico, Acido																																					
	Ftálico, anhídrido																																					
	Fuel, Aceites																																					
	Furán, Resina																																					
	Furfural																																					
	Gálico, ácido																																					
	Gasolina (aromática)																																					
	Gasolina, sín plomo																																					
	Gelatina																																					
	Glicerina																																					
	Glicólico, ácido																																					
	Glucosa																																					
	Grasa																																					
	Grasos, Acidos																																					
	Heptano																																					

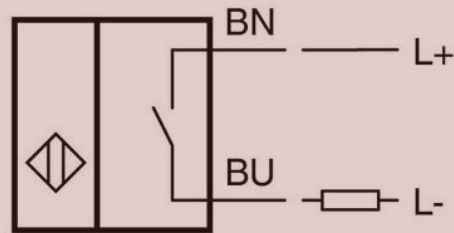
Fuente: https://www.tuberiasdeacero.com/pdf/tienda/Tabla_Resistencia_Quimica.pdf

Sensores radiactivos

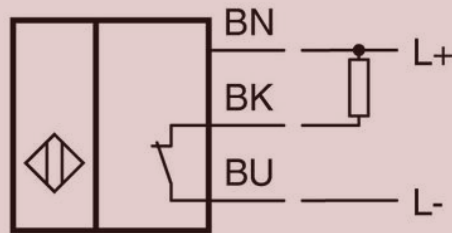


Tipos de Salidas

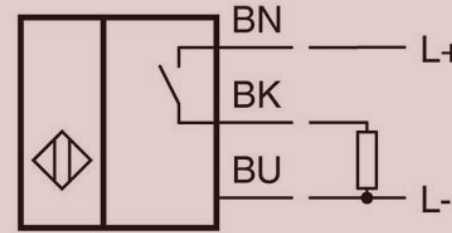
2 hilos



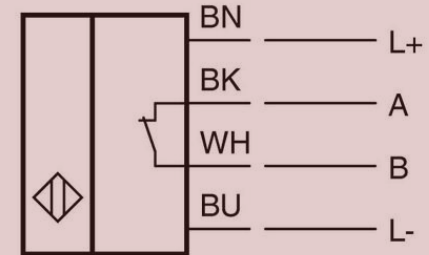
3 hilos NPN



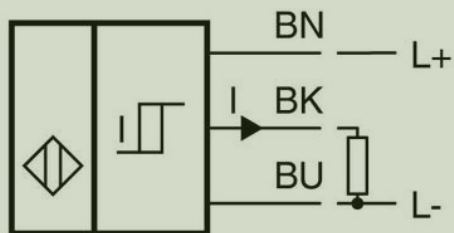
3 hilos PNP



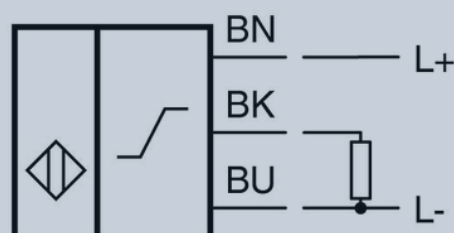
4 / 5 hilos



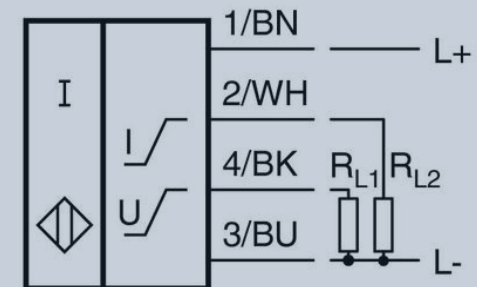
Corriente digital



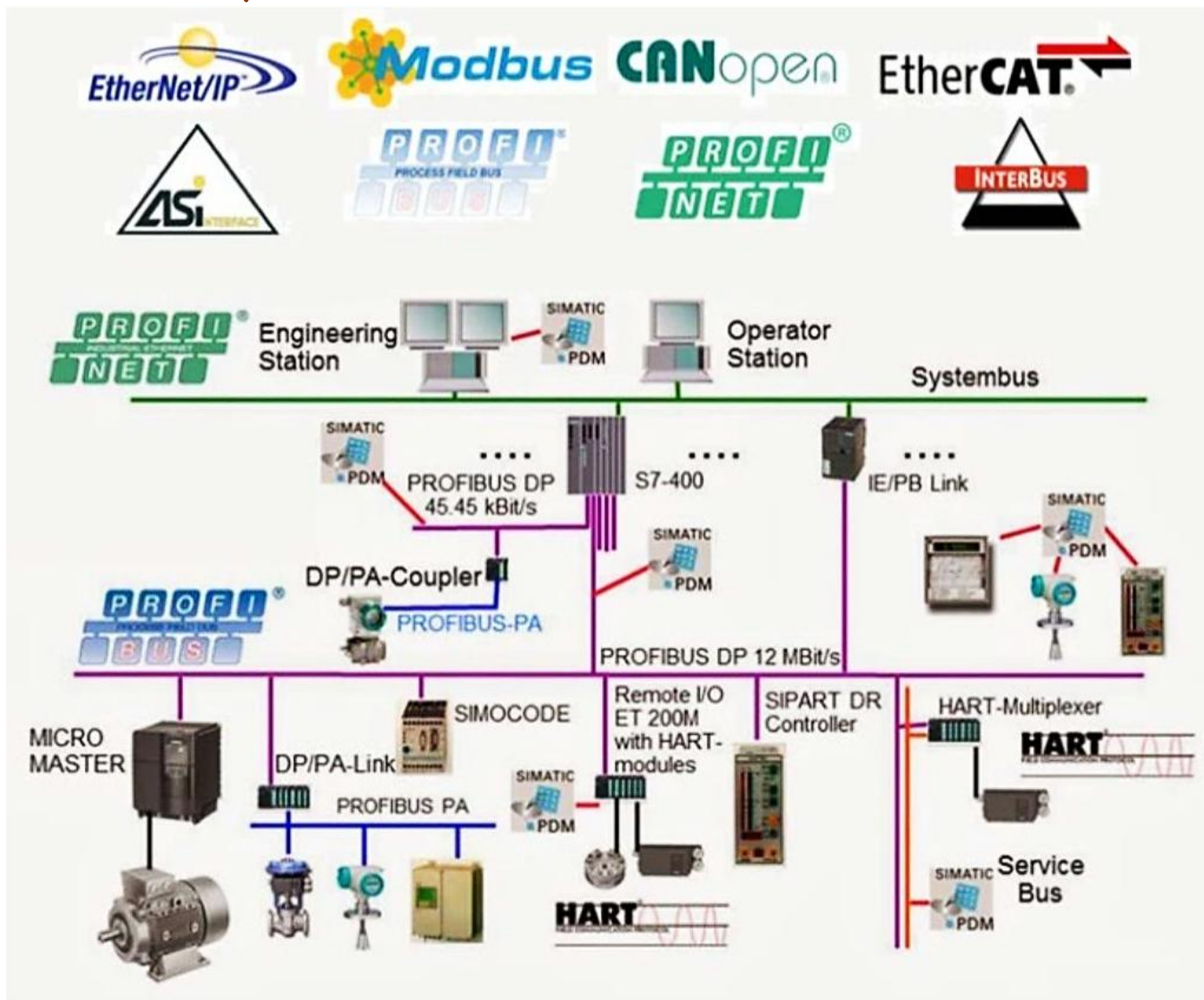
4-20mA o 0-10V



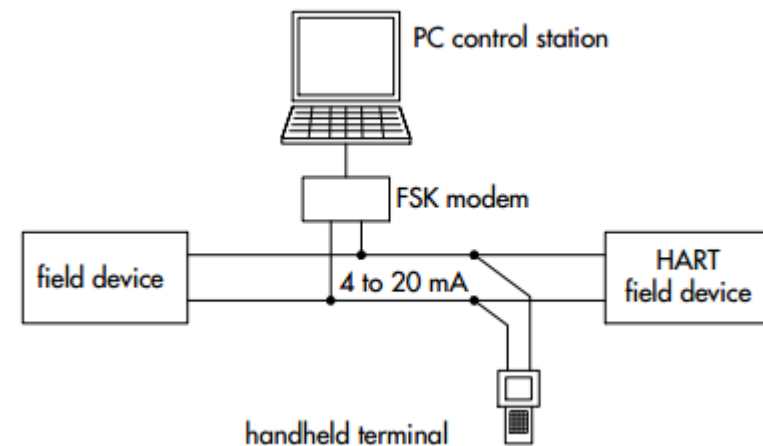
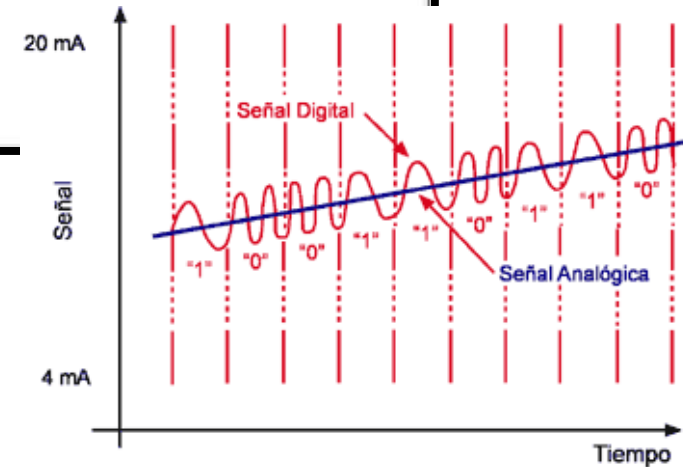
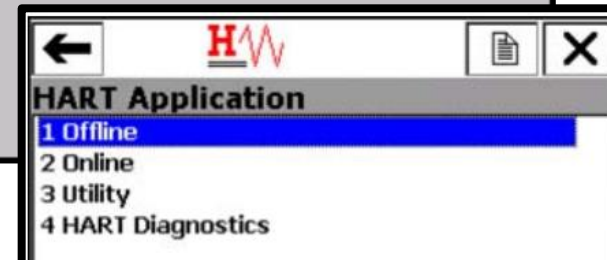
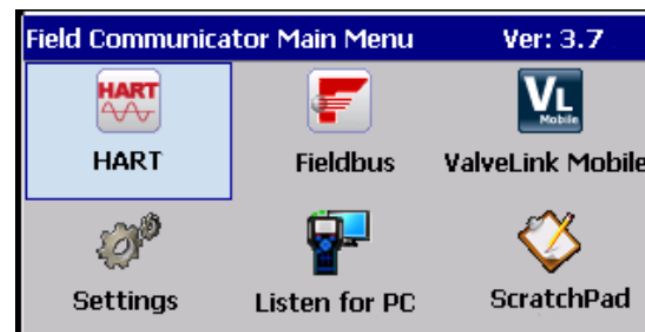
Combinados



Buses de campo

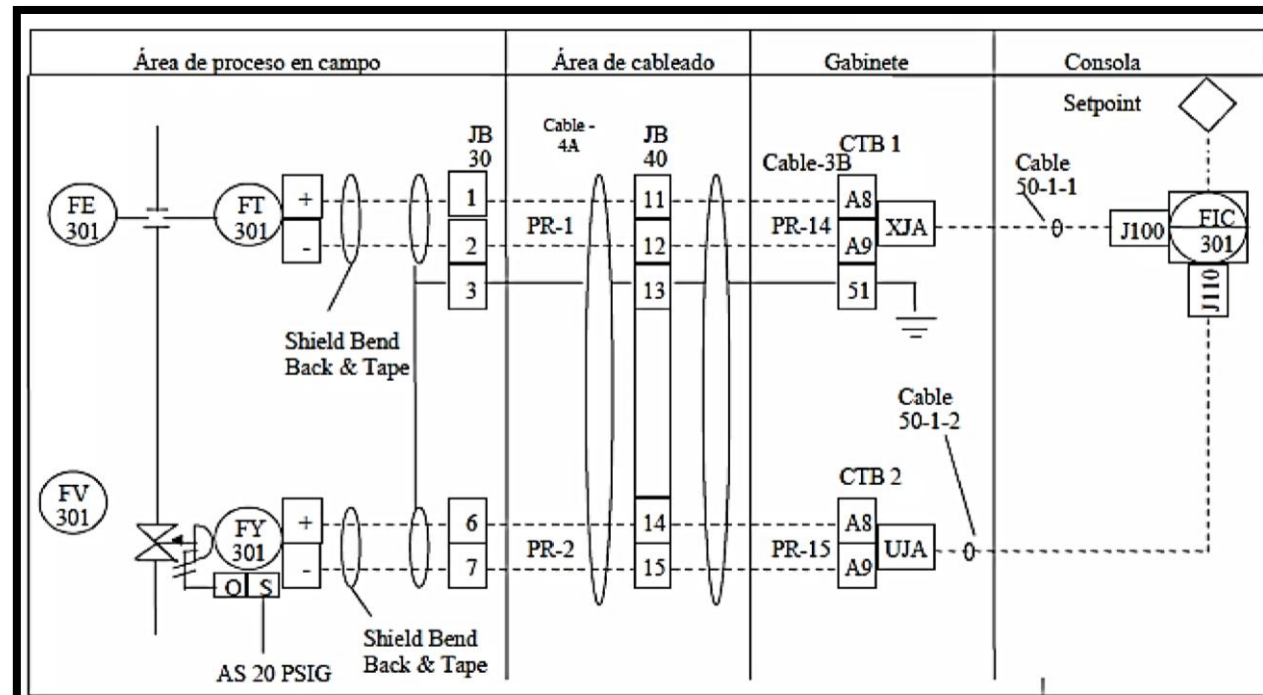
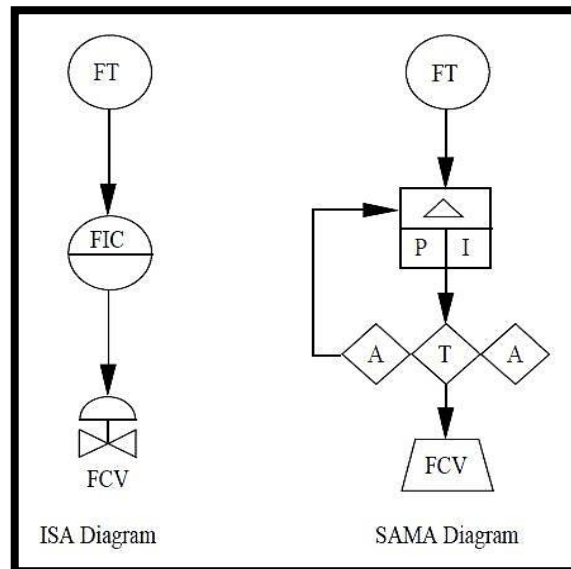
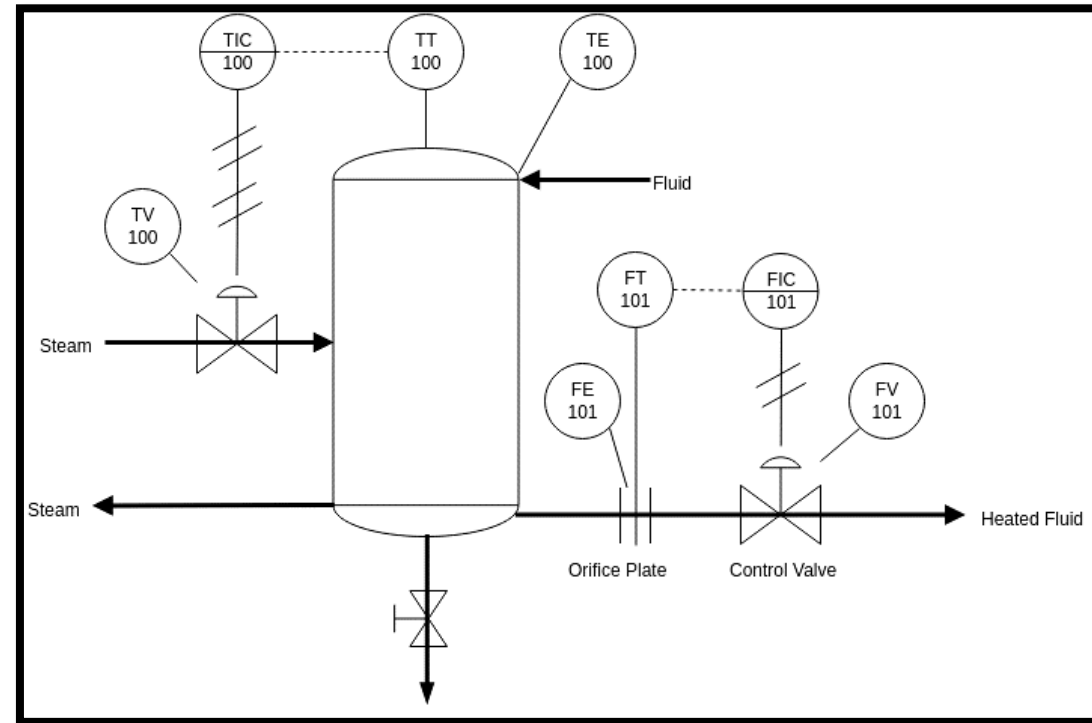


HART: Configuradores



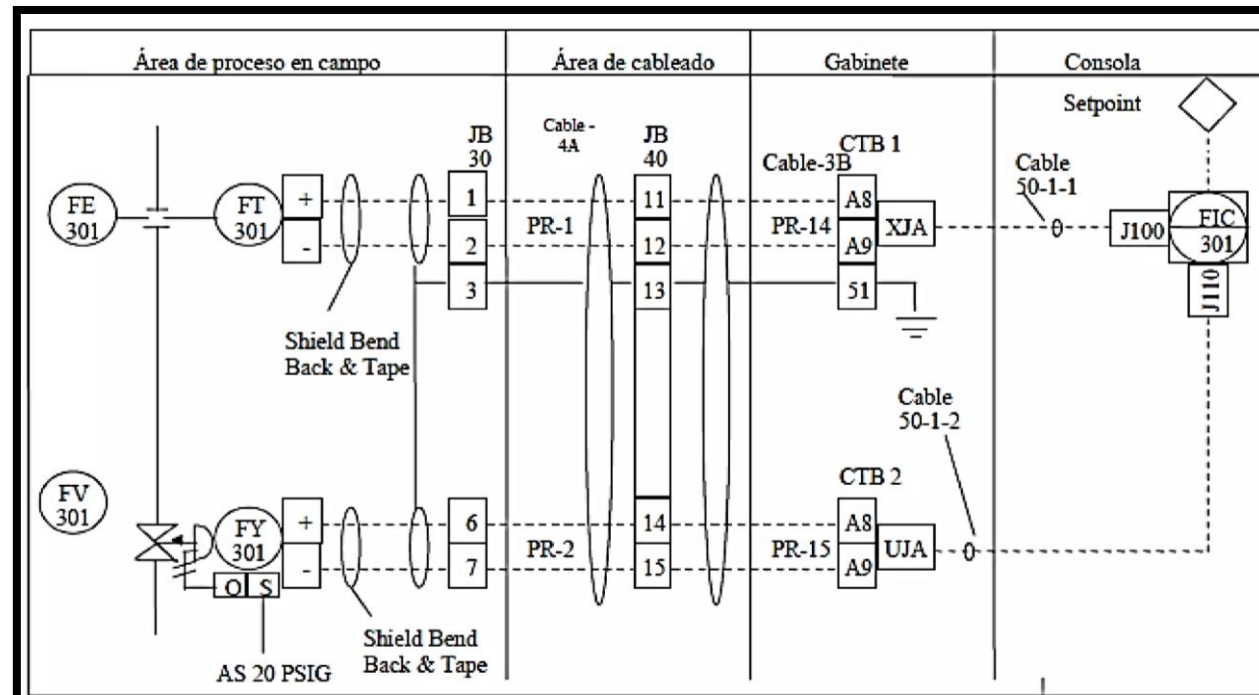
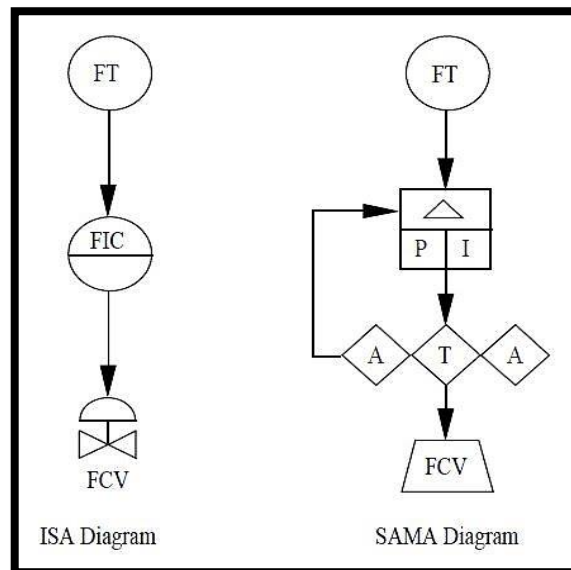
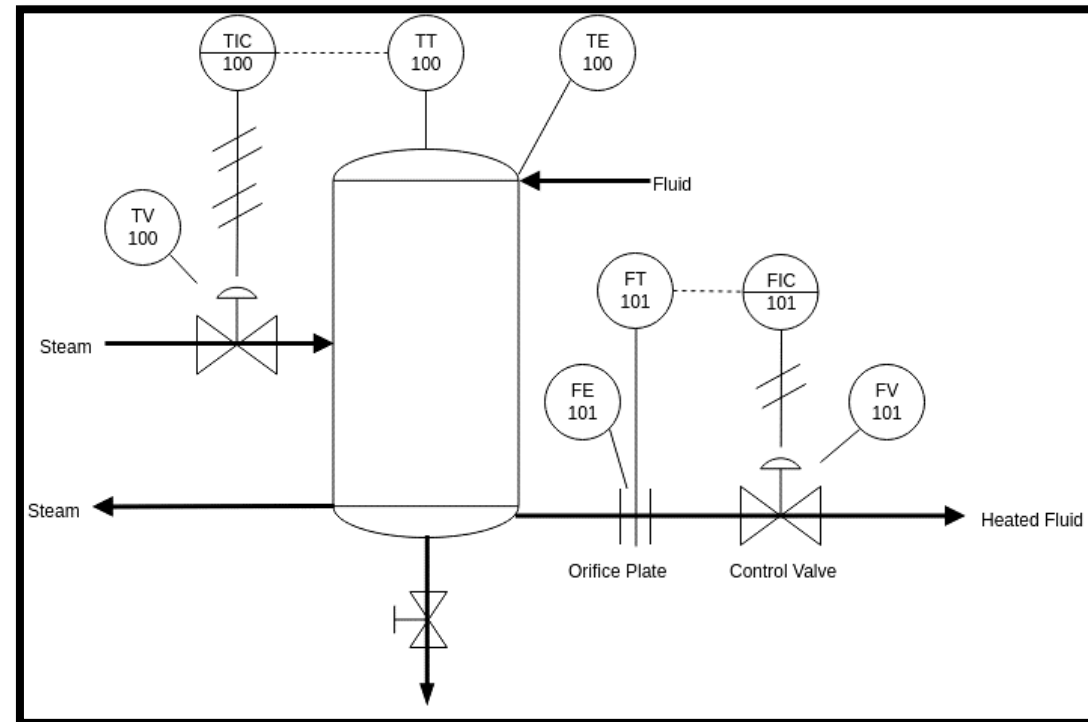
Reglamentación específica

- ANSI/ISA-S5.1 (Identificación y símbolos de instrumentación)
- ANSI/ISA-S5.2 (Diagramas lógicos binarios para operaciones de procesos)
- ISA-S5.3 (Símbolos gráficos para control distribuido, sistemas lógicos y computarizados)
- ANSI/ISA-S5.4 (Diagramas de lazo de instrumentación)
- ANSI/ISA-S5.5 (Símbolos gráficos para visualización de procesos)



Reglamentación específica

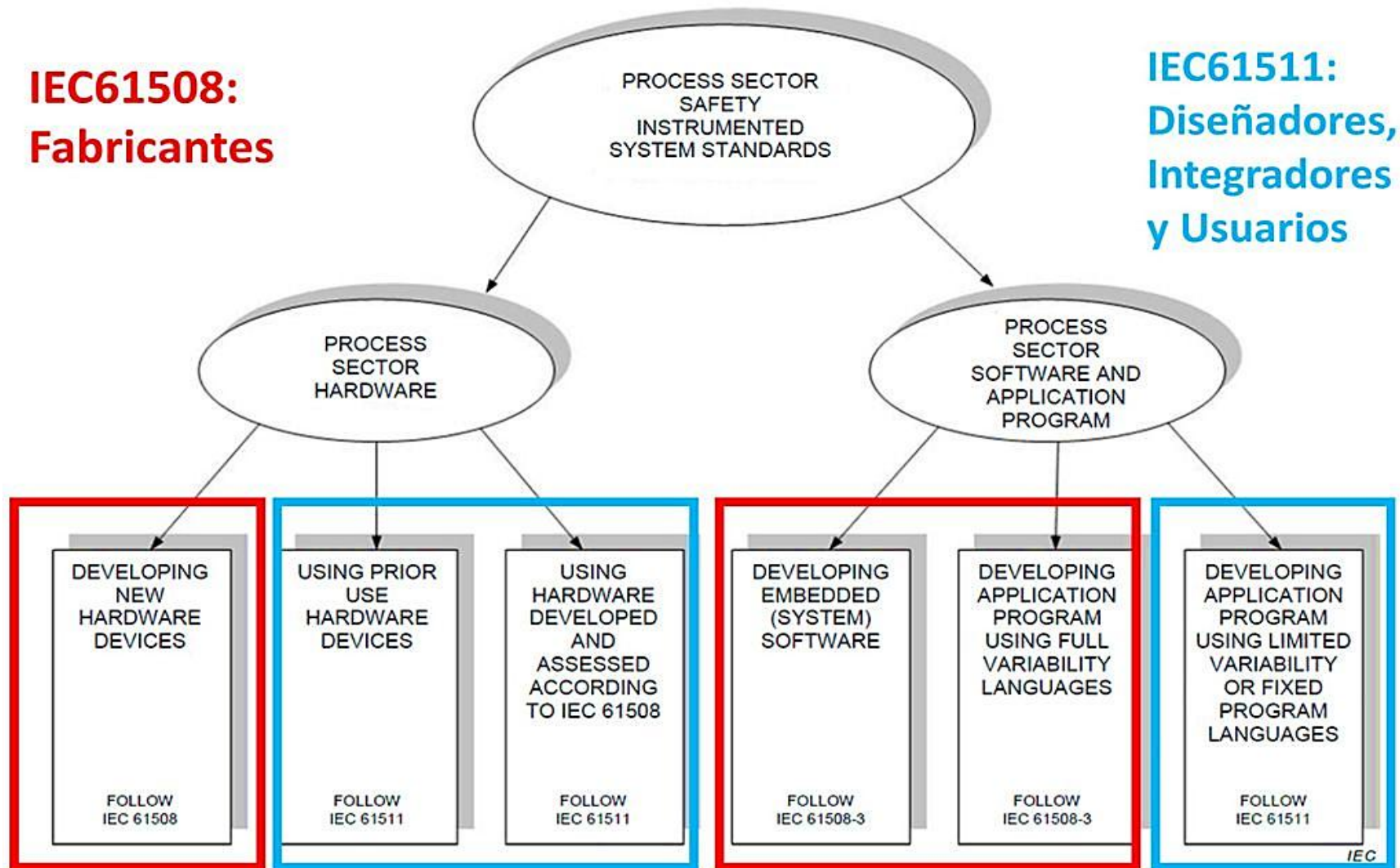
- ANSI/ISA-S5.1 (Identificación y símbolos de instrumentación)
- ANSI/ISA-S5.2 (Diagramas lógicos binarios para operaciones de procesos)
- ISA-S5.3 (Símbolos gráficos para control distribuido, sistemas lógicos y computarizados)
- ANSI/ISA-S5.4 (Diagramas de lazo de instrumentación)
- ANSI/ISA-S5.5 (Símbolos gráficos para visualización de procesos)



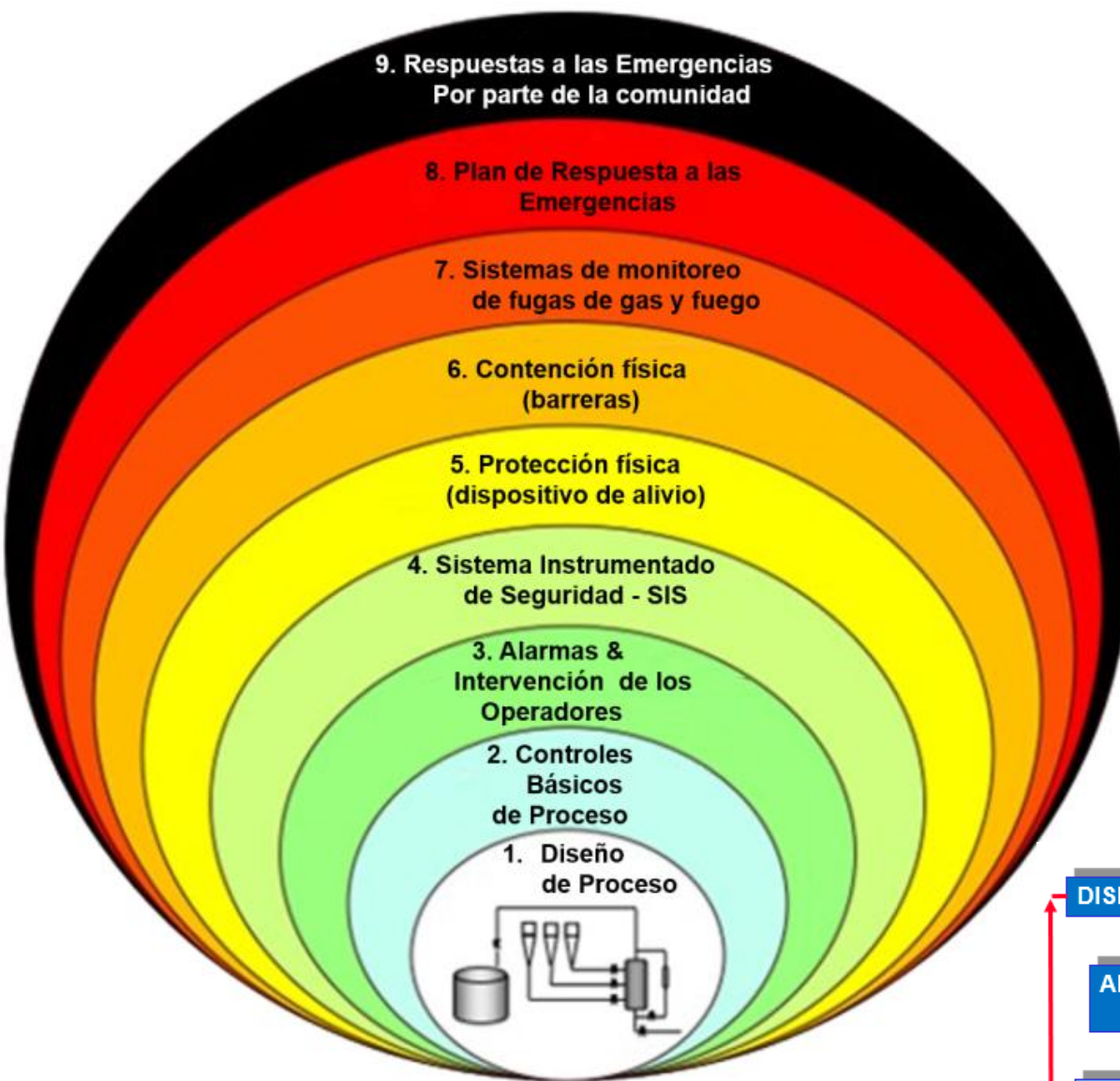
Estándares de Seguridad en Instrumentación Industrial

Sistema Instrumentado Seguro (SIS), tiene como propósito evitar o reducir riesgos y cuando se viola las condiciones normales de operación debe llevar el proceso a un estado seguro (SIF, Safety Instrumented Functions).

Estas funciones de seguridad pueden ser implementadas por medios Eléctricos, Electrónicos o de Programación Electrónica (E/E/PE) bajo Niveles SIL ("Safety Integrity Level").



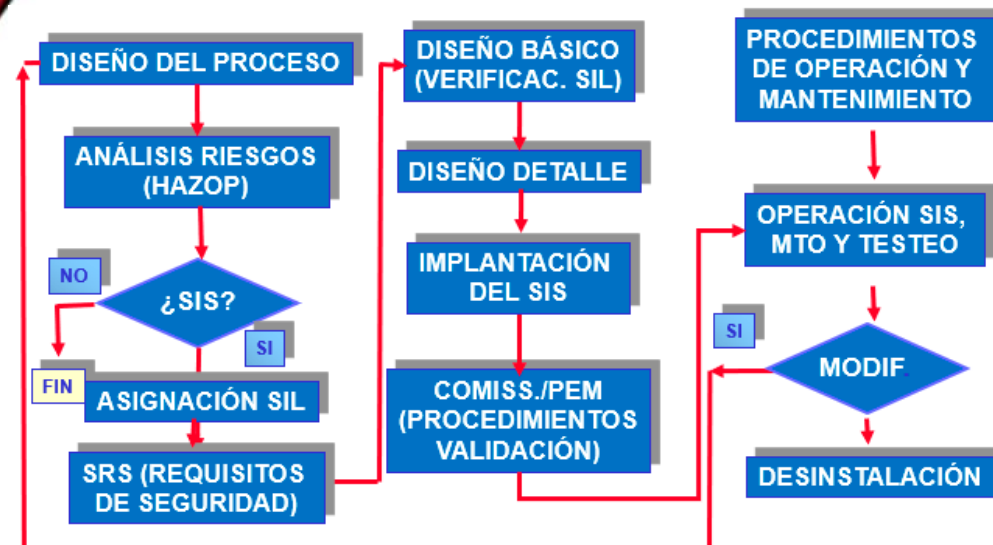
Estándares de Seguridad en Instrumentación Industrial



Método de Análisis por Capas de Protección (LOPA, Layer of Protection Analysis):

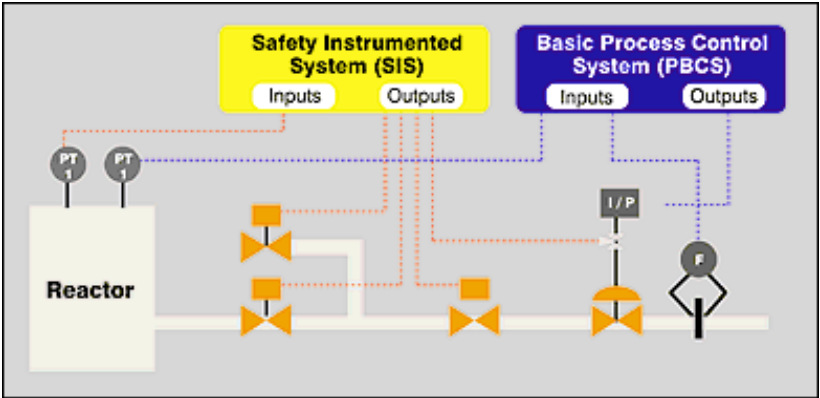
Es reconocido por la IEC 61508 y la IEC 61511 como uno de los métodos recomendados para establecer el nivel de integridad de seguridad objetivo (SIL) para una función instrumentada de seguridad (SIF)

Ciclo de vida de un SIS



Estándares de Seguridad en Instrumentación Industrial

Método cualitativo simple para definir el Nivel SIL necesario



Punto de partida para la estimación de riesgos

		W ₃	W ₂	W ₁
Ca		a	-	-
		1	a	-
Cb	Aa	2	1	a
	Ab	3	2	1
Cc	Aa	4	3	2
	Ab	b	4	3

a: sin requisitos especiales de seguridad
b: no basta un único SIS
1, 2, 3, 4: Safety Integrity Level (SIL)

Grado de los daños	
Ca	Lesiones leves de una persona, pequeños daños medioambientales
Cb	Lesiones graves o muerte de una persona
Cc	Muerte de varias personas
Cd	Muerte de muchas personas

Duración de la estancia de una persona en la zona peligrosa	
Aa	Ocasional a frecuente
Ab	Frecuente a permanente

Eliminación del peligro	
Ga	Posible en determinadas condiciones
Gb	Apenas posible

Probabilidad de ocurrencia	
W ₁	Muy reducida
W ₂	Reducida
W ₃	Relativamente alta



SIL	PFD	Fallo máx. aceptado del SIS
SIL 1	$\geq 10^{-2}$ a $< 10^{-1}$	un fallo peligroso en 10 años
SIL 2	$\geq 10^{-3}$ a $< 10^{-2}$	un fallo peligroso en 100 años
SIL 3	$\geq 10^{-4}$ a $< 10^{-3}$	un fallo peligroso en 1.000 años
SIL 4	$\geq 10^{-5}$ a $< 10^{-4}$	un fallo peligroso en 10.000 años



Universidad Nacional de Misiones



Facultad de **Ingeniería**
O B E R A