

ING. RODOLFO ORTEGA

# METROLOGIA

# CONTENIDO

1. Sistema Internacional de Unidades
2. Desarrollo de la Metrología
3. Aspectos de la Metrología
4. Patrones
5. Gestión del sistema metrológico
6. Realizando Buenas Mediciones
7. Instrumentos de Medición: Masa y balanzas, Longitud, Volumen, temperatura.

# Capítulo 1

## Sistema Internacional de Unidades SI

# SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES - SI

## SIMBOLOS

CUADRADO : UNIDADES DE BASE

## CIRCULO :UNIDADES SUPLEMENTARIAS

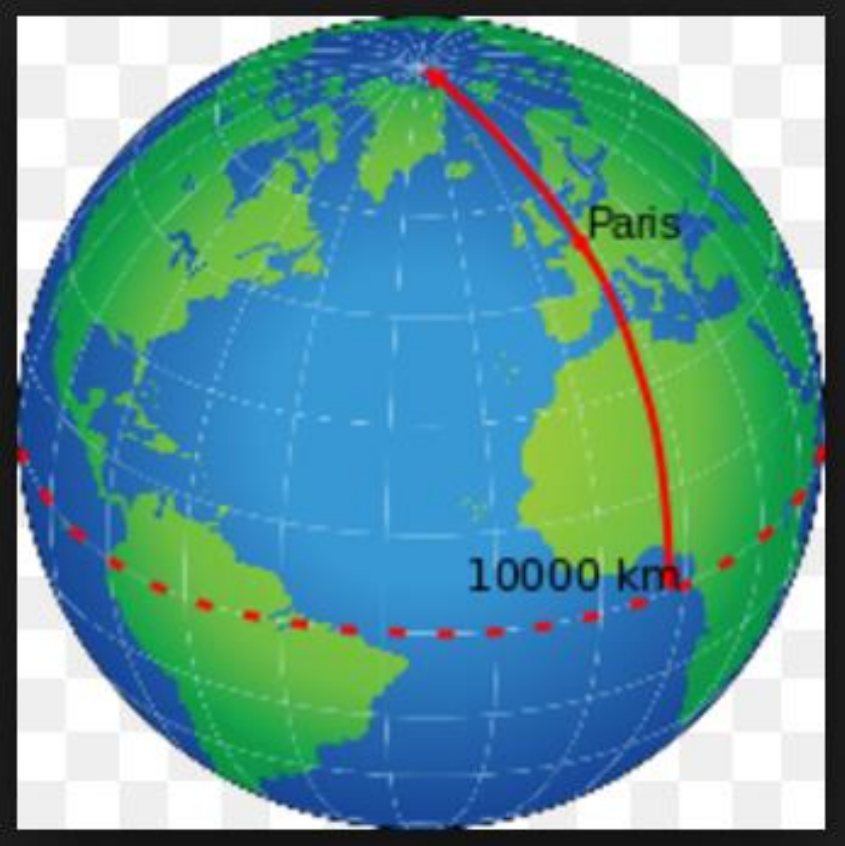
## TRIANGULO : UNIDADES DERIVADAS

## MULTIPLICACION

## DIVISION

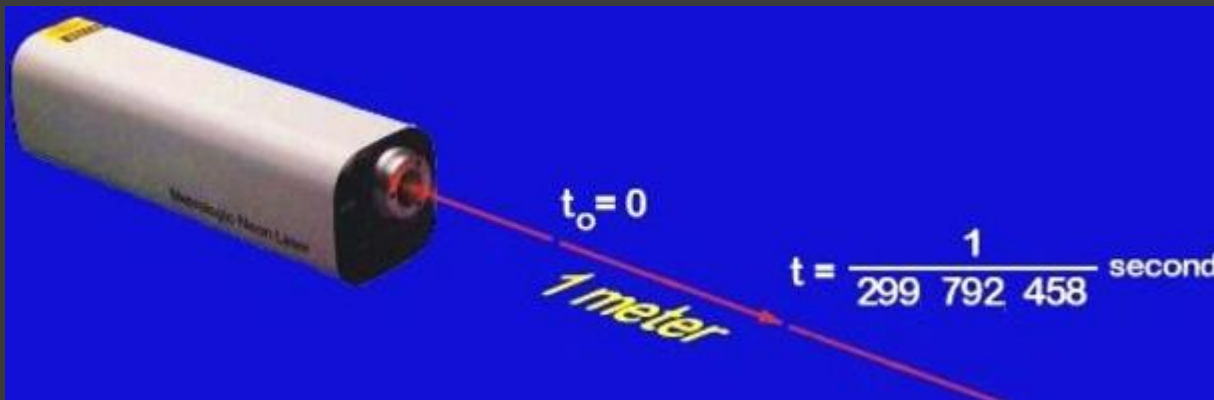
# Unidades básicas del SI (ejemplos)

- **Antigua** definición del metro: es la diezmillonésima parte de la distancia que separa el polo de la línea del ecuador terrestre, a través de la superficie terrestre



# Unidades básicas del SI (ejemplos)

- Definición **Actual** del metro: es la longitud recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de: **0,000 000 003 335 640 95 s**



- Ya que la velocidad de la luz es:



# SI Unidades Básicas

## COURANT ÉLECTRIQUE



- **Constante** : charge élémentaire
- **Symbole** :  $e$
- **Valeur numérique** :  $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$
- **Unité** : C

## TEMPS



- **Constante** : fréquence de la transition hyperfine du césium
- **Symbole** :  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$
- **Valeur numérique** : 9 192 631 770
- **Unité** : Hz

## TEMPÉRATURE THERMODYNAMIQUE



- **Constante** : constante de Boltzmann
- **Symbole** :  $k$
- **Valeur numérique** :  $1,380\,649 \times 10^{-23}$
- **Unité** : J K<sup>-1</sup>

# SI Unidades Básicas

## LONGUEUR



- **Constante** : vitesse de la lumière dans le vide
- **Symbole** :  $c$
- **Valeur numérique** : 299 792 458
- **Unité** :  $\text{m s}^{-1}$

## QUANTITÉ DE MATIÈRE



- **Constante** : constante d'Avogadro
- **Symbole** :  $N_A$
- **Valeur numérique** :  $6,022\,140\,76 \times 10^{-23}$
- **Unité** :  $\text{mol}^{-1}$

## MASSE



- **Constante** : constante de Planck
- **Symbole** :  $h$
- **Valeur numérique** :  $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$
- **Unité** :  $\text{J s}$

## INTENSITÉ LUMINEUSE



- **Constante** : efficacité lumineuse
- **Symbole** :  $K_{\text{cd}}$
- **Valeur numérique** : 683
- **Unité** :  $\text{lm W}^{-1}$



# Unidades derivadas del SI con nombre propio

Una magnitud derivada es es cada una de las magnitudes definidas en función de las magnitudes básicas de ese sistema.

Magnitud	Nombre	Símbolo	Expresión en otras unidades SI	Expresión en unidades SI básicas
Frecuencia	hertz	Hz		$s^{-1}$
Fuerza	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Presión	pascal	Pa	$N \cdot m^{-2}$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energía, trabajo, cantidad de calor	joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Potencia	watt	W	$J \cdot s^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Cantidad de electricidad carga eléctrica	coulomb	C		$s \cdot A$
Potencial eléctrico fuerza electromotriz	volt	V	$W \cdot A^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Resistencia eléctrica	ohm	$\Omega$	$V \cdot A^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Capacidad eléctrica	farad	F	$C \cdot V^{-1}$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Flujo magnético	weber	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Inducción magnética	tesla	T	$Wb \cdot m^{-2}$	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Inductancia	henry	H	$Wb \cdot A^{-1}$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$

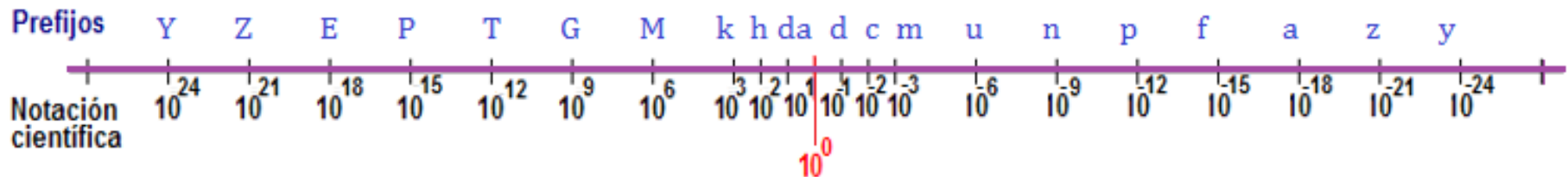
# Prefijos del SI

10 <sup>n</sup>	Prefijo	Símbolo	Equivalencia decimal
10 <sup>24</sup>	yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10 <sup>21</sup>	zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000
10 <sup>18</sup>	exa	E	1 000 000 000 000 000 000
10 <sup>15</sup>	peta	P	1 000 000 000 000 000
10 <sup>12</sup>	tera	T	1 000 000 000 000
10 <sup>9</sup>	giga	G	1 000 000 000
10 <sup>6</sup>	mega	M	1 000 000
10 <sup>3</sup>	kilo	k	1 000
10 <sup>2</sup>	hecto	h	100
10 <sup>1</sup>	deca	da	10
10 <sup>0</sup>	-	-	1
10 <sup>-1</sup>	deci	d	0,1
10 <sup>-2</sup>	centi	c	0,01
10 <sup>-3</sup>	mili	m	0,001
10 <sup>-6</sup>	micro	μ	0,000 001
10 <sup>-9</sup>	nano	n	0,000 000 001
10 <sup>-12</sup>	pico	p	0,000 000 000 001
10 <sup>-15</sup>	fernto	f	0,000 000 000 000 001
10 <sup>-18</sup>	atto	a	0,000 000 000 000 000 001
10 <sup>-21</sup>	zepto	z	0,000 000 000 000 000 000 001
10 <sup>-24</sup>	yocto	y	0,000 000 000 000 000 000 000 001

# Conversión de unidades de SI con diferentes prefijos

- Para convertir un prefijo más grande a uno más pequeño, el número original debe ser aumentado moviendo el separador decimal a la derecha.
- Para convertir un prefijo más pequeño a uno más grande, el número original debe ser disminuido moviendo el separador decimal a la izquierda.
- La diferencia algebraica en los exponentes indica el número de lugares decimales.

**Escala representativa de prefijos del SI**



# USO DE REGLA DE TRES

- Se basa en el previo conocimiento de una relación numérica para determinar una nueva relación numérica, por ejemplo:

- Se sabe que una docena equivale a doce unidades:

$$1 \text{ Docena} = 12 \text{ Unidades}$$

- Sabiendo esto nos podemos hacer cualquier pregunta basada en esta relación, por ejemplo ¿Cuántas unidades son una docena y media?

Para esto planteamos la regla de tres:

$$1 \text{ Docena} \rightarrow 12 \text{ Unidades}$$

$$1,5 \text{ Docenas} \rightarrow ? \text{ Unidades}$$

- Para resolverlo se multiplican los valores en diagonal y se divide por el valor que falta:

$$\underline{1,5 \text{ Docenas} \times 12 \text{ Unidades}}$$

$$1 \text{ Docena}$$

- Esto nos da 18 Unidades

# Reglas de escritura del SI

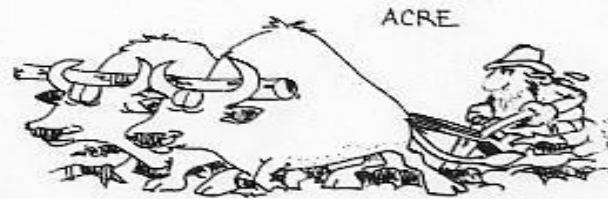
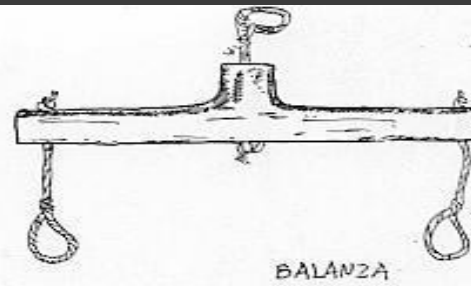
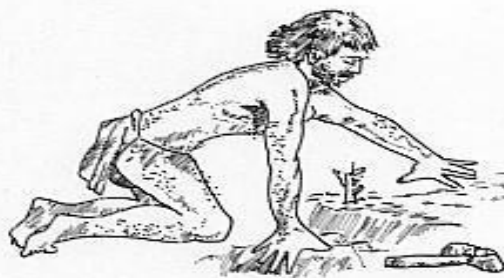
- Los valores de las unidades van espaciadas: ejemplo incorrecto 50kg, ejemplo correcto 50 kg.
- El separador decimal es la coma (,) o el punto (.)
- Los números se separan cada tres dígitos: ejemplo 1 000 000,000 s
- Cuando las unidades se escriban con la palabra no se debe iniciar con mayúscula: ejemplo incorrecto 10 Kelvin, ejemplo correcto 10 kelvin
- Escritura de fecha: (año-mes-día) 2019-11-20
- Escritura de hora: (h:min:s) 17:20:36

# Capítulo 2

## Desarrollo de la Metrología

# Introducción

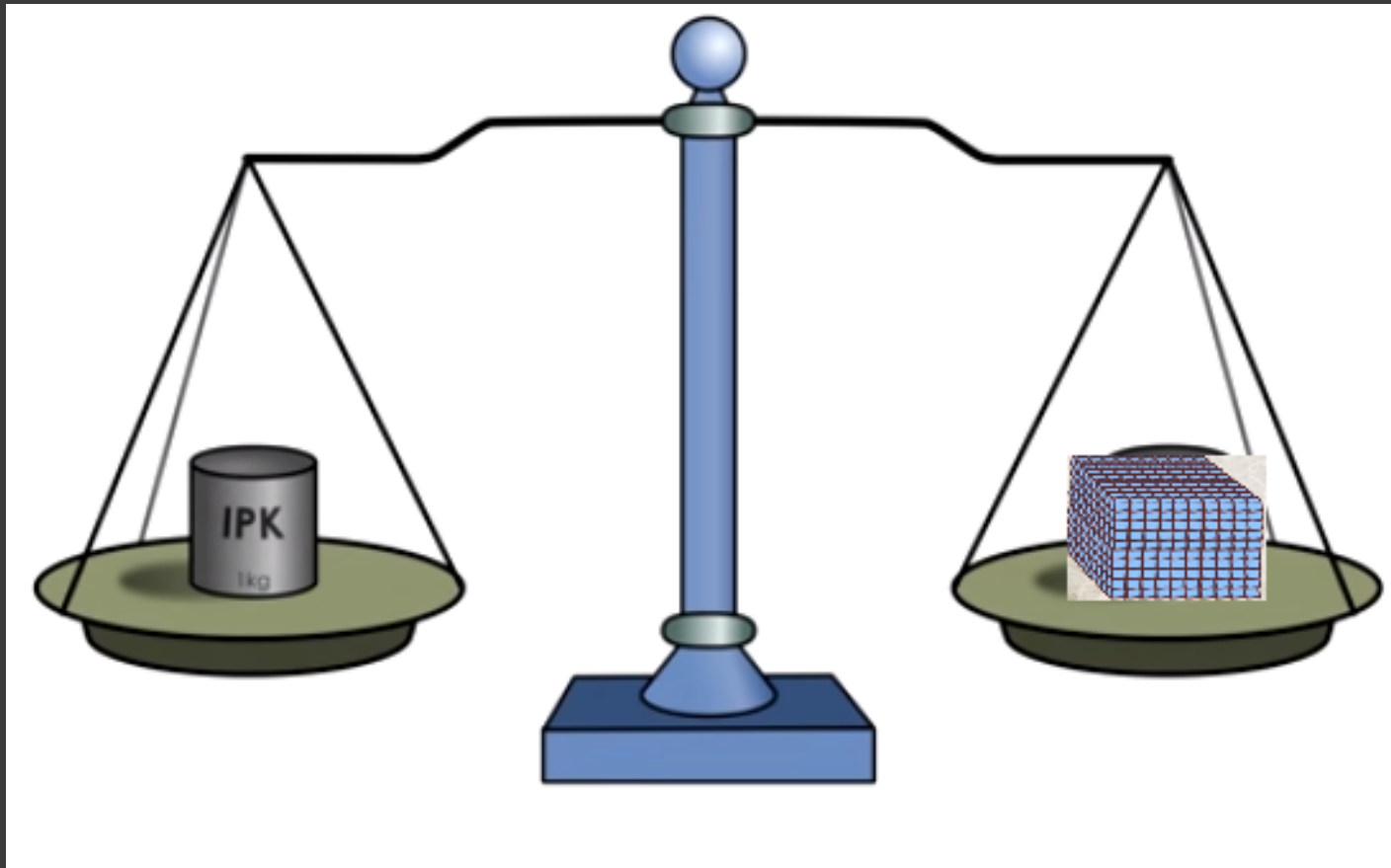
- Desde hace muchos años se han establecido unidades de medida para facilitar las mediciones que se realizan en el mundo, en magnitudes tales como la longitud, el tiempo, la temperatura, etc.
- Dichas magnitudes han sido trabajadas en diferentes unidades, tal es el caso de la longitud, la cual se ha medido en metros, millas, pulgadas, yardas, etc.
- Para facilitar el intercambio comercial entre regiones, países, etc., se pensó en unificar las unidades de cada magnitud, es así como el **SI** estableció el sistema en base diez y un conjunto de unidades correlacionadas. En nuestro ejemplo la unidad de longitud del SI es el metro.



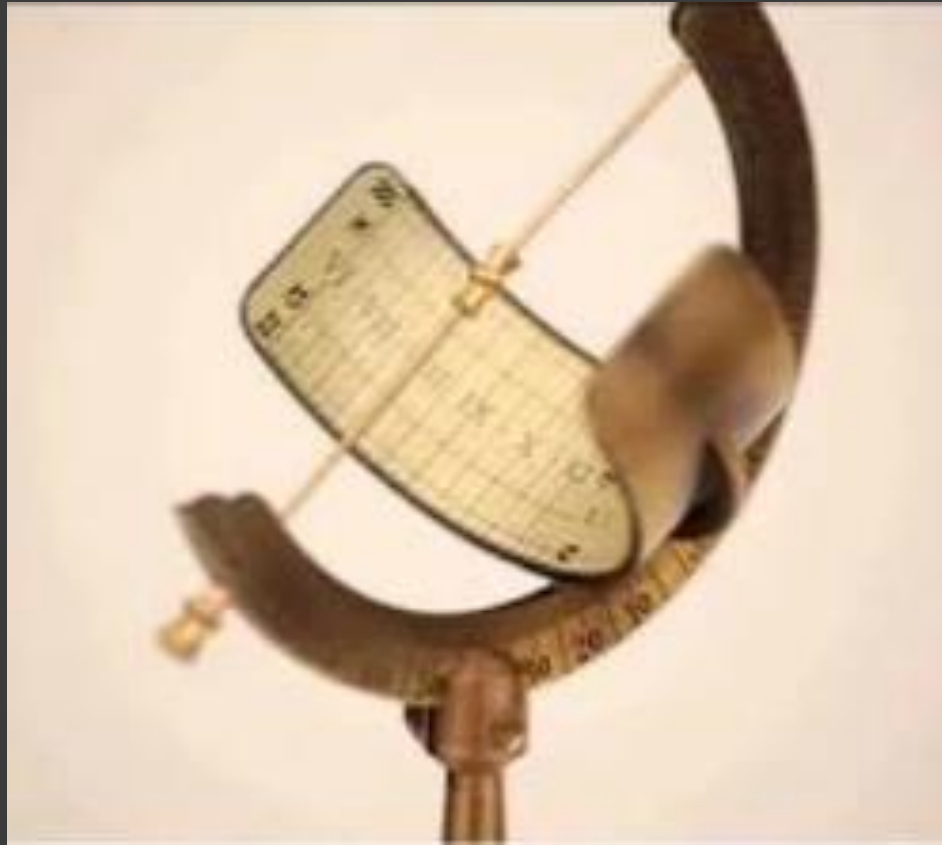
$1 \text{ m} =$   
 39.37008 Inch  
 3.28084 Foot  
 1.09361 Yard



# Medición de Masa



# Medición de Tiempo

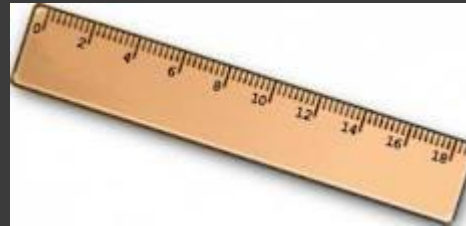
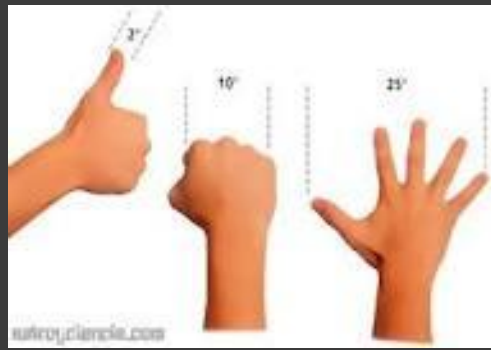


# Que es Metrología según el VIM

## “Vocabulario Internacional de Metrología”

Ciencia de las mediciones y sus aplicaciones

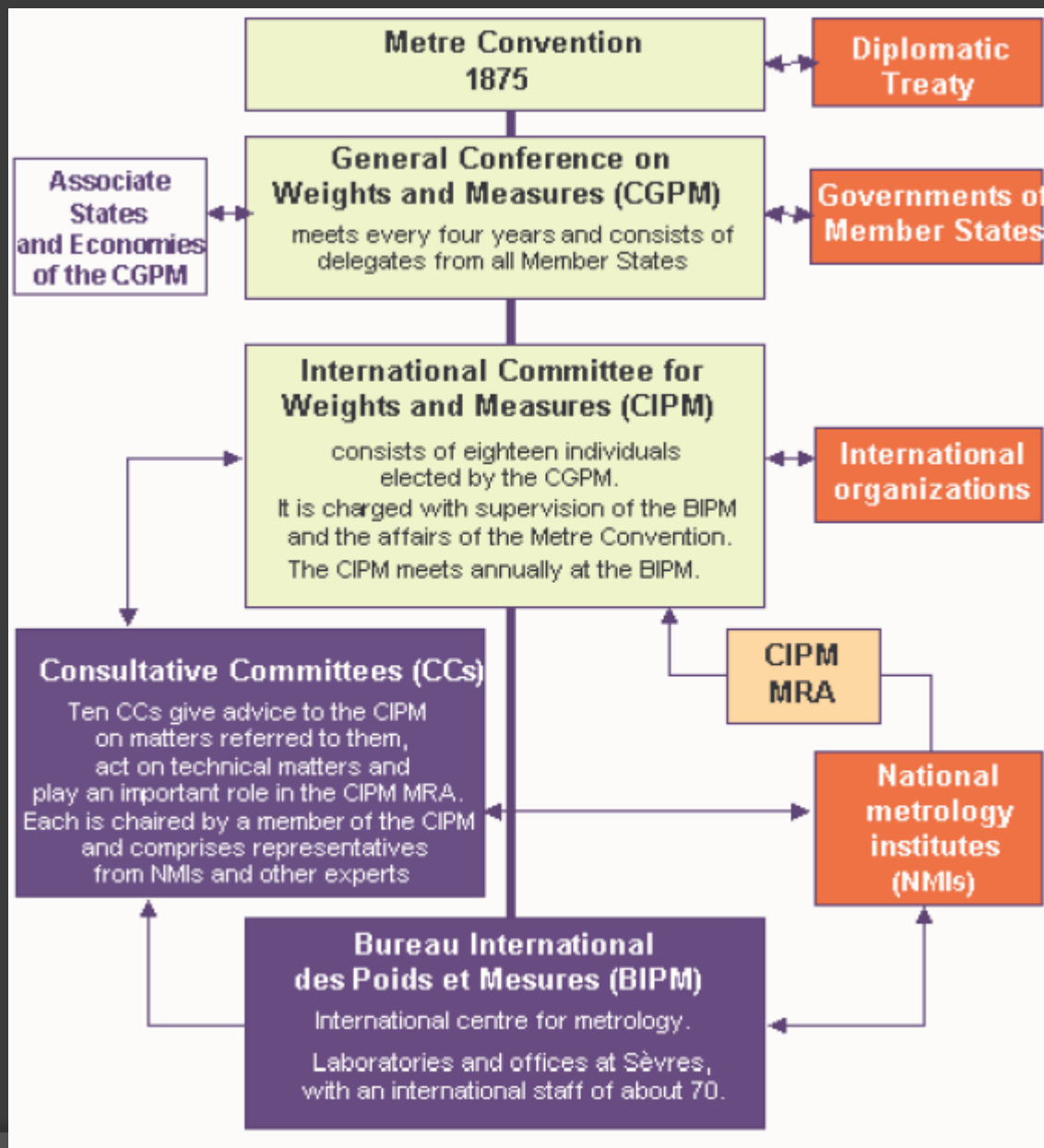
- NOTA: La metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su **incertidumbre de medida** y su campo de aplicación.



- Longitudes corporales
- Longitudes materializadas
- Instrumento medidor
- Patrón Primario de medida

# Conferencia General de Pesas y Medidas

- La Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) es el órgano de decisión de la Convención del Metro. Tiene a su cargo el tomar decisiones en materia de metrología y, en particular, lo que concierne al Sistema Internacional de Unidades. Al igual la Convención del Metro, fue creada en 1875.
- Se integra con los delegados de los Estados miembros de la Convención del Metro y los Estados asociados, y se reúne cada años. La primera conferencia tuvo lugar en 1889, y las dos últimas en marzo de 2019 y octubre de 2019 (108). Las reuniones se llevan a cabo en la instalaciones de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas ubicadas en el suburbio de Sèvres, París.
- Para realizar la conferencia los delegados se basan en los informes del Comité Internacional de Pesos y Medidas



# Tipos de metrología

- ⦿ La metrología según su nivel de aplicación se ha dividido en tres tipos:
  - Metrología científica:
  - Metrología industrial:
  - Metrología legal:

# Metrología científica:

- investiga los métodos y los procedimientos aplicados en una medición, teniendo en cuenta los mejores patrones de medición con los cuales se alcanza la mejor exactitud en cada una de las magnitudes.



# Metrología industrial

- aplica en los procesos productivos las técnicas de la medición.



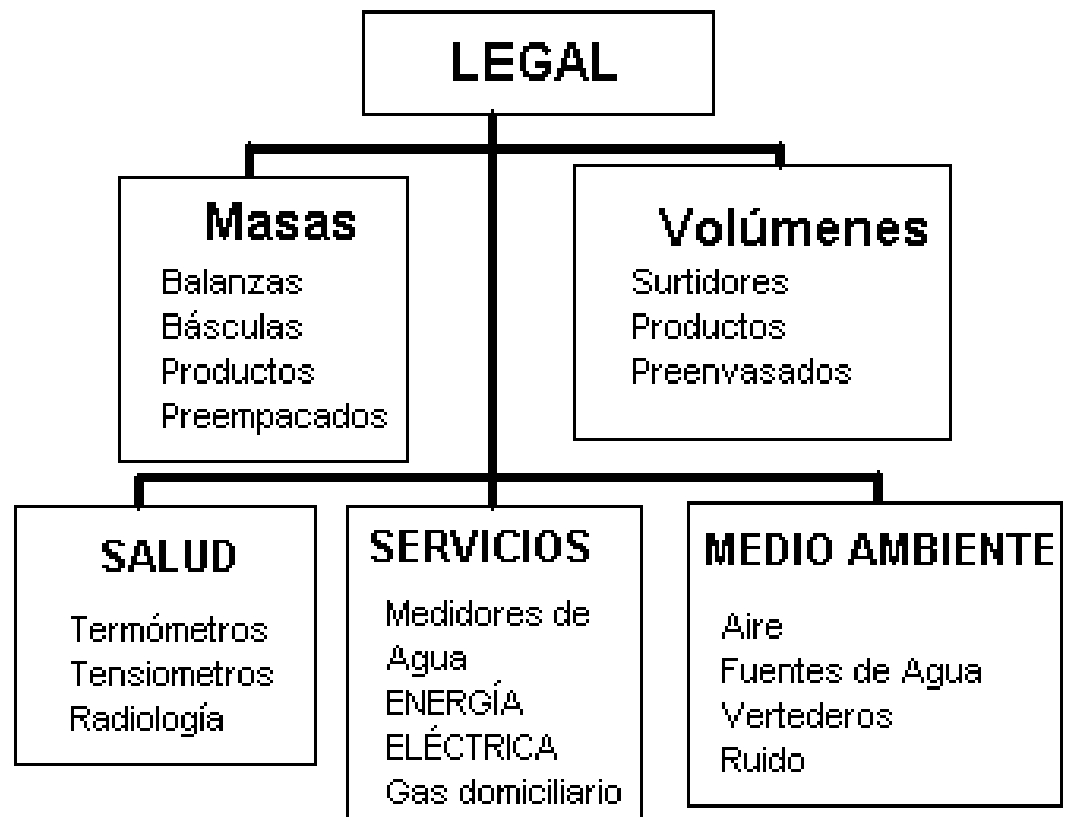
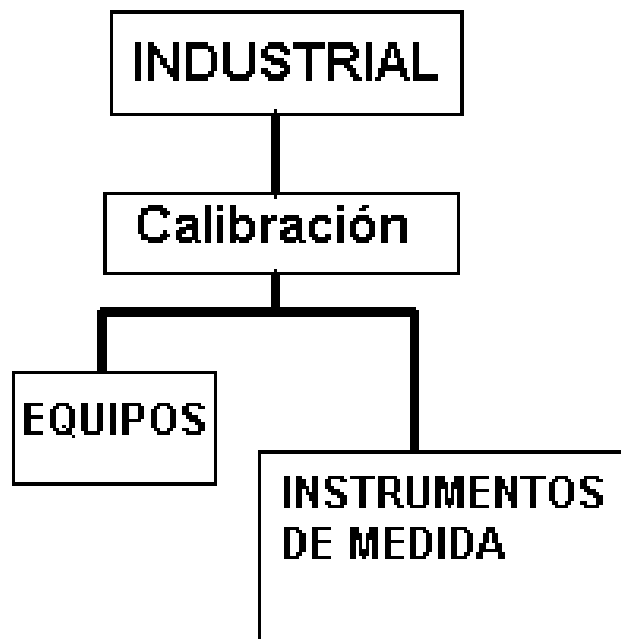


# Metrología legal

- se encarga de la protección del consumidor, estableciendo reglas para la relación industria - comercio o usuario-servicio. Esta se encuentra a cargo del estado y compromete aspectos de la medición en Salud, Medio ambiente y Transacciones comerciales.



# METROLOGÍA



# La Metrología en la Calidad Nacional

- La metrología hace parte del subsistema nacional de la calidad SNCA.
- El SNCA tiene como objetivos fundamentales promover en los mercados, la seguridad, la calidad, la confianza, la productividad y la competitividad de los sectores productivo e importador de bienes y servicios, y proteger los intereses de los consumidores, en los asuntos relativos a procesos, productos y personas.

# SICAL (Propósito)

SEGURIDAD



CALIDAD



CONFIANZA



MINCOMERCIO  
INDUSTRIA Y TURISMO

INTERESES DE LOS  
CONSUMIDORES



ACCESO A  
MERCADOS



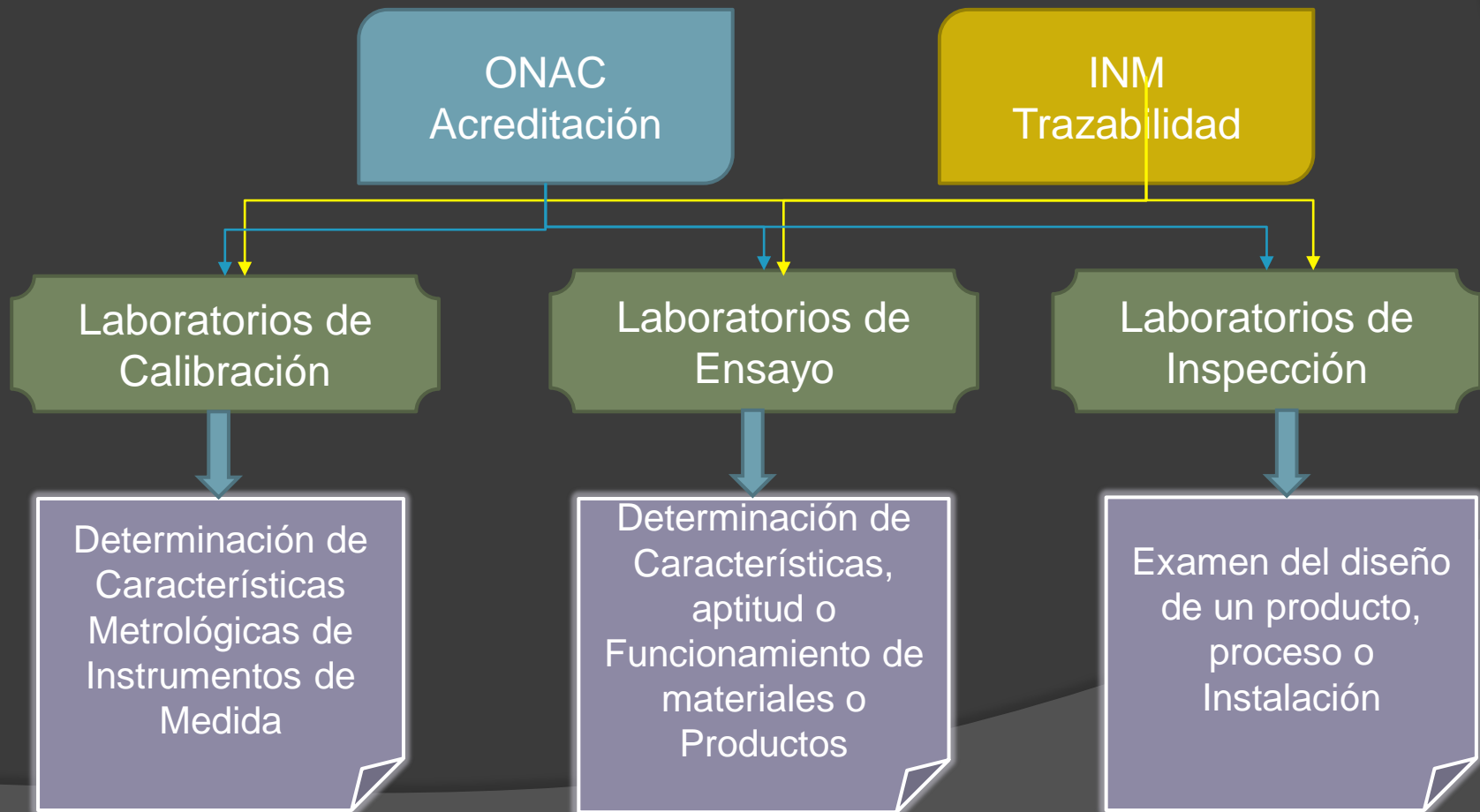
INTERCAMBIO  
COMERCIAL



# Subsistema Nacional de la Calidad SICAL



# RED de Laboratorios





# Autoridades Internacionales relativas al SNCA



International Organization  
for Standardization  
Chemin de Blandonnet 8  
CP 401  
1214 Vernier, Geneva  
Switzerland  
<http://www.iso.org/>



Oficina  
Internacional de  
Pesas y Medidas  
12bis Grande Rue,  
F-92310 Sèvres  
<http://www.bipm.org>

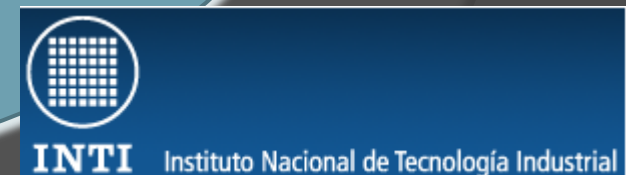


International  
Laboratory  
Accreditation  
Cooperation  
The ILAC Secretariat 7  
Leeds Street Rhodes  
NSW 2138 Australia  
<http://ilac.org>



Organización  
Internacional de  
Metrología Legal  
BIML - 11, rue Turgot -  
75009 Paris – France  
[www.oiml.org](http://www.oiml.org)

# Institutos Nacionales de Metrología





# Capítulo 3

## Aspectos Metrológicos

# VIM. Exactitud de medida

Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando

NOTA: El concepto “exactitud de medida” no es una magnitud y no se expresa numéricamente. Se dice que una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida.



# VIM. Instrumento de medición

Dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos suplementarios

- ⦿ NOTA 1 — Un instrumento de medida que puede utilizarse individualmente es un sistema de medida.
- ⦿ NOTA 2 — Un instrumento de medida puede ser un instrumento indicador o una medida materializada .



# VIM. Intervalo de indicaciones (Rango)

- Conjunto de valores comprendido entre las dos indicaciones extremas



# Indicación Digital



# VIM. Resolución

Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente



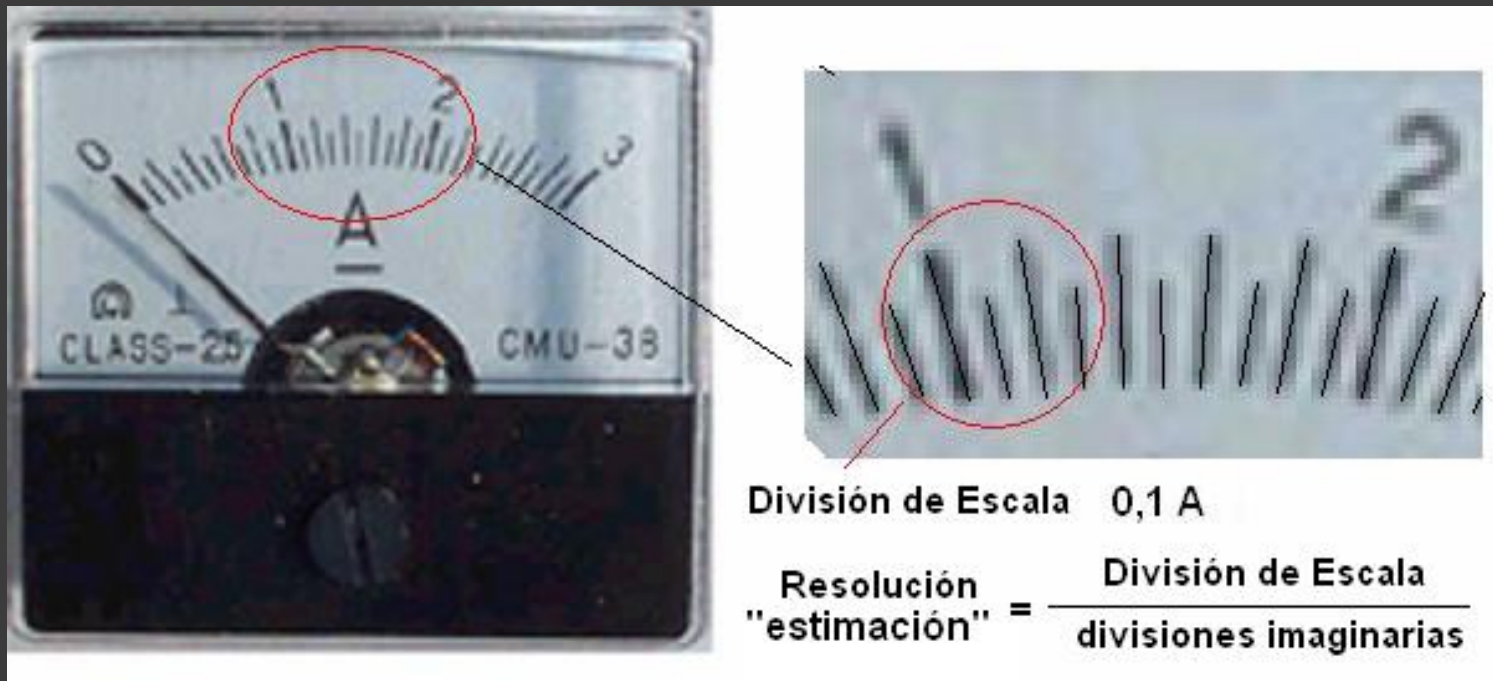


# Indicación Analógica



# VIM - Escala de un instrumento visualizador

Parte de un instrumento visualizador, que consiste en un conjunto ordenado de marcas, eventualmente acompañadas de números o valores de la magnitud.



División de Escala: Valor representado por dos divisiones consecutivas



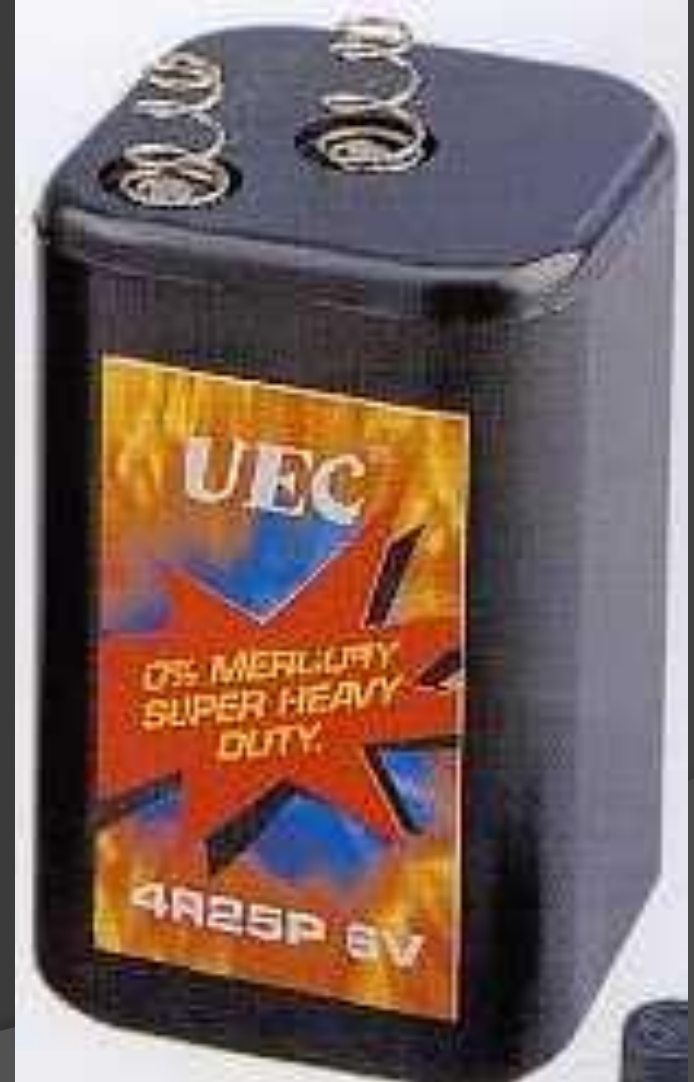
# VIM. Medida materializada

- instrumento de medida que reproduce o proporciona de manera permanente durante su utilización, magnitudes de una o varias naturalezas, cada una de ellas con un valor asignado



# VIM. Valor nominal

- Valor redondeado o aproximado de una magnitud característica de un instrumento o sistema de medida, que sirve de guía para su utilización apropiada
- EJ: Pila de 6 V



# VIM. Error de medida

- ⦿ Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia

Conviene no confundir el error de medida con un error en la producción o con un error humano.

## Ejemplo voltaje de una Pila

Valor nominal = 6 V;

Indicación (valor verdadero)  
= 6,48 V

Error Pila=Indicación-Valor nominal

Error de la Pila = 6,48 V - 6 V

Error de la Pila = 0,48 V



# VIM. Correcciones

- Compensación de un efecto sistemático estimado

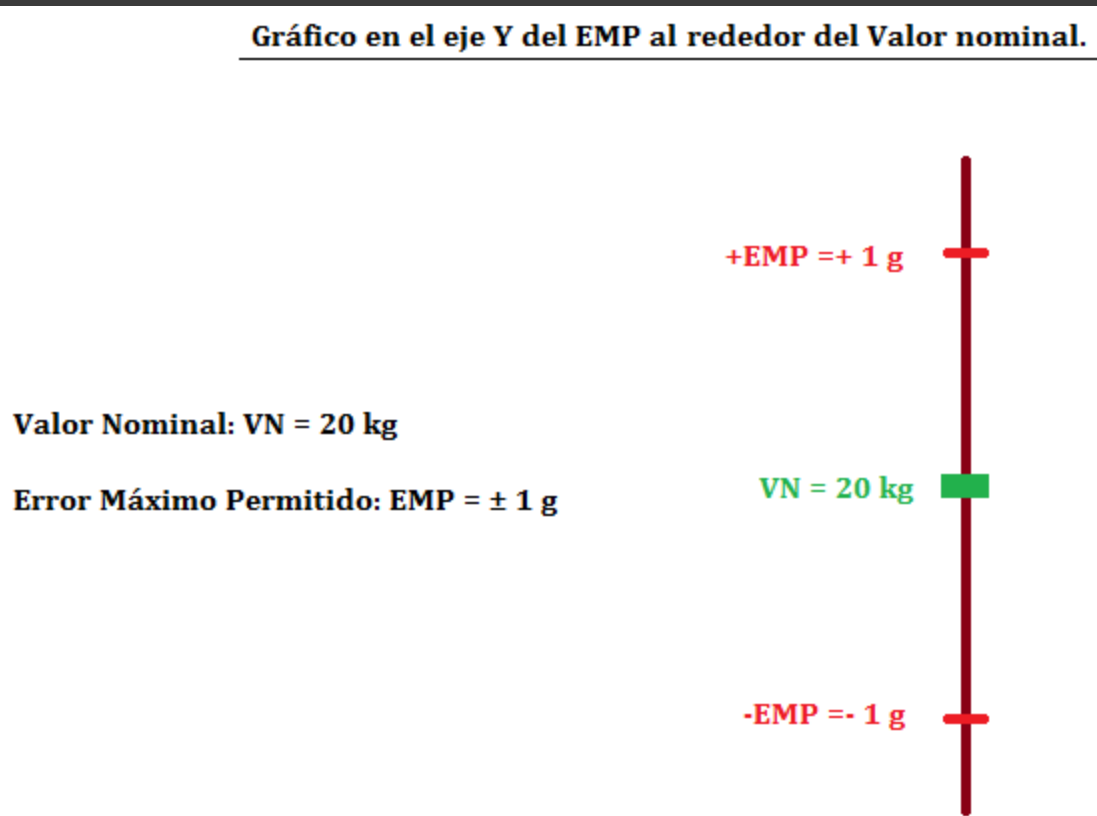
Ejemplo: Corrección = Error \* (-1)



# VIM. Error máximo permitido

Valor extremo del error de medida, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medida dado

Gráfico en el eje Y del EMP al rededor del Valor nominal.



# Ejemplo de EMP en Pesas según la Norma NTC 1848

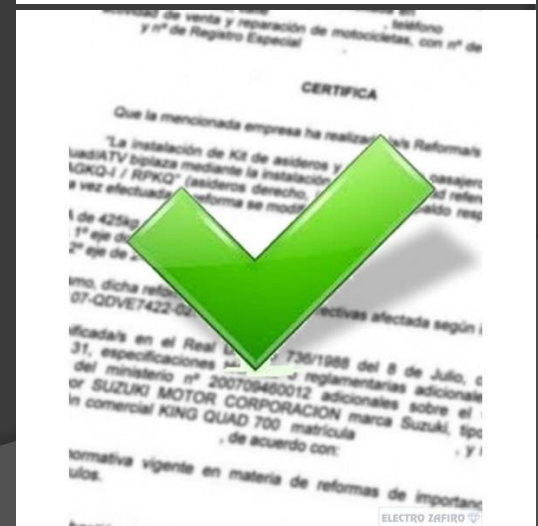
Valor Nominal	errores máximos permitidos en mg						
	Clase E1	Clase E2	Clase F1	Clase F2	Calse M1	Clase M2	Clase M3
50 kg	25	75	250	750	2500	7500	25000
20 kg	10	30	100	300	1000	3000	10000
10 kg	5	15	50	150	500	1500	5000
5 kg	2,5	7,5	25	75	250	750	2500
2 kg	1,0	3,0	10	30	100	300	1000
1 kg	0,5	1,5	5	15	50	150	500
500 g	0,25	0,75	2,5	7,5	25	75	250
200 g	0,1	0,3	1,0	3,0	10	30	100
100 g	0,05	0,15	0,5	1,5	5	15	50
50 g	0,030	0,10	0,30	1,0	3,0	10	30
20 g	0,025	0,080	0,25	0,8	2,5	8	25
10 g	0,020	0,060	0,20	0,6	2	6	20
5 g	0,015	0,050	0,15	0,5	1,5	5	15
2 g	0,012	0,040	0,12	0,4	1,2	4	12
1 g	0,010	0,030	0,10	0,3	1,0	3	10
500 mg	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8	2,5	
200 mg	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6	2,0	
100 mg	0,005	0,015	0,05	0,15	0,5	1,5	
50 mg	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4		
20 mg	0,003	0,010	0,03	0,10	0,3		
10 mg	0,002	0,008	0,025	0,08	0,25		
5 mg	0,002	0,006	0,020	0,06	0,20		
2 mg	0,002	0,006	0,020	0,06	0,20		

# VIM. Calibración

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una

- primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una

- segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.





# Trazabilidad Metrológica





# VIM. Ajuste de un sistema de medida

- ◉ Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir



# Verificación

- Consiste en una comprobación mediante al menos una medición (similar a la calibración) que de evidencia del cumplimiento de un requisito entre calibraciones.



# Capítulo 4

## PATRONES

# PATRONES

- **Patrón** (de medida): Realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia

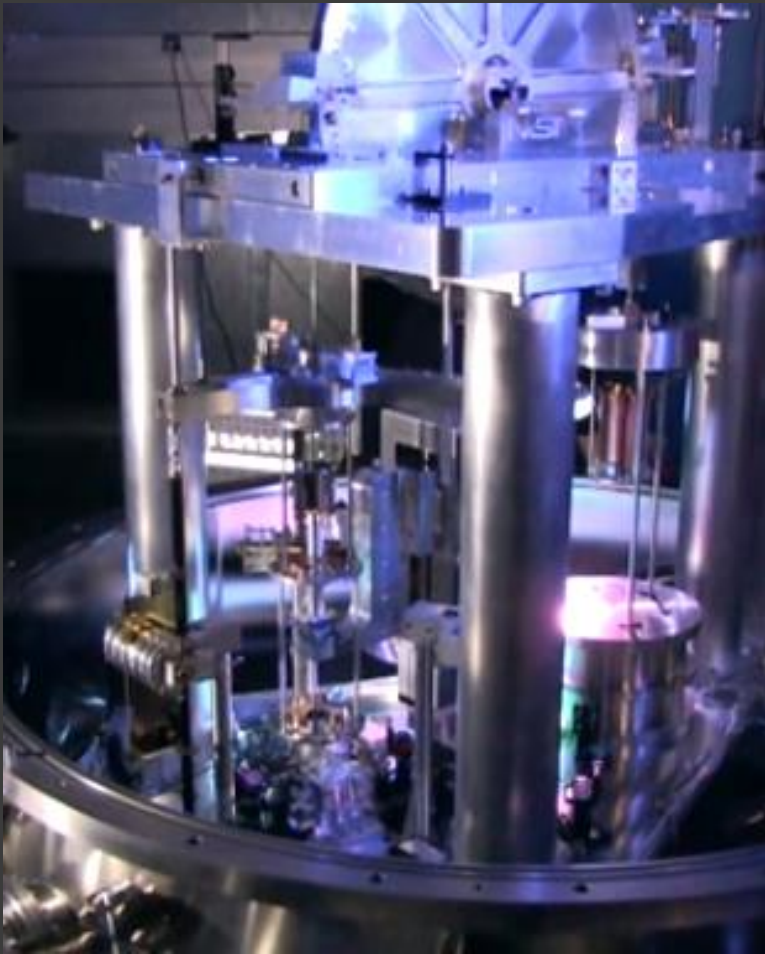


# PATRONES

- **Patrón internacional (de medida):**  
Reconocido por los firmantes de un acuerdo internacional



# PATRONES



- **Patrón primario** (de medida): establecido mediante un procedimiento de medida primario o creado como un objeto, elegido por convenio

# PATRONES

- **Patrón secundario**  
(de medida):  
establecido por  
medio de una  
calibración respecto  
a un patrón primario



# PATRONES

- ⦿ **Patrón (de medida) de referencia:** Designado para la calibración de otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza en una organización o lugar dado





# PATRONES

- **Patrón (de medida) de trabajo:** utilizado habitualmente para calibrar o verificar instrumentos o sistemas de medida



# Capítulo 5

## Gestión del sistema metrológico

# Aplicabilidad Normas ISO

**Compañía**

*ISO 9001*

**Laboratorio**

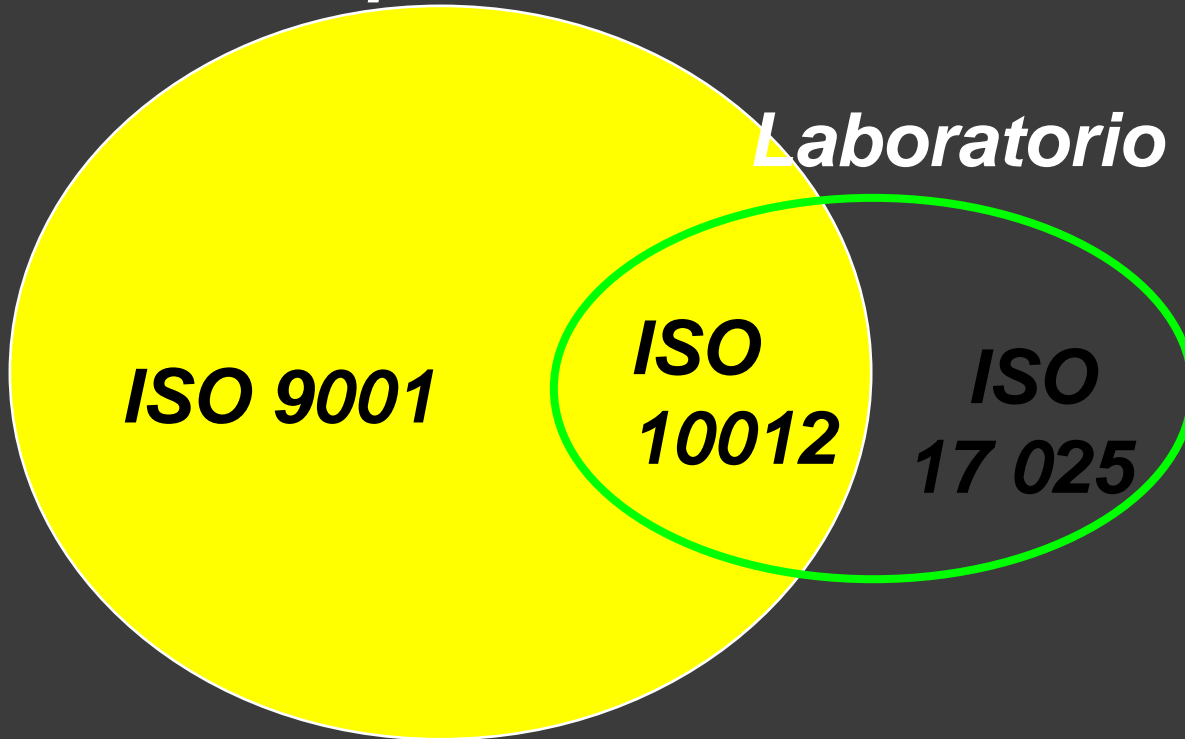
*ISO 10012 :  
requisitos  
metrológicos*

**ISO 9001**

**ISO  
10012**

**ISO  
17 025**

*ISO 17 025:  
Acreditación de  
laboratorios*



# ISO 10012

- ISO 10012 especifica los requisitos genéricos y proporciona orientación para la gestión de los procesos de medición y la confirmación metrológica de los equipos de medición utilizados para respaldar y demostrar el cumplimiento de los requisitos metrológicos.

(ISO 9001 se aplica en su numeral 7.1.5. –Recursos de seguimiento y medición- ISO 14001 se aplica el numeral 9,1 –Seguimiento, Medición, Análisis y Evaluación- ). Siendo un proceso específico.

- Gestionar el Riesgo de que los equipos y procesos de Medición podrían producir resultados incorrectos que afecten la calidad del producto de una organización.

# CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

- Conjunto de operaciones requeridas para asegurarse de que los equipos de medición son conformes con los requisitos correspondientes a uso previsto (alcance, resolución, error máximo permitido).

## Calibración

Cumplimiento de requisitos

Ajuste

reparación

Verificación

Etiquetado

# PROCESO DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

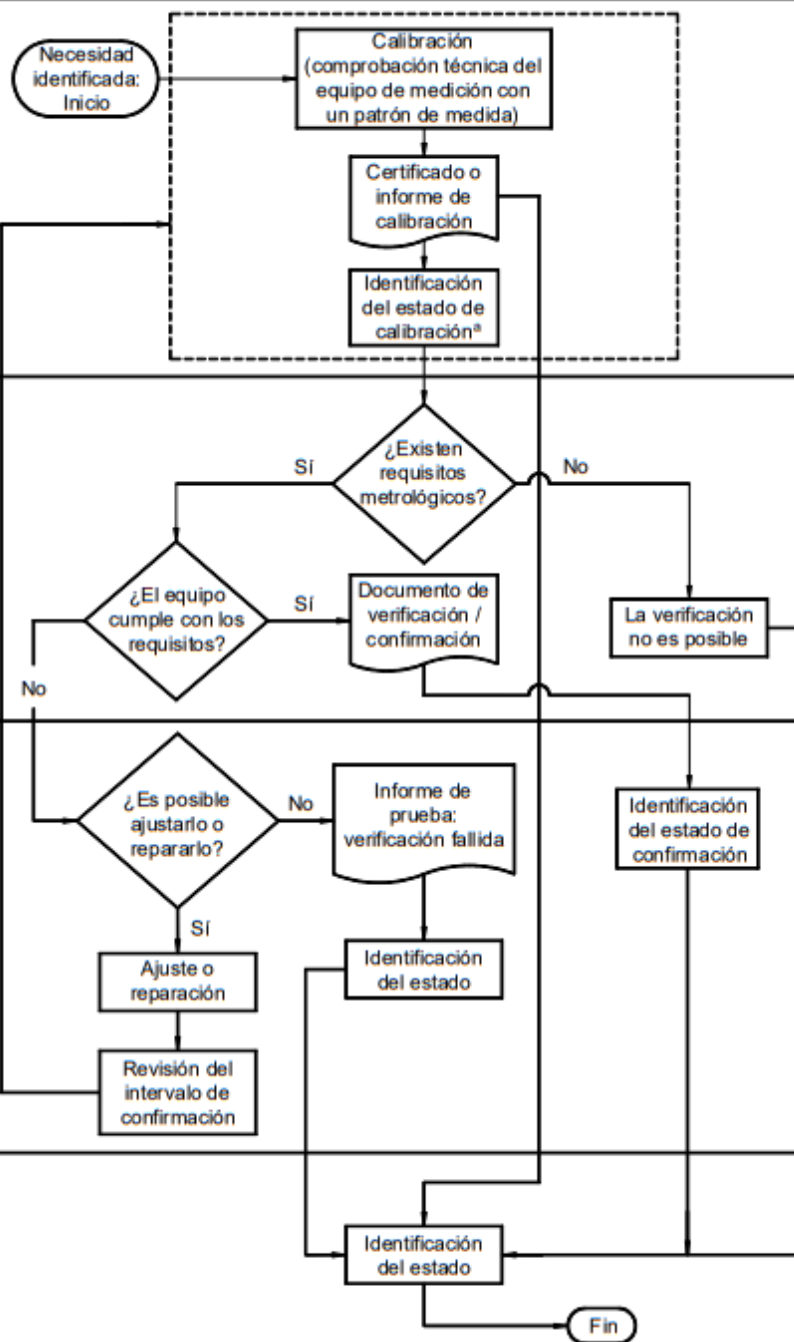
Cliente<sup>b</sup>

Decisiones y acciones

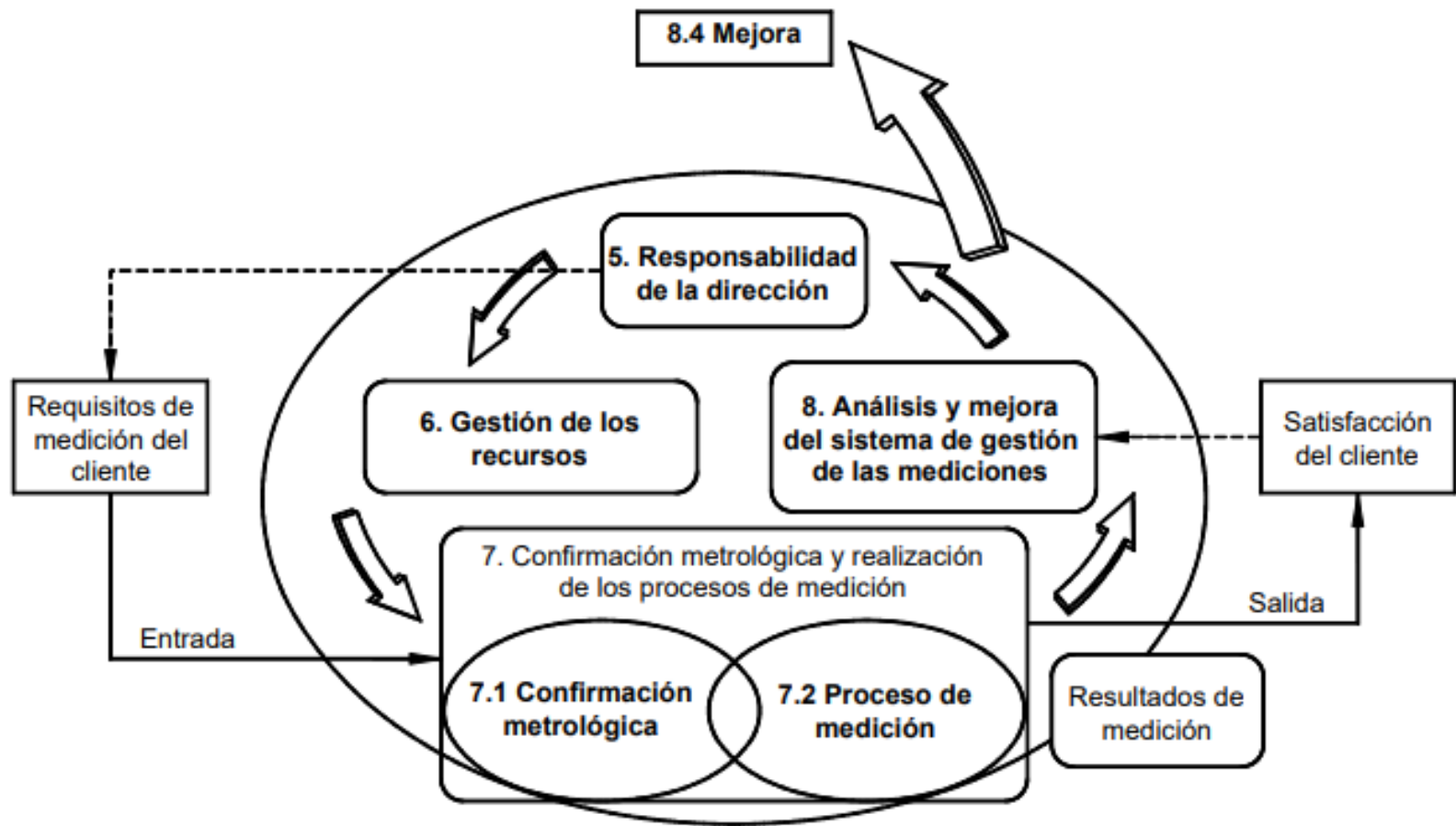
Verificación metrológica

Calibración

Ciclo de calibración



# Modelo del Sistema de Gestión de las Mediciones SGM



# Responsabilidad de la dirección

## Definir la Función Metrológica

- Responsabilidades Administrativas
- Responsabilidades Técnicas
- Definir e implementar el SGM
- Recursos

## Enfoque al Cliente

- Definir lo Requisitos de Medición del Cliente RMC
- Cumplir y demostrar de los RMC

## Objetivos de Calidad

- Plantear objetivos medibles
- Criterios de desempeño objetivos
- Procedimientos de Procesos de medición y su control

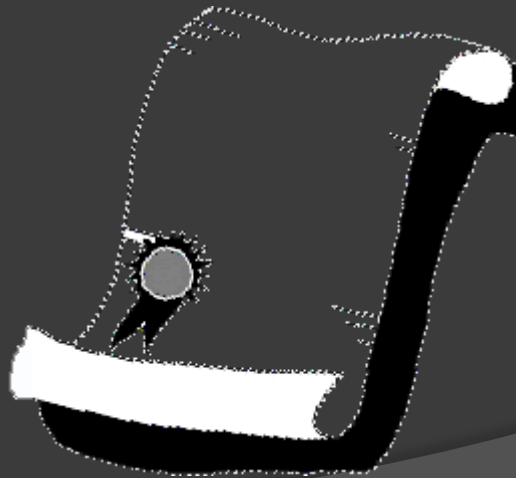
## Revisión por la Dirección

- Revisión sistemática y planificada de SGM
- Asegurar se adecuación, eficacia y conveniencia.
- Registro y uso de los resultados de la Revisión



# Certificado de Calibración o Ensayo

- Documento que evidencia la calibración o ensayo de un ítem, con la información suficiente bajo un sistema de calidad específico.



# Capítulo 6

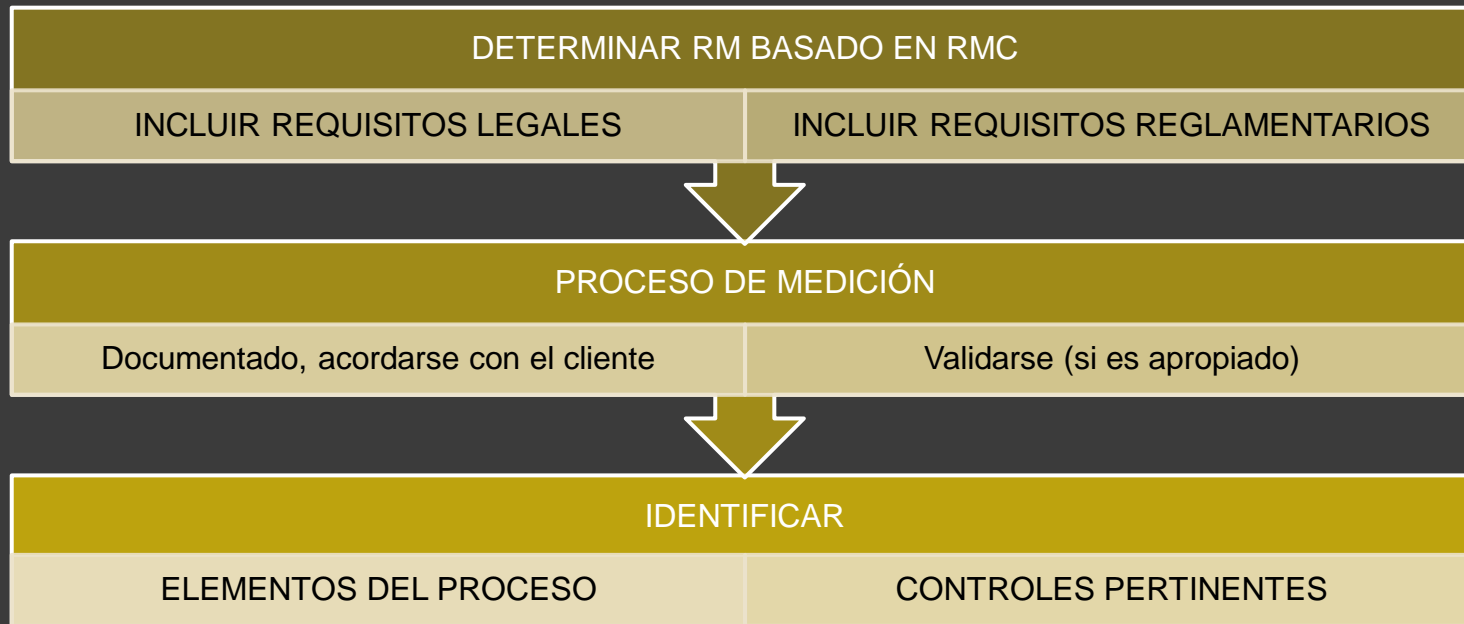
## Realizando Buenas Mediciones

# Identificar las Magnitudes críticas

- **Principio de Pareto**
- **Principio de Pareto** es también conocido como La Regla de 80/20. Se llama así por su descubridor.
- Pareto observó que el 20% de cualquier cosa producirá el 80% de los efectos, mientras que el 80% restante sólo cuenta para el 20% de los efectos.
- Obtenido de "[http://es.wikipedia.org/wiki/Principio\\_de\\_Pareto](http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pareto)"

# Identificar las Magnitudes críticas

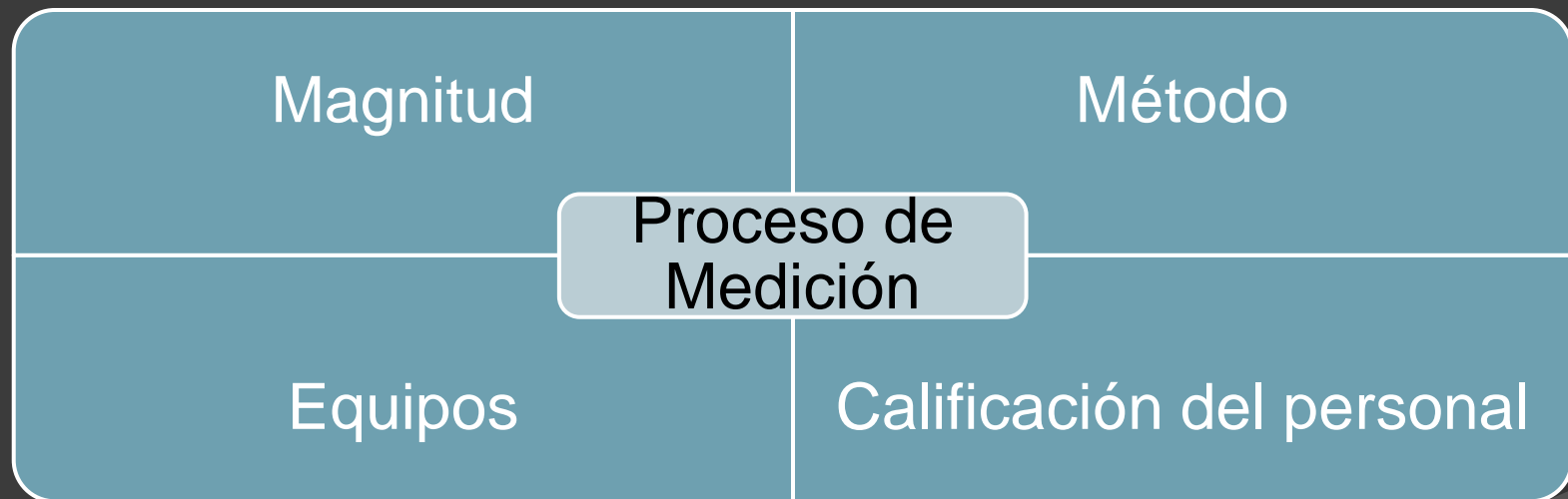
- Los resultados se pueden analizar con la filosofía de los vitales y los triviales o principio de Pareto (80 – 20) y el 20% de los dispositivos de medición que reciban el mayor puntaje se tendrán que controlar metrológicamente en forma estricta (son los más críticos);
- los de puntajes medios, posiblemente se puedan controlar con verificaciones;
- los de puntajes bajos deben ser evaluados por la organización para definir su importancia en la conformidad y competitividad de la organización.



## Diseño del proceso de medición

Incluir los efectos causados por operadores, el equipo, las condiciones ambientales, magnitudes de influencia y métodos

# Diseño del proceso de medición



# Diseño del proceso de medición

---

Requisitos

Impedir resultados erróneos

---

Detección rápida de deficiencias

---

Posibilidad de acciones correctivas

---



La rigurosidad del control del  
proceso de medición depende  
de:

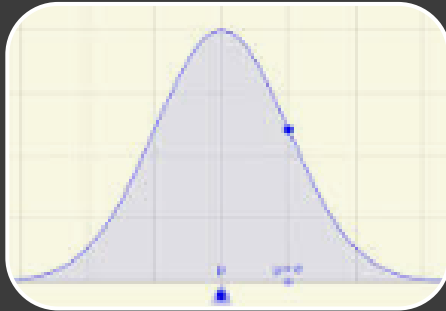
## Diseño del proceso de medición



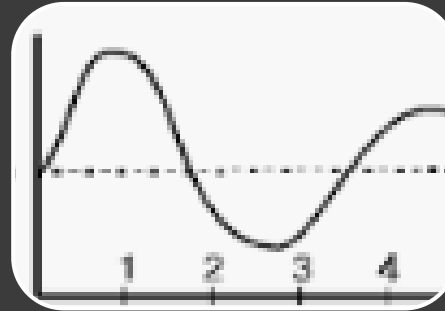
LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN PUEDEN SER GENÉRICOS PARA TIPOS DE INSTRUMENTOS (AGRUPACIÓN).

Se requieren adicionales identificarlas y especificarlas

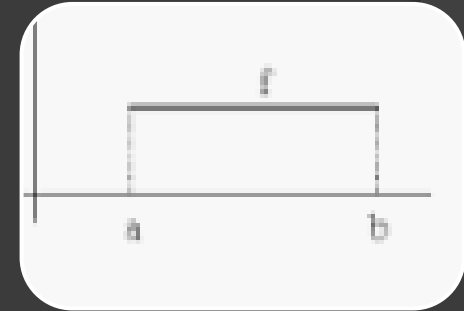
## Ejemplos de Características de desempeño requeridas



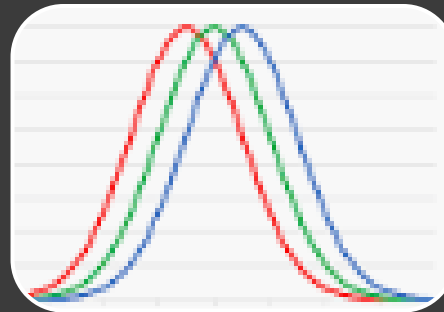
Incertidumbre



Estabilidad



EMP



Repetibilidad,  
Precisión Intermedia  
y/o Reproducibilidad



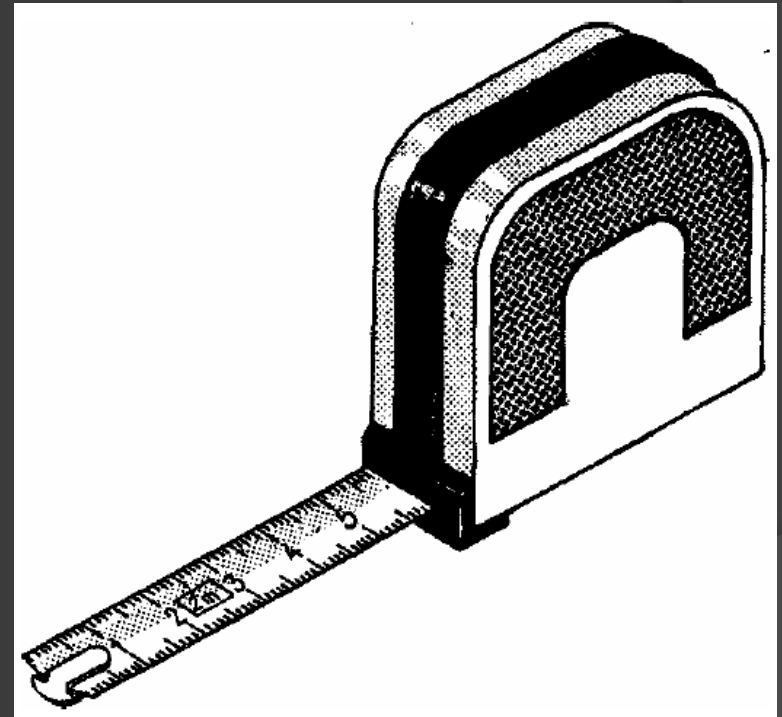
Habilidad Requerida

# Capítulo 7

Instrumentos de Medición:  
Longitud, Masa y balanzas,  
Volumen, temperatura.

# Cintas métricas de acero

Las cintas métricas están constituidas por una lámina de metal flexible encerrada en una carcasa. Se utiliza para mediciones lineales de baja exactitud y sus alcances de medición van desde 1 m hasta 50 m. La división de escala de las cintas métricas es de 1 mm.



# Cintas Métricas NTC 1724

## DIN 6 403

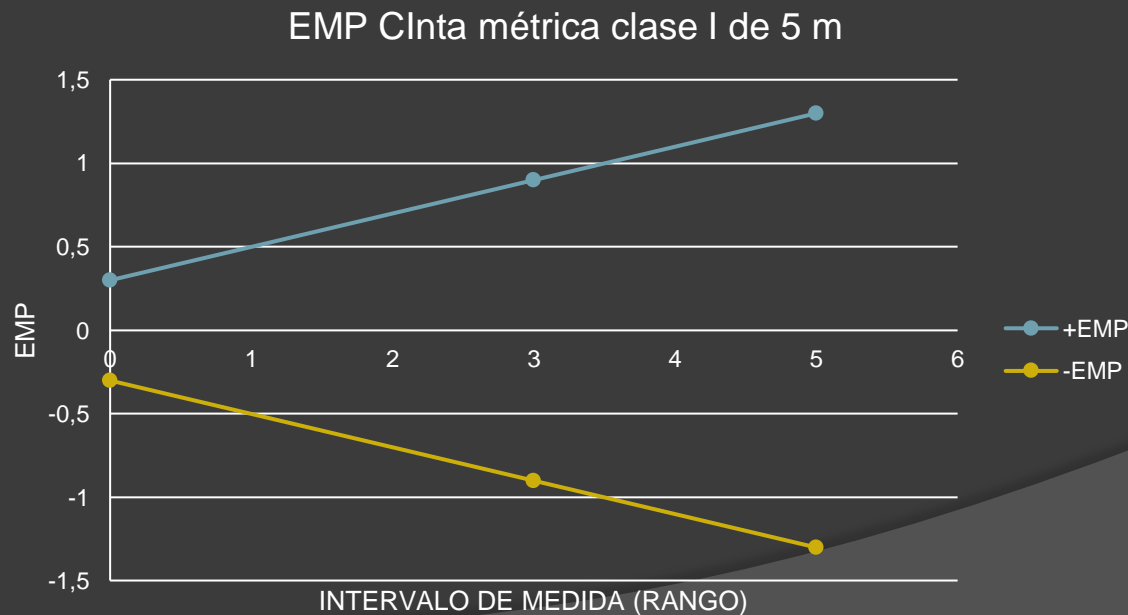
Accuracy class	a	b
I	0.1	0.1
II	0.3	0.2
III	0.6	0.4

$(a + b L) \text{ mm}$

- Con L como la longitud a medir en metros

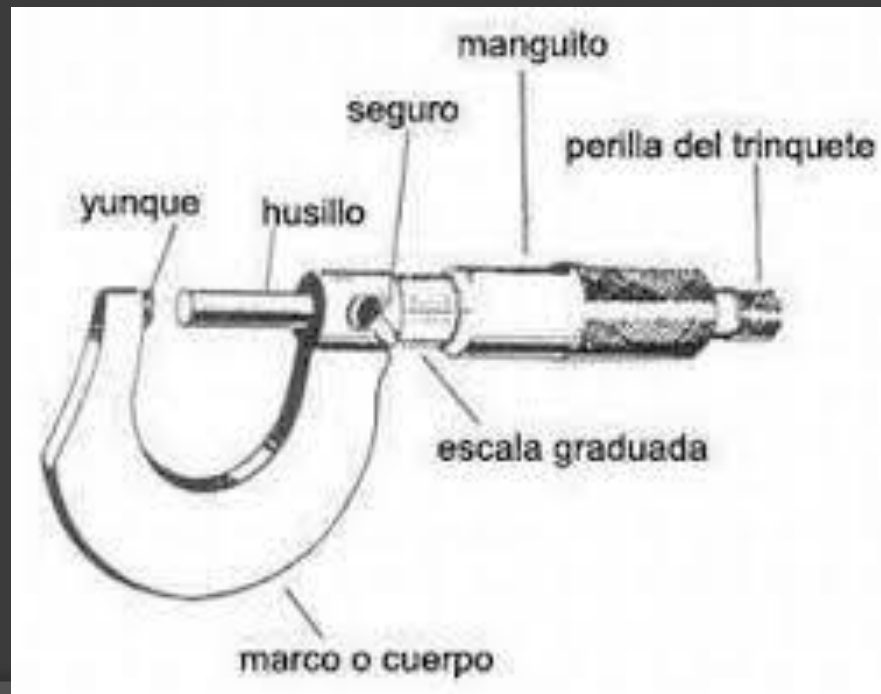
# Cintas Métricas NTC 1724 DIN 6 403

- Ejemplo cinta métrica clase II con intervalo de medida (rango de 5 m).
- Gráfico de EMP

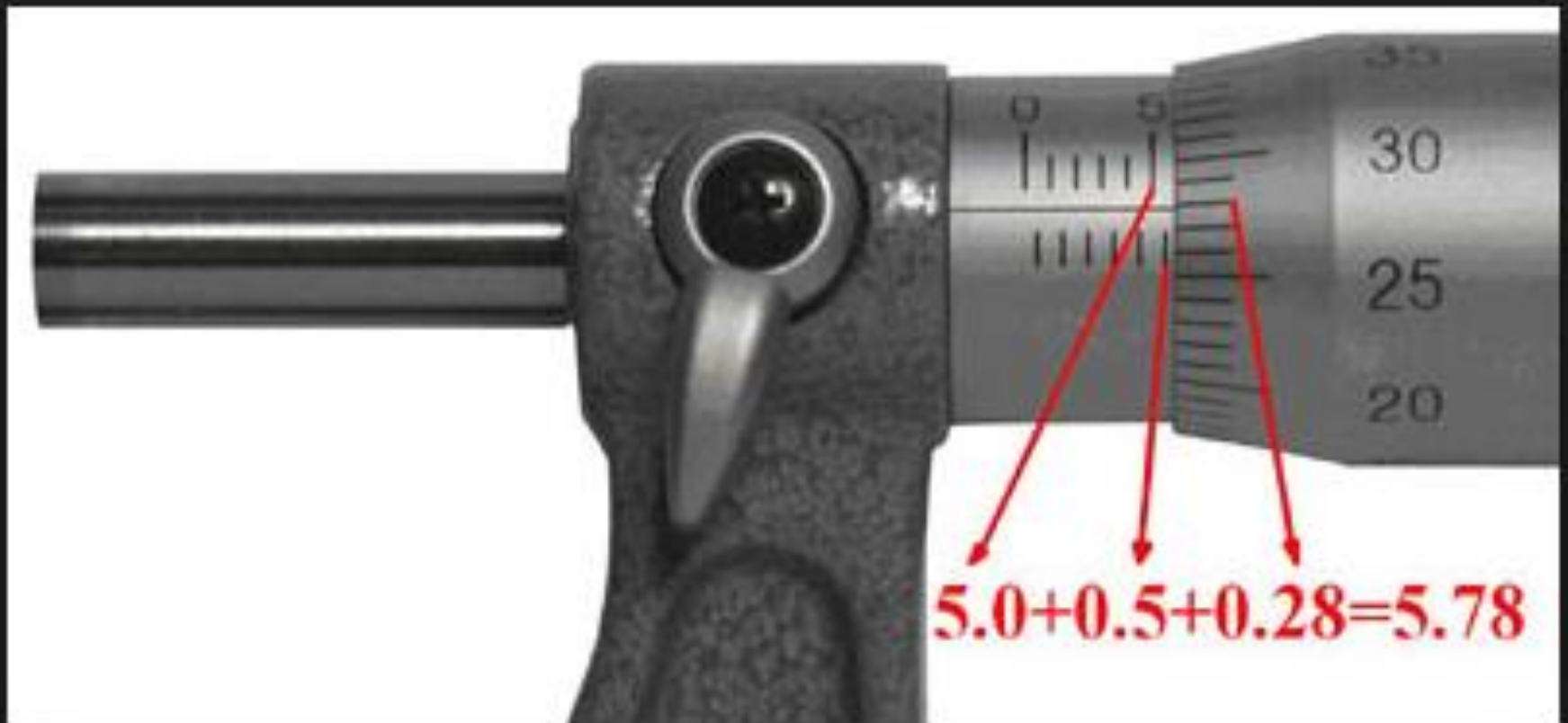


# El micrómetro

- El micrómetro, también llamado Tornillo de Palmer, es un instrumento que sirve para medir con alta precisión (del orden de una micra, equivalente a  $10^{-6} \text{ m} = 10^{-3} \text{ mm}$ ) las dimensiones de un objeto.
- Para ello cuenta con 2 puntas que se aproximan entre sí mediante un tornillo de rosca fina, el cual tiene grabado en su contorno una escala. La escala puede incluir un nonio.



# Ejemplo de lectura de micrómetro análogo





# Micrómetros EMP NTC 4352

## DIN 863

Measurement length (mm)	Accuracy limits $\mu\text{m}$	Parallelism of the measuring surfaces when a measurement force of 10N is applied		Deformation (2 $\mu\text{m}$ )
		(1)	$\mu\text{m}$	
0 - 25	4	6	2	2
25 - 50	4	6	2	2
50 - 75	5	10	3	3
75 - 100	5	10	3	3
100 - 125	6	-	3	4
125 - 150	6	-	3	5
150 - 175	7	-	4	6
175 - 200	7	-	4	6
200 - 225	8	-	4	7
225 - 250	8	-	4	8
250 - 275	9	-	5	8
275 - 300	9	-	5	9
300 - 325	10	-	5	10
325 - 350	10	-	5	10
350 - 375	11	-	6	11
375 - 400	11	-	6	12
400 - 425	12	-	6	12
425 - 450	12	-	6	13
450 - 475	13	-	7	14
475 - 500	13	-	7	15

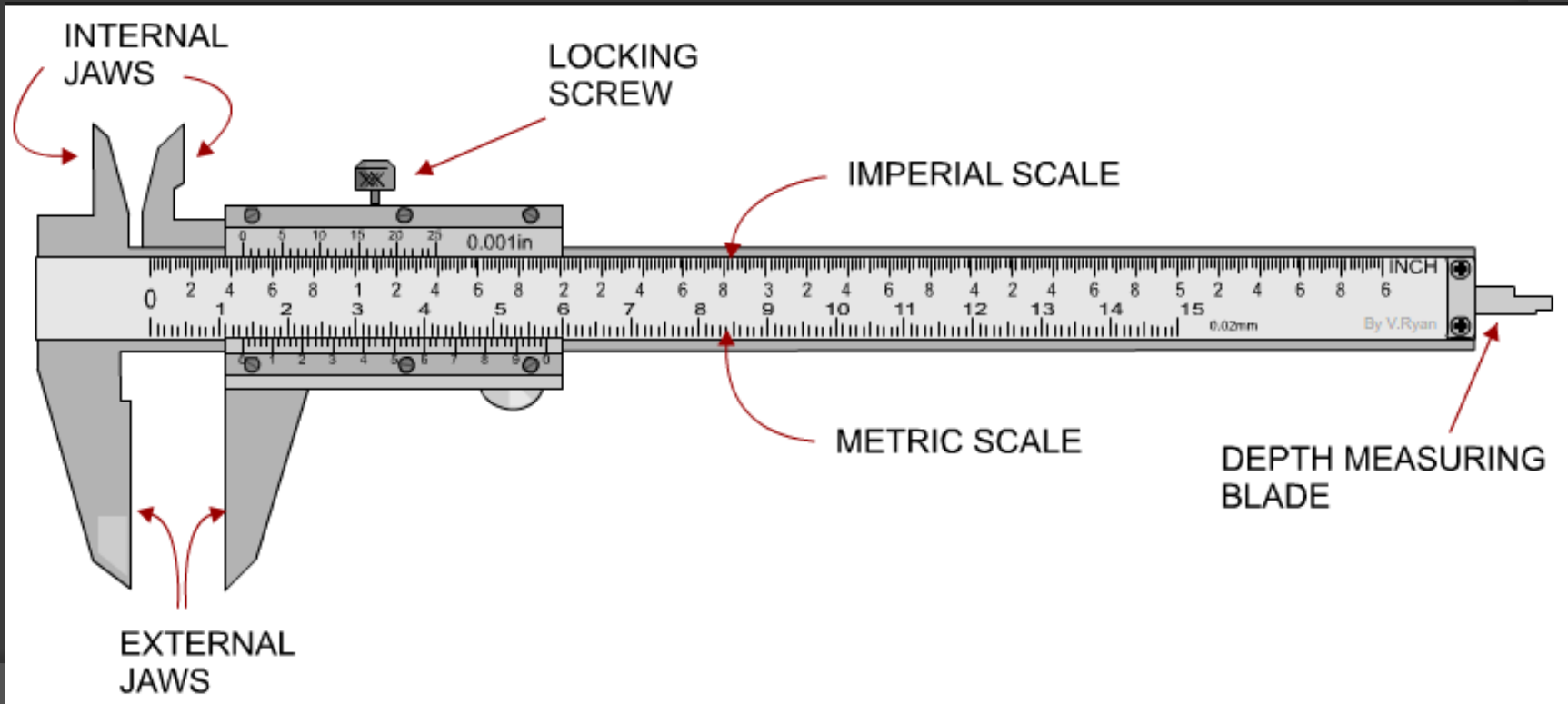
(1 Number of interference rings or lines  
(2 Acceptable stability deformation from a measurement force of 10N

# Pie de rey

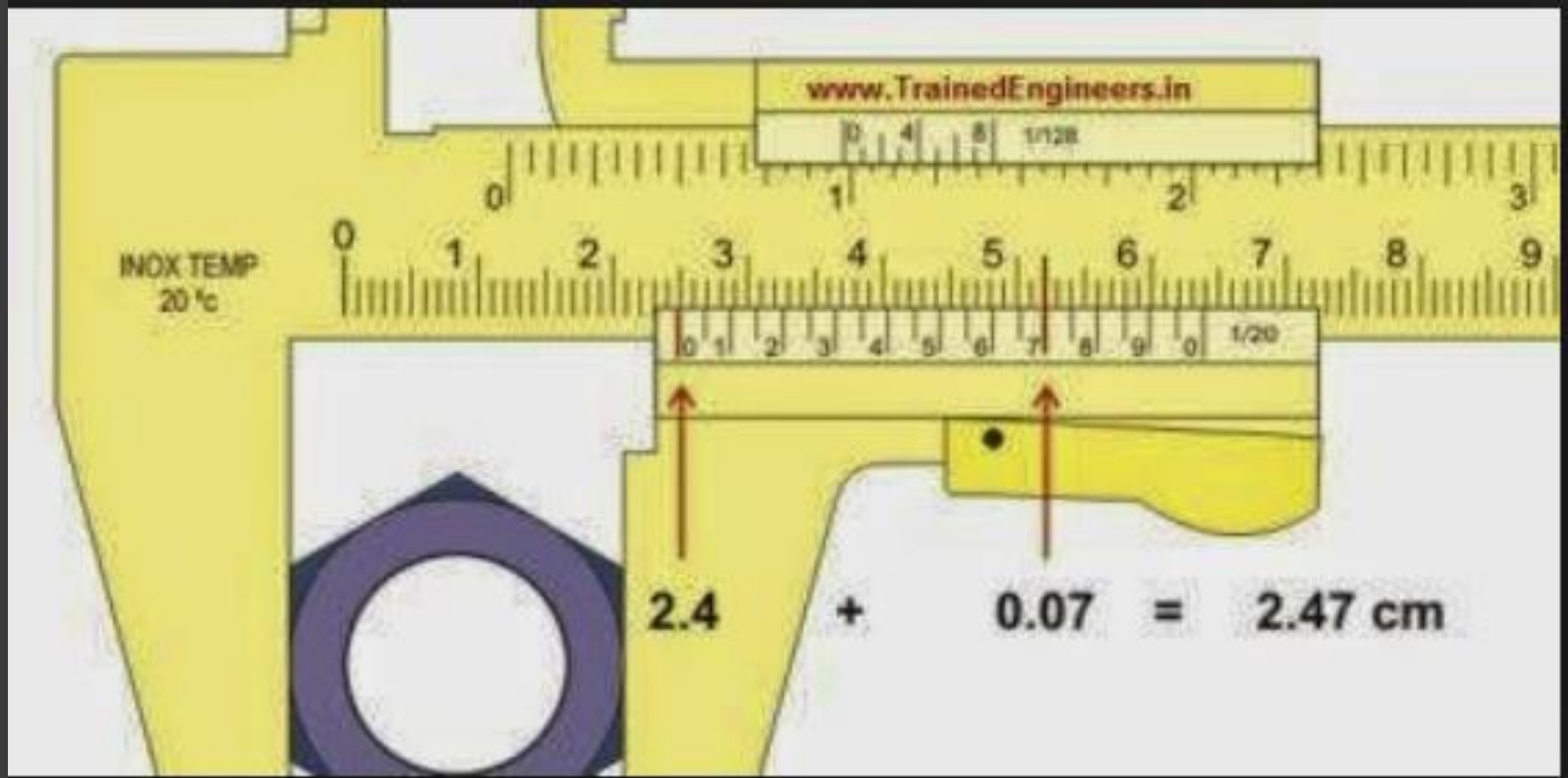
es un instrumento para medir dimensiones de objetos relativamente pequeños, desde cm. hasta fracciones de milímetros ( $1/10$  de milímetros o hasta  $1/20$  de milímetro).

Consta de una "regla" con una escuadra en un extremo, sobre la cual desliza otra destinada a indicar la medida en una escala. Permite apreciar longitudes de  $1/10$ ,  $1/20$  y  $1/50$  de milímetro utilizando el nonio.

Mediante piezas especiales en la parte superior y en su extremo permite medir dimensiones internas y profundidades.



# Ejemplo de lectura de Pie de rey análogo



# EMP de Pie de rey

## NTC 4303 DIN 862

Measurement length (mm)	Accuracy limits G <sup>1</sup> ) in $\mu\text{m}$ (0,001mm)		
	Scale values:	Vernier and Dial	Digital
	0,1 and 0,05	0,02	0,01
50	50	20	20
100			
200			
300			
400	60	30	30
500	70		
600	80		
700	90		
800	100	40	40
900	110		
1000	120		
1200	140		
1400	160	50	---
1600	180		
1800	200		
2000	220		
		60	

# Los bloques patrón

- Son una medida materializada de sección rectangular, hecha de material resistente al desgaste, con un par de superficies de medición planas, paralelas entre si, las cuales pueden ser adheridas a las superficies de medición de otros bloques patrón para hacer ensambles compuestos, o a superficies de platinas auxiliares de acabado similar para mediciones de longitud.



# Bloques Patrón NTC 4302

## DIN 861

Nominal length mm	Degree of precision 00		Degree of precision 0		Degree of precision 1		Degree of precision 2	
	Length tolerance *) μm	Max length variation width**) μm	Length tolerance *) μm	Max length variation width**) μm	Length tolerance *) μm	Max length variation width**) μm	Length tolerance *) μm	Max length variation width**) μm
-10	±0.06	0.05	±0.12	0.10	±0.20	0.16	±0.45	0.30
(10)-25	±0.07	0.05	±0.14	0.10	±0.30	0.16	±0.60	0.30
(25)-50	±0.10	0.06	±0.20	0.10	±0.40	0.18	±0.80	0.30
(50)-75	±0.12	0.06	±0.25	0.12	±0.50	0.18	±1.00	0.35
(75)-100	±0.14	0.07	±0.30	0.12	±0.60	0.20	±1.20	0.35
(100)-150	±0.20	0.08	±0.40	0.14	±0.80	0.20	±1.60	0.40
(150)-200	±0.25	0.09	±0.50	0.16	±1.00	0.25	±2.00	0.40
(200)-250	±0.30	0.10	±0.60	0.16	±1.20	0.25	±2.40	0.45
(250)-300	±0.35	0.10	±0.70	0.18	±1.40	0.25	±2.80	0.50
(300)-400	±0.45	0.12	±0.90	0.20	±1.80	0.30	±3.60	0.50
(400)-500	±0.50	0.14	±1.10	0.25	±2.20	0.35	±4.40	0.60
(500)-600	±0.60	0.16	±1.30	0.25	±2.60	0.40	±5.00	0.70
(600)-700	±0.70	0.18	±1.50	0.30	±3.00	0.45	±6.00	0.70
(700)-800	±0.80	0.20	±1.70	0.30	±3.40	0.50	±6.50	0.80
(800)-900	±0.90	0.20	±1.90	0.35	±3.80	0.50	±7.50	0.90
(900)-1000	±1.00	0.25	±2.00	0.40	±4.20	0.60	±8.00	450

\*) = Permitted ± deviation at arbitrary point in relation to nominal dimension.

\*\*) = Permitted length variation (depending on flatness and parallelism error).

# Instrumentos de Medición de Masa



# Pesas

- Las pesas son medidas materializadas. De acuerdo a su valor y clasificación varían de forma, tamaño y material. Las Pesas de clase E y F deben tener un cuidado extremo para evitar adherencia de polvo, grasa, humedad, etc., y evitar rayones. En la mayoría de los casos las pesas son utilizadas como patrones de referencia.

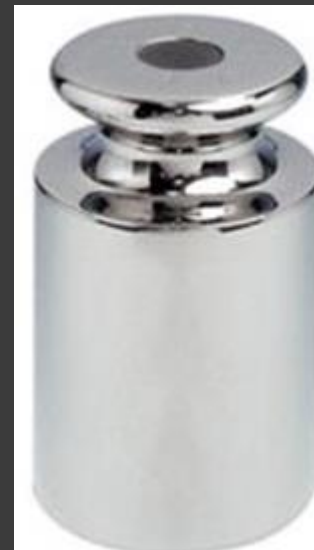




# Clasificación de las Pesas

- Especiales: E1 y E2
- Finas: F1 y F2
- Medias: M1, M1-2, M2, M2-3 y M3
- Las Pesas E: son las de mejor exactitud construidas en acero inoxidable antimagnético con acabado espejo, sin marcaciones y solo utilizables con guantes o pinzas.
- La pesas clase F: pueden estar construidas en una pieza o con cámara de ajuste, de acero inoxidable, acabado espejo y también solo manipulables con guantes o pinzas.
- Las pesas de clase M: tiene cámara de ajuste y de acuerdo a su numeración pueden construirse de Acero, latón, acero, fundición gris, aluminio. Con formas rectangulares cilíndricas alambres o poligonales.

# Pesas de diferente construcción



Norma ASTM

Norma OIML

# NTC 1848 PESAS

Valor Nominal	errores máximos permitidos en mg						
	Clase E1	Clase E2	Clase F1	Clase F2	Calse M1	Clase M2	Clase M3
50 kg	25	75	250	750	2500	7500	25000
20 kg	10	30	100	300	1000	3000	10000
10 kg	5	15	50	150	500	1500	5000
5 kg	2,5	7,5	25	75	250	750	2500
2 kg	1,0	3,0	10	30	100	300	1000
1 kg	0,5	1,5	5	15	50	150	500
500 g	0,25	0,75	2,5	7,5	25	75	250
200 g	0,1	0,3	1,0	3,0	10	30	100
100 g	0,05	0,15	0,5	1,5	5	15	50
50 g	0,030	0,10	0,30	1,0	3,0	10	30
20 g	0,025	0,080	0,25	0,8	2,5	8	25
10 g	0,020	0,060	0,20	0,6	2	6	20
5 g	0,015	0,050	0,15	0,5	1,5	5	15
2 g	0,012	0,040	0,12	0,4	1,2	4	12
1 g	0,010	0,030	0,10	0,3	1,0	3	10
500 mg	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8	2,5	
200 mg	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6	2,0	
100 mg	0,005	0,015	0,05	0,15	0,5	1,5	
50 mg	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4		
20 mg	0,003	0,010	0,03	0,10	0,3		
10 mg	0,002	0,008	0,025	0,08	0,25		
5 mg	0,002	0,006	0,020	0,06	0,20		
2 mg	0,002	0,006	0,020	0,06	0,20		

# Ajuste de Pesas

- Operación destinada a llevar un instrumento de medida a un estado de funcionamiento conveniente para su utilización. El ajuste puede ser automático, semiautomático o manual



**Pulido y Ajuste de fábrica**  
(Pesas sin cámara de ajuste)



# Instrumentos de Pesaje (Balanzas – Básculas)

Existen diferentes tipos de balanzas: Balanza analógica, balanza digital, balanza analítica, esta última es la mas exacta.



# Especificación de exactitud en el área de Masa y Balanzas

- Según la NTC 2031, las balanzas se clasifican de acuerdo a la carga máxima y al escalón de verificación (e).
- Siendo Carga máxima: El valor especificado como masa mas alta posible de soportar y dar una indicación por parte de la balanza.
- Carga mínima: valor de carga por debajo del cual los resultados de la pesada pueden estar sujetos a un error relativo excesivo.
- Escalón de verificación (e): Valor que segmenta el rango de una balanza aplicado en la verificación y la clasificación de la misma.
- División de escala (d): valor expresado en unidades de masa de: La diferencia entre los valores correspondientes a dos marcas consecutivas de la escala (indicación analógica). Ó diferencia entre dos valores consecutivos indicados (indicación digital).

# VALOR DE DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN

El valor de división de verificación (e) puede venir especificado por el fabricante del equipo, de lo contrario se determina así:

$e=d$  excepto si:

Capacidad máxima  $< 1\ 000\text{ g}$  y  $d = 0,001\text{ g}$

Capacidad máxima  $> 500\text{ g}$  y  $d = 0,01\text{ g}$

Capacidad máxima  $> 5\ 000\text{ g}$  y  $d = 0,1\text{ g}$ ,

En donde:

$$e=10d$$

○ CLASIFICACIÓN INSTRUMENTOS DE PESAJE – NTC 2031 (OIML R76-2)

Clase de exactitud	Valor de división de verificación $e$	Número de divisiones de verificación $n = \text{Máx}/e$		Capacidad mínima min
		mínimo	máximo	
<b>Especial I</b>	$e < 0,001 \text{ g}$	-	-	50 e
	$0,001 \text{ g} \leq e$	50 000	-	100 e
<b>Alta II</b>	$0,001 \text{ g} \leq e \leq 0,05 \text{ g}$	100	<u>100 000</u>	20 e
	$0,1 \text{ g} \leq e$	5 000	100 000	50 e
<b>Media III</b>	$0,1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$	100	10 000	20 e
	$5 \text{ g} \leq e$	500	10 000	20 e
<b>Ordinaria III</b>	$5 \text{ g} \leq e$	100	1 000	10 e



## Valores de los errores máximos permisibles en servicio.

(EMP) Errores máximos permisibles de instrumentos de pesaje en servicio	Para cargas $m$ expresadas en divisiones de verificación $e$			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IIII
$\pm 1 e$	$0 \leq m \leq 50\,000$	$0 \leq m \leq 5\,000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 2 e$	$50\,000 < m \leq 200\,000$	$5\,000 < m \leq 20\,000$	$500 < m \leq 2\,000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 3 e$	$200\,000 < m$	$20\,000 < m \leq 100\,000$	$2\,000 < m \leq 10\,000$	$200 < m \leq 1\,000$

Nota: Los errores máximos permisibles de la balanzas en verificación inicial (saliendo de fábrica) son la mitad de los dados en esta tabla .

# EJEMPLO

Balanza con división de escala  $d=0,01$  g y carga máxima de 210 g

1. Determinar el valor de  $e$

$$d = 0,01 \text{ g} = e$$

2. Determinar la clase de exactitud

Como  $n=21000$ , este valor corresponde a la clase de exactitud II (tabla 3, página 18, NTC 2031)

$$n = \frac{C_{\text{máx}}}{e} = \frac{210 \text{ g}}{0,01 \text{ g}} = 21000$$

# EJEMPLO

Balanza con división de escala  $d=0,01$  g y carga máxima de 210 g

3. Calcular la carga mínima (tabla 3, página 18, NTC 2031)

$$C_{\text{mín}} = 20d = 20(0,01 \text{ g}) = 0,2 \text{ g}$$

4. Calcular los intervalos de pesaje, m

Intervalo	Planteamiento de Norma	Reemplazando e	Calculando
Bajo	$0e < m \leq 5000e$	$0(0,01 \text{ g}) < m \leq 5000(0,01 \text{ g})$	$0 \text{ g} < m \leq 50 \text{ g}$
Medio	$5000e < m \leq 20000e$	$5000(0,01 \text{ g}) < m \leq 20000(0,01 \text{ g})$	$50 \text{ g} < m \leq 200 \text{ g}$
Alto	$20000e < m \leq 100000e$	$20000(0,01 \text{ g}) < m \leq 100000(0,01 \text{ g})$	$200 \text{ g} < m \leq 1000 \text{ g}$ (como $C_{\text{máx}} = 210 \text{ g}$ , entonces el rango es de $200 \text{ g} < m \leq 210 \text{ g}$ )

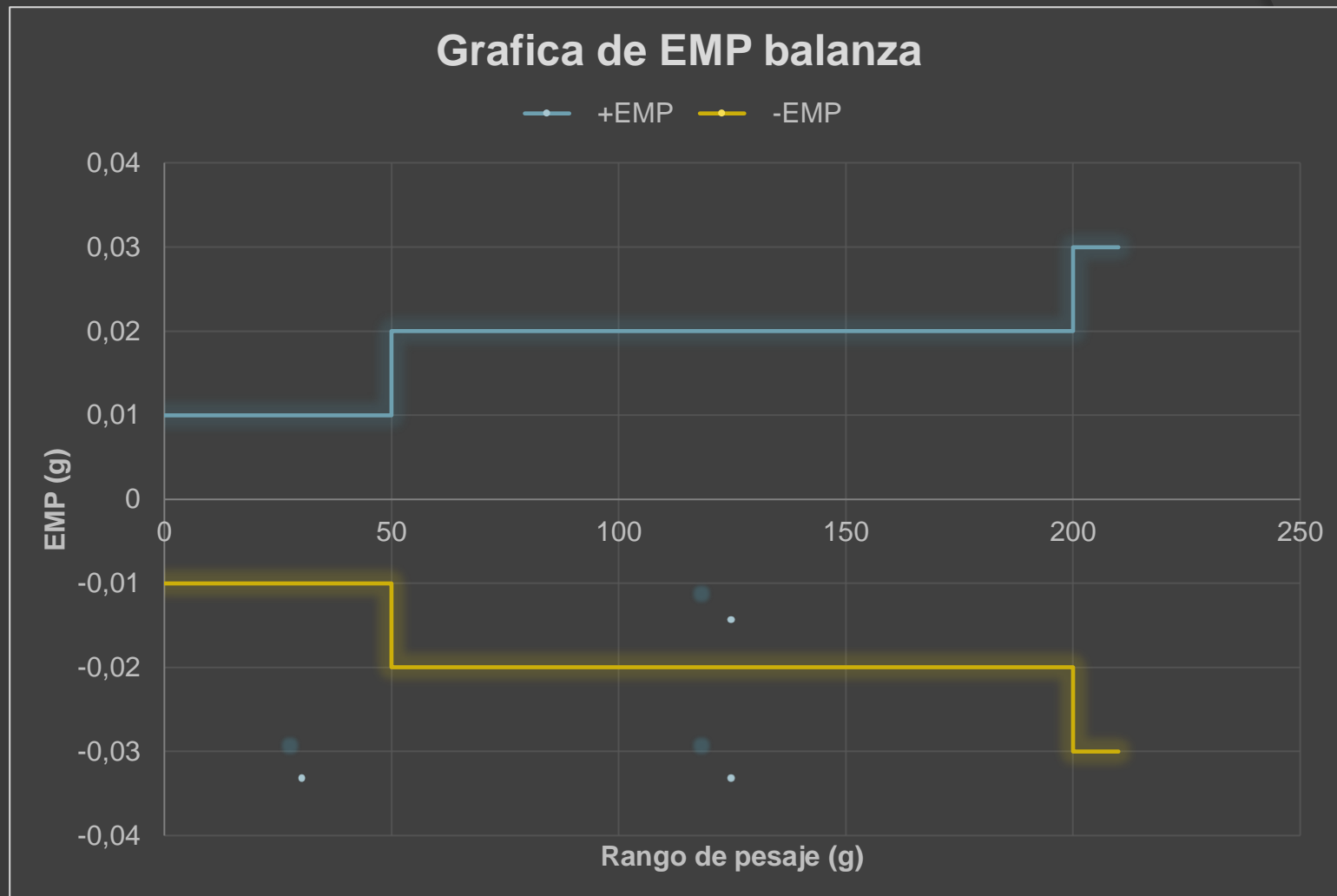
# EJEMPLO

Balanza con división de escala  $d=0,01$  g y carga máxima de 210 g

5. Calcular los errores máximos permisibles

Intervalo	Planteamiento de Norma	Reemplazando e
Bajo	$\pm 1e$	$\pm 1(0,01 \text{ g}) = \pm 0,01 \text{ g}$
Medio	$\pm 2e$	$\pm 2(0,01 \text{ g}) = \pm 0,02 \text{ g}$
Alto	$\pm 3e$	$\pm 3(0,01 \text{ g}) = \pm 0,03 \text{ g}$

# EJEMPLO



Temperatura

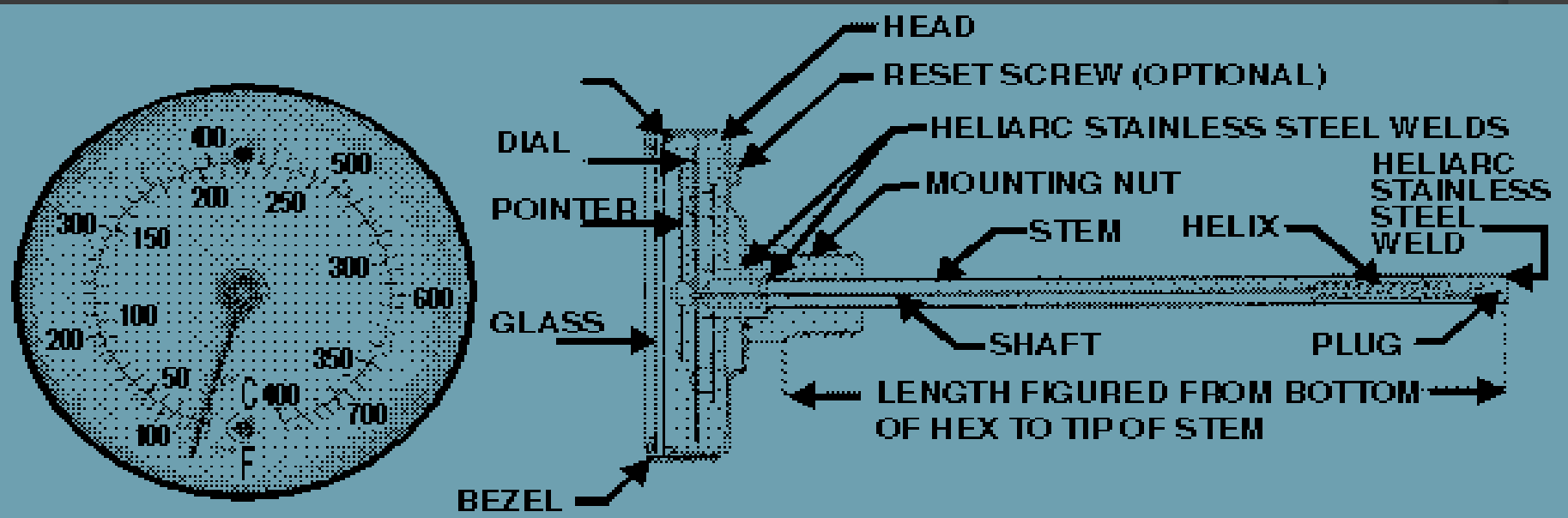
# Termómetros de Carátula Bimetálico



# Termómetros de Carátula Bimetálico



Algunos de los termómetros de carátula cuentan con la posibilidad de realizar ajuste de cero mecánico, generalmente girando la escala.

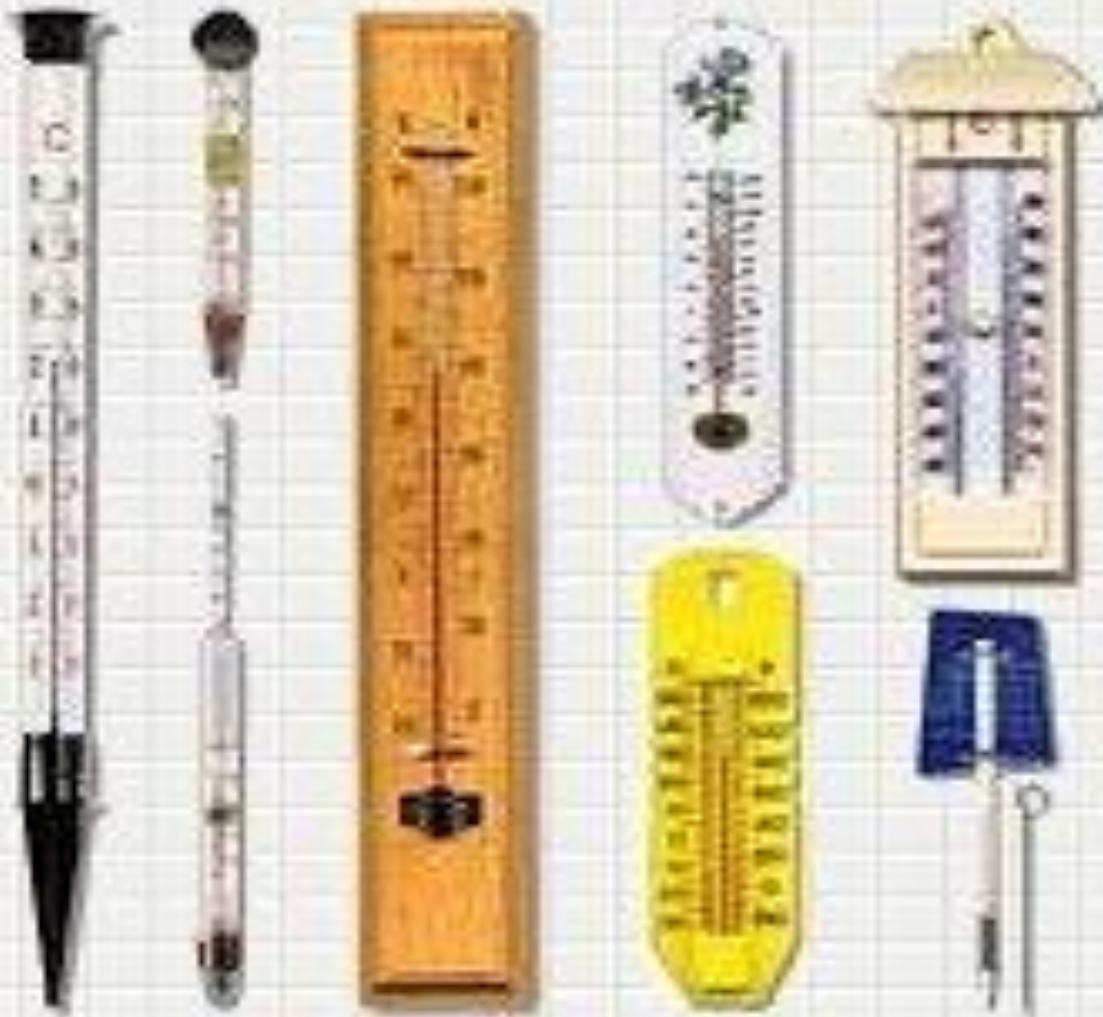




# Termómetros de carátula de Sistema llenado líquido

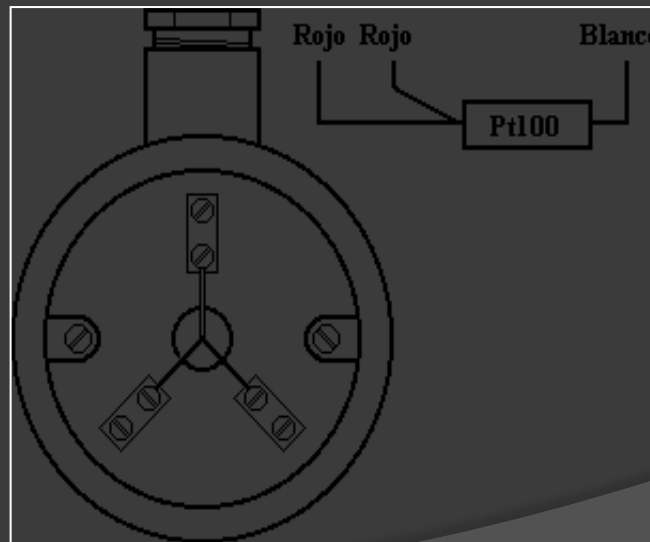
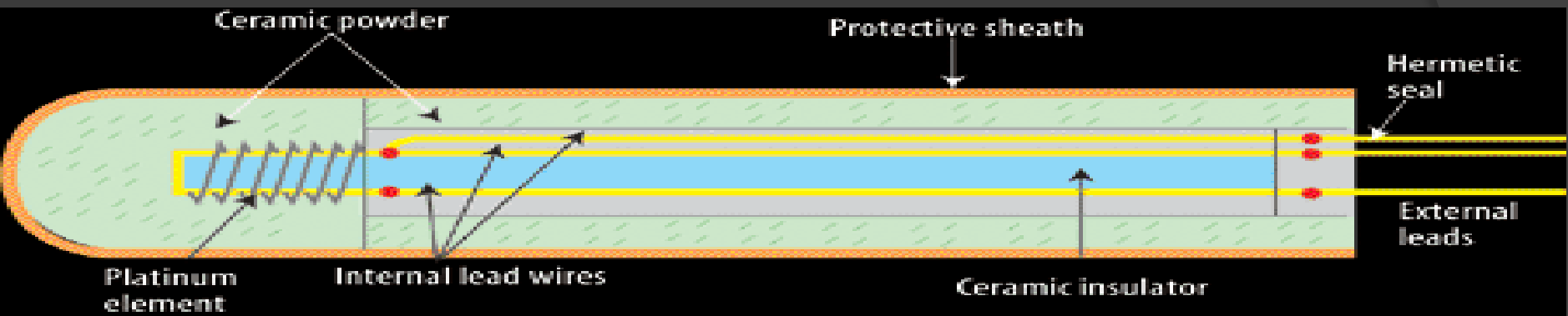
Aprovecha la extensión volumétrica para dar una medida de temperatura (termómetro de llenado líquido),





Termómetro  
de Alcohol  
Termómetro  
de Mercurio

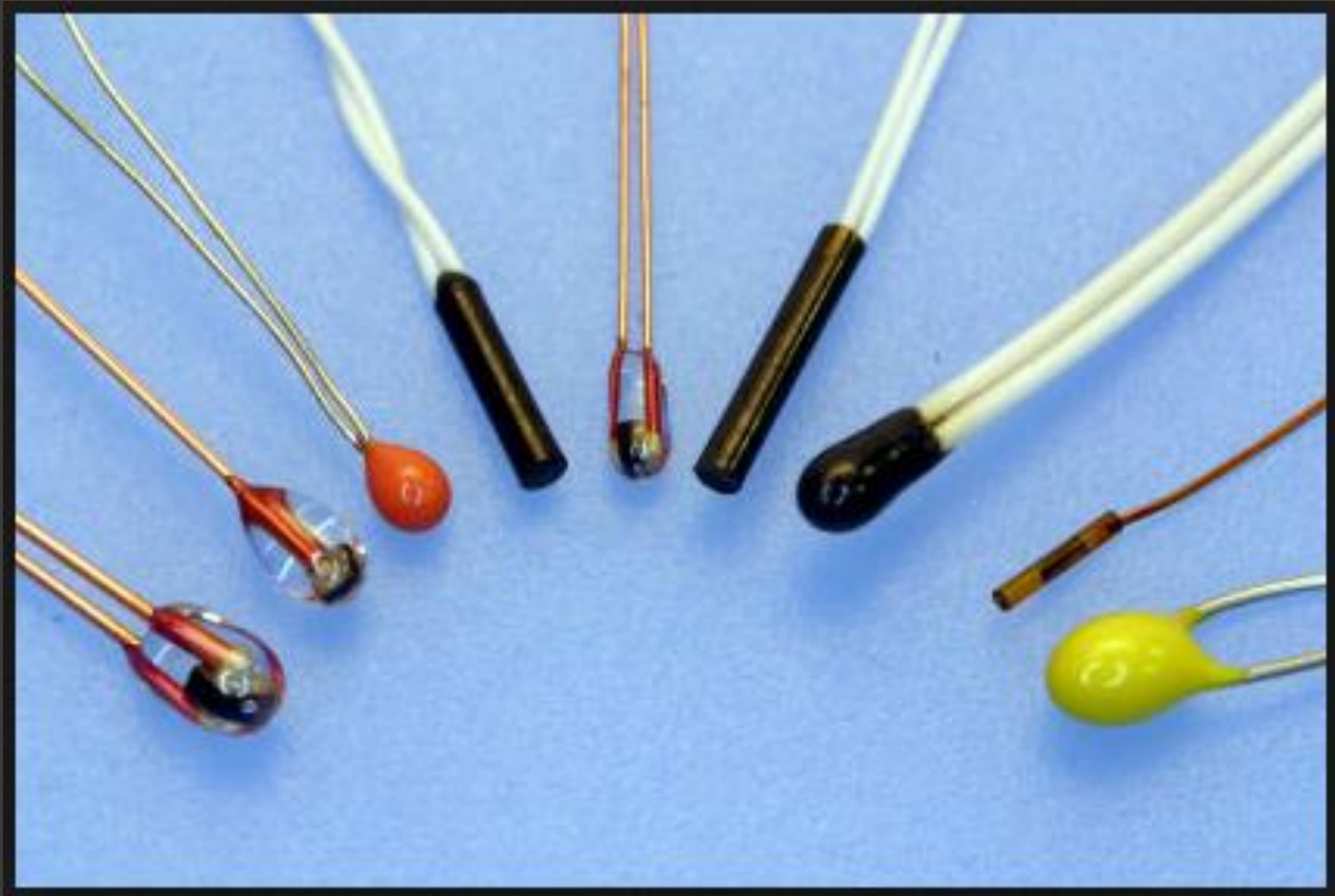
# Arquitectura de los RTDs



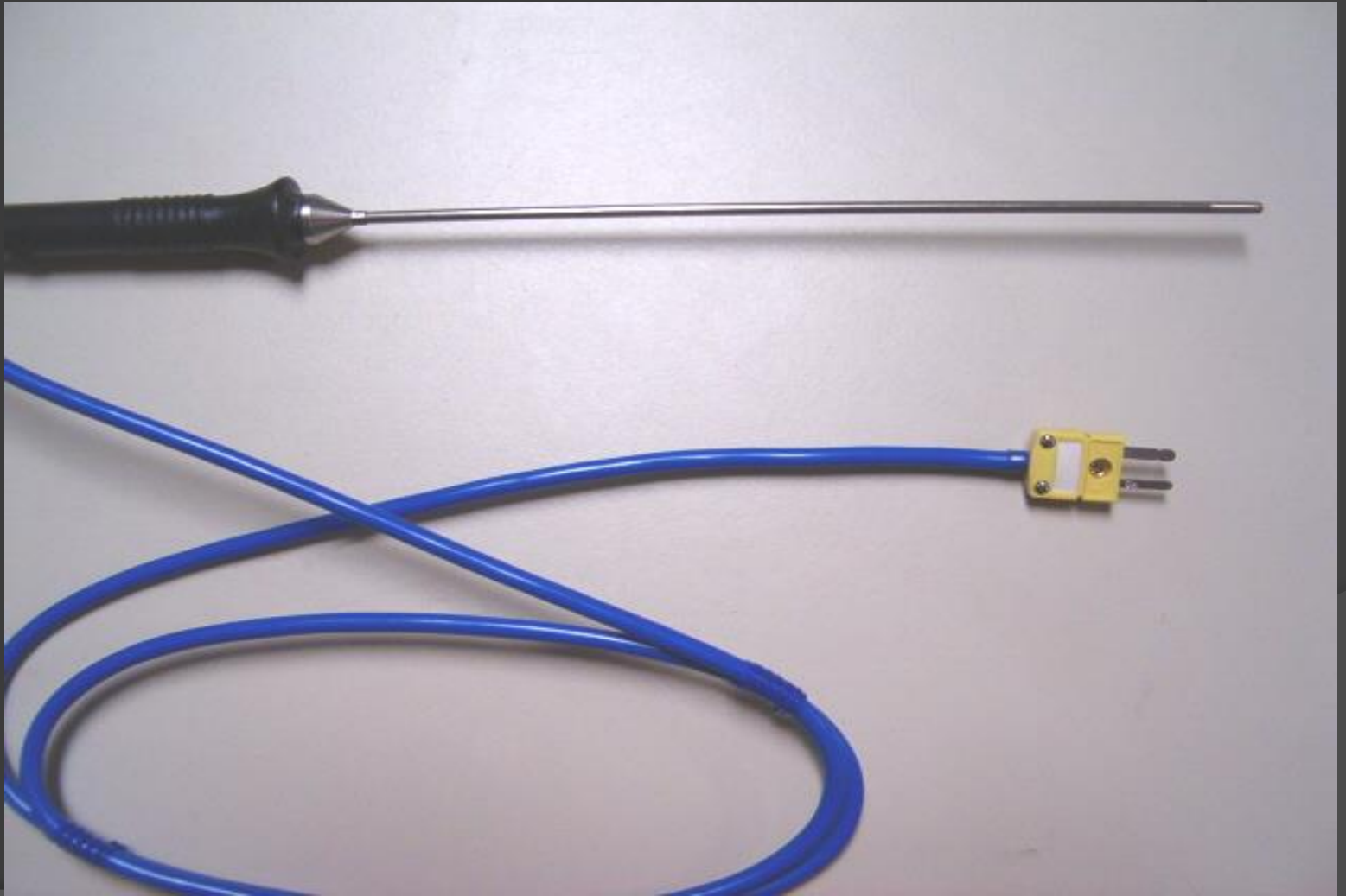
# Tabla normalizada ITS 90 de PT 100 385

Temp °C	+ 0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	+ 8	+ 9
<b>0</b>	100.000	100.391	100.781	101.172	101.562	101.953	102.343	102.733	103.123	103.513
<b>10</b>	103.903	104.292	104.682	105.071	105.460	105.849	106.238	106.627	107.016	107.405
<b>20</b>	107.794	108.182	108.570	108.959	109.347	109.735	110.123	110.510	110.898	111.286
<b>30</b>	111.673	112.060	112.447	112.835	113.221	113.608	113.995	114.382	114.768	115.155
<b>40</b>	115.541	115.927	116.313	116.699	117.085	117.470	117.856	118.241	118.627	119.012
<b>50</b>	119.397	119.782	120.167	120.552	120.936	121.321	121.705	122.090	122.474	122.858
<b>60</b>	123.242	123.626	124.009	124.393	124.777	125.160	125.543	125.926	126.309	126.692
<b>70</b>	127.075	127.458	127.840	128.223	128.605	128.987	129.370	129.752	130.133	130.515
<b>80</b>	130.897	131.278	131.660	132.041	132.422	132.803	133.184	133.565	133.946	134.326
<b>90</b>	134.707	135.087	135.468	135.848	136.228	136.608	136.987	137.367	137.747	138.126

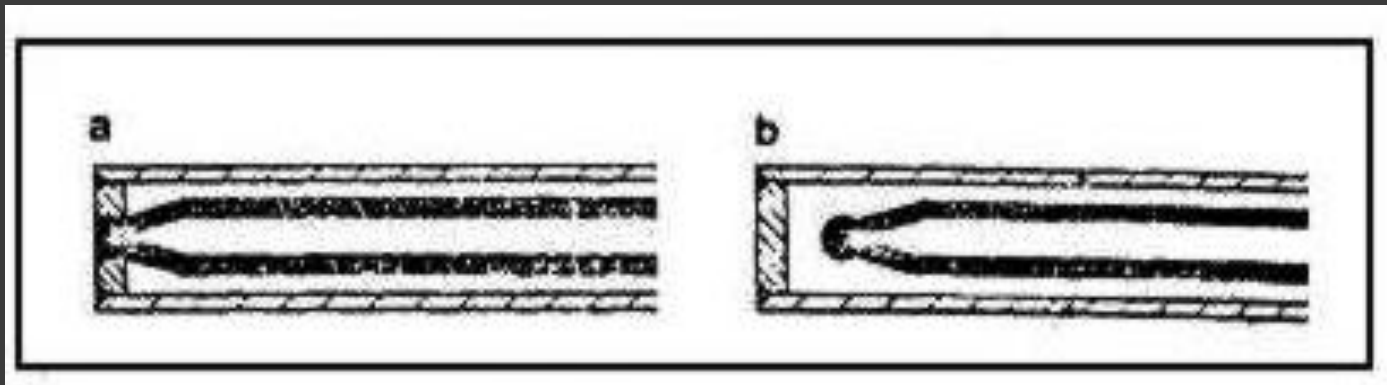
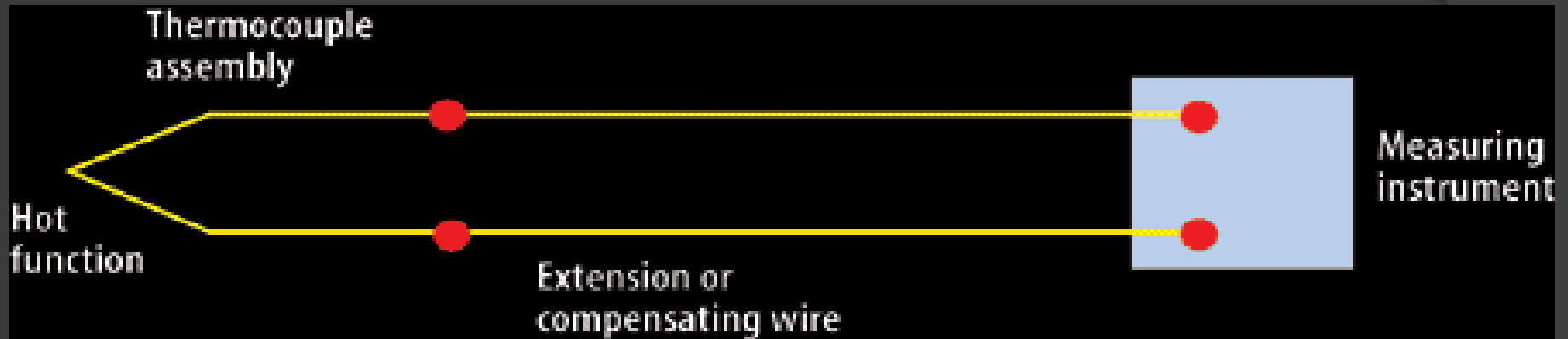
# Termistores



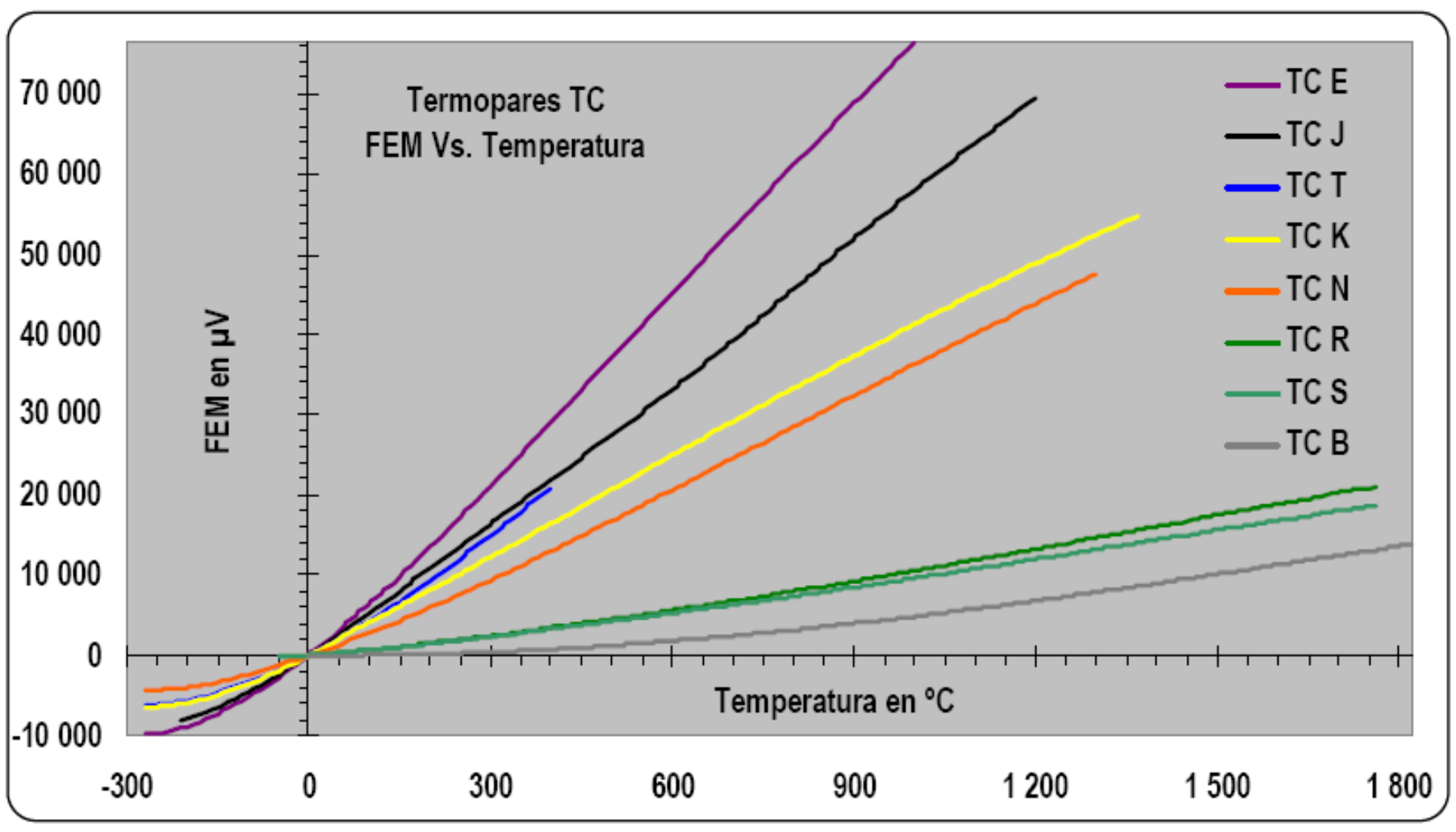
# Termopares



# Termopares



# Curvas de respuesta de TC ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ )





# Fragmento Tabla de conversión °C-mV Tc K

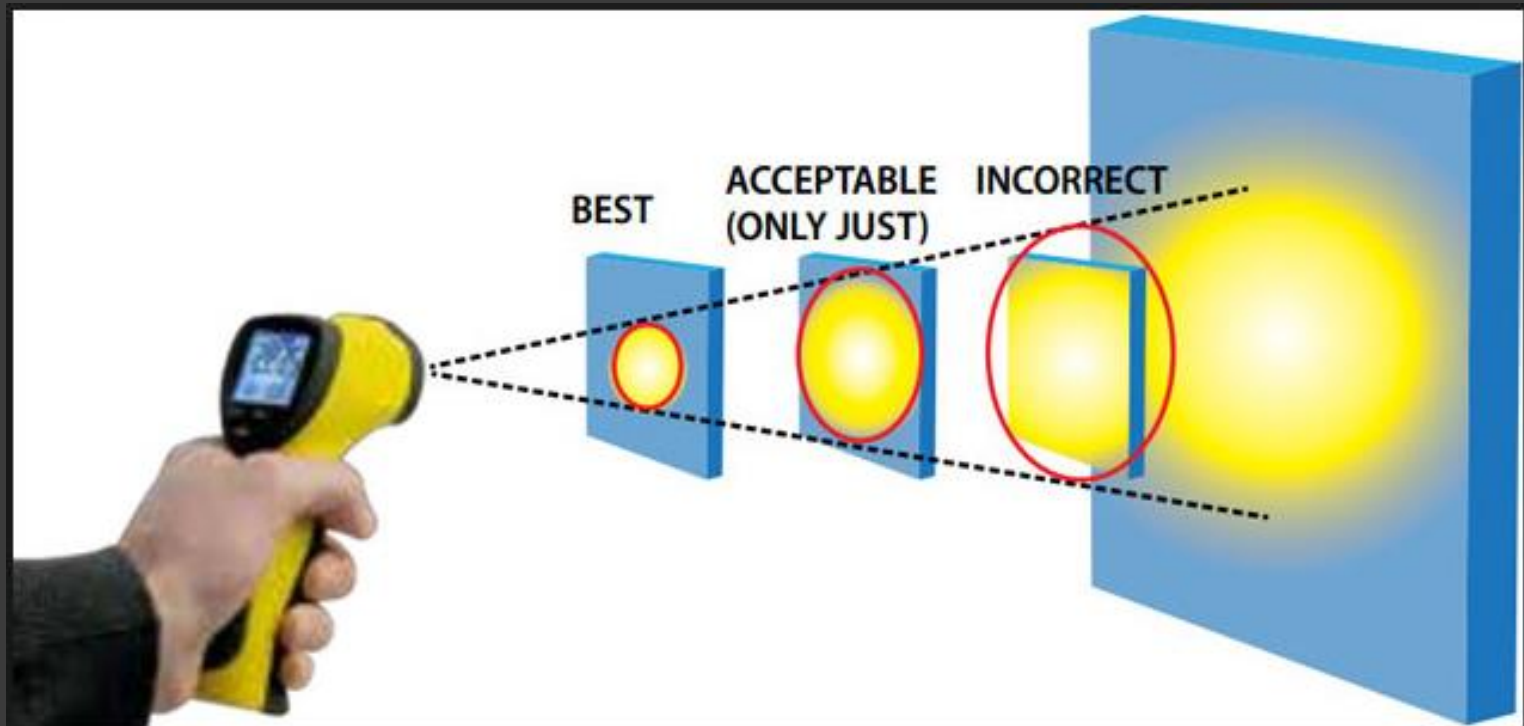
ITS-90 Table for type K thermocouple

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thermoelectric Voltage in mV											
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509
110	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920
120	4.920	4.961	5.002	5.043	5.084	5.124	5.165	5.206	5.247	5.288	5.328

# Indicadores

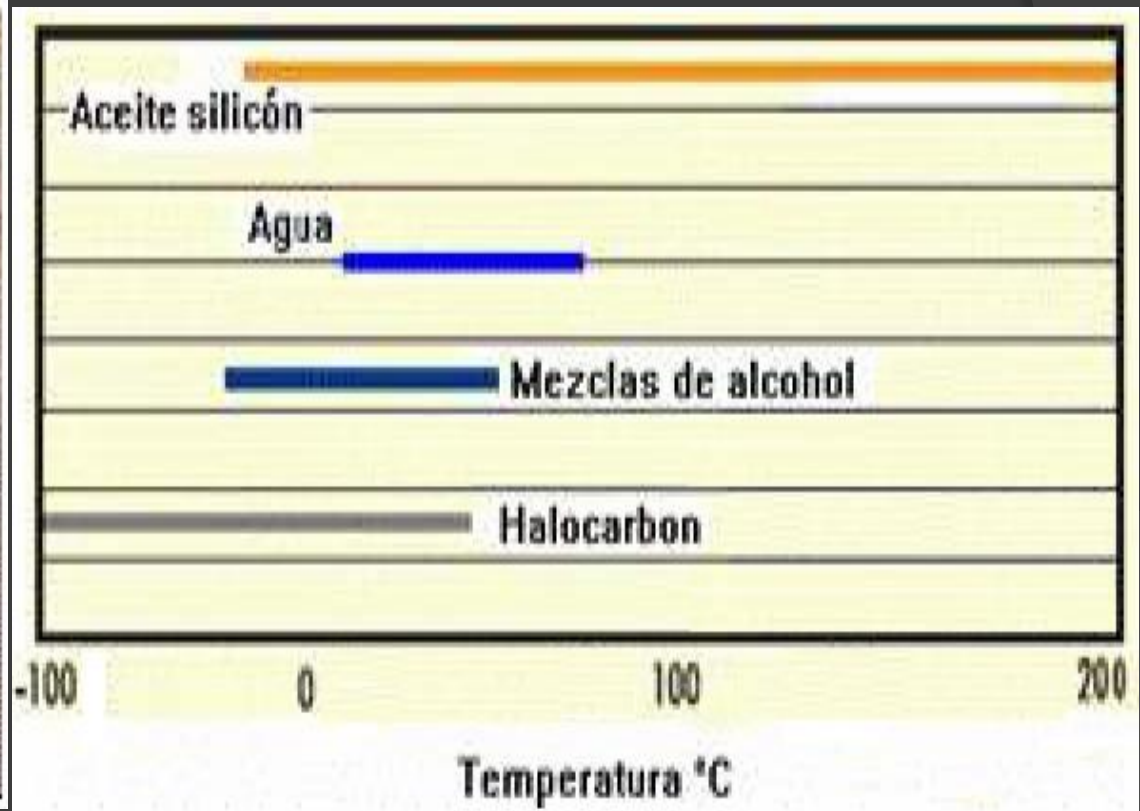
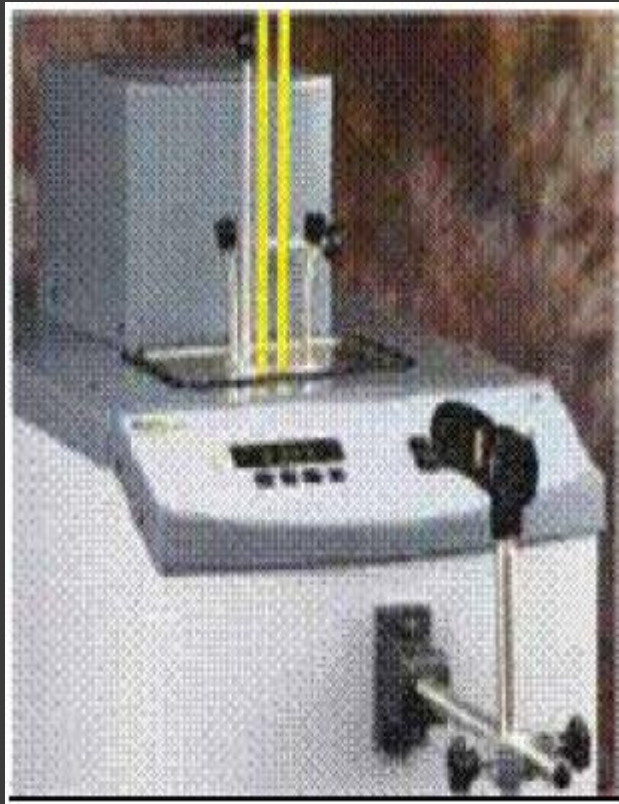


# Pirómetros



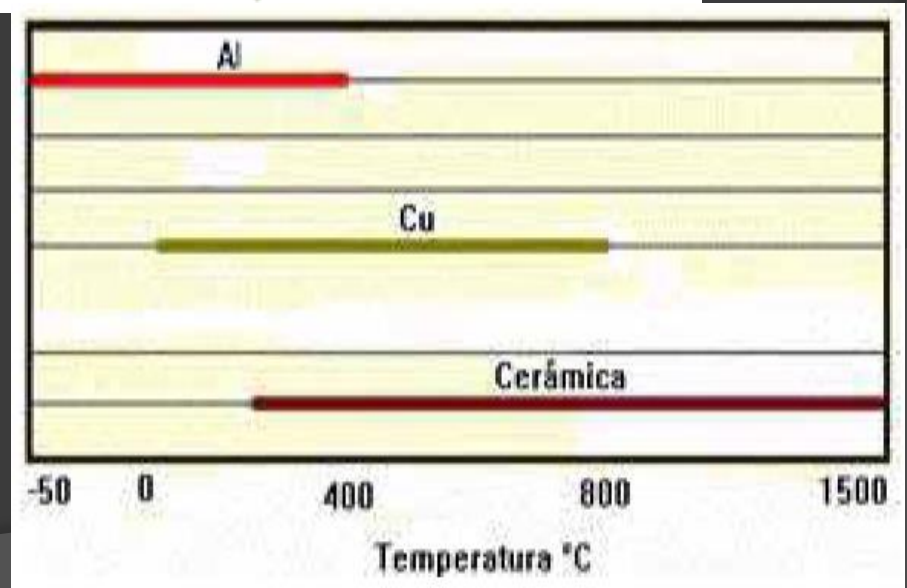
## BAÑOS LÍQUIDOS:

Este sistema consta de un tanque de acero inoxidable preferentemente ya que este puede trabajar con aceite halocarbonos, mezclas de alcohol (metanol & etylen glycol), agua y aceites siliconados dependiendo del alcance del baño.

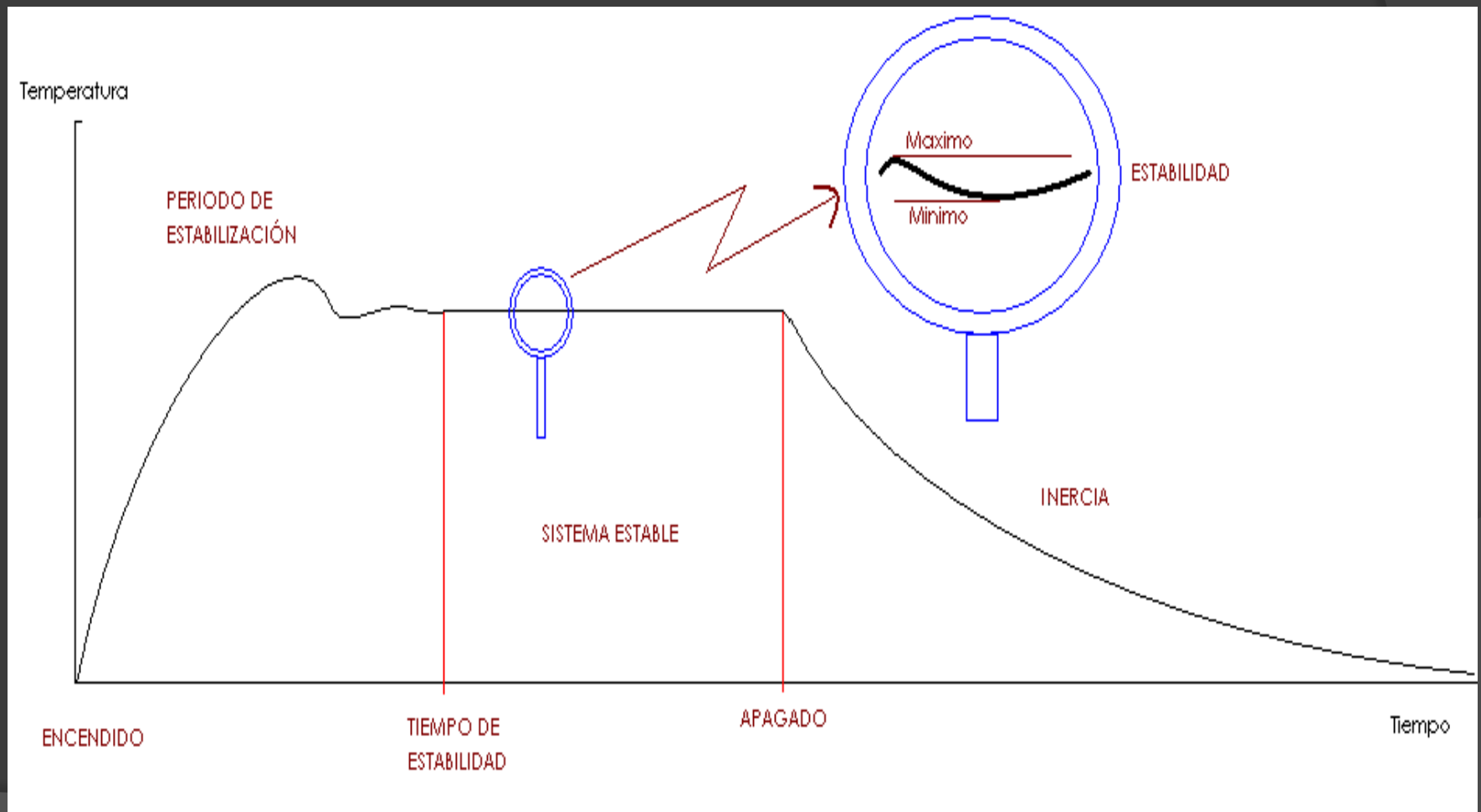


## HORNO DE POZO SECO

Genera altas temperaturas utilizando resistencias calefactoras controladas mediante sensores tipo termopar. La transmisión del calor depende del material de los bloques utilizados; por conducción cuando se utilizan metales con buena conducción de calor como el bronce, el cobre o aluminio, para altas temperaturas por radiación cuando se utiliza cerámica.



# Características de un MIt medio Isotérmico



Volumen



# Instrumentos de Laboratorio



**Micropipeta Monocanal Digital**



**Micropipeta Monocanal Analoga**



**Micropipeta Multicanal Analoga**



**Pipeta Graduada**



**Pipeta Aforada**



**Auxiliar de Pipeteado Digital**



**Auxiliar de Pipeteado Manual**



# Instrumentos de Laboratorio



Probeta Graduada en Vidrio



Dispensadores Acoplables a Frascos



Bureta Digital Acoplable a Frasco



Matraz Aforado



Vasos Graduados



Jarra Graduada




Matraz Erlenmeyer



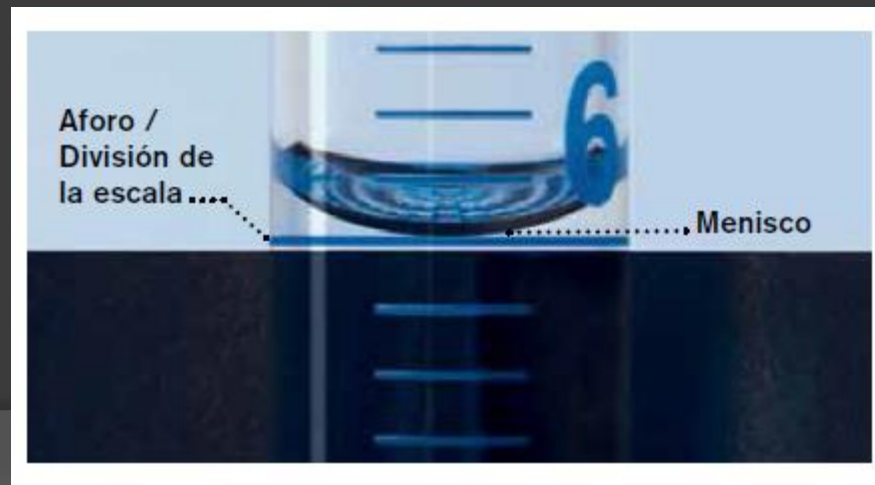
Matraz Fondo Plano

# Codificación de aparatos volumétricos

		<b>DE-M</b>
Fabricante		Distintivo de BRAND para certificar la conformidad de acuerdo con la norma de contraste alemana (Eichordnung) y la norma DIN 12 600
Marca registrada de BRAND para aparatos volumétricos de clase A/AS		Denominación de la norma
Volumen nominal		País de origen
Límite de error		Temperatura de referencia (20 °C), tiempo de espera (5 s), ajuste (Ex = vertido)
Unidad de volumen		Clase 'A' significa que el aparato es de la más alta calidad. 'S' = vaciado rápido

# Ajuste del Menisco para material de vidrio o plástico

- La mayor fuente de error experimental asociada con la determinación del volumen es el ajuste del menisco, el cual depende del cuidado del observador y de la sección transversal del cuello donde se localiza el menisco.



# Mensaje Final

- Para medir adecuadamente se requiere tener conocimiento de la magnitud a medir, del instrumento, de los factores de influencia y contar con trazabilidad.
- MUCHAS GRACIAS