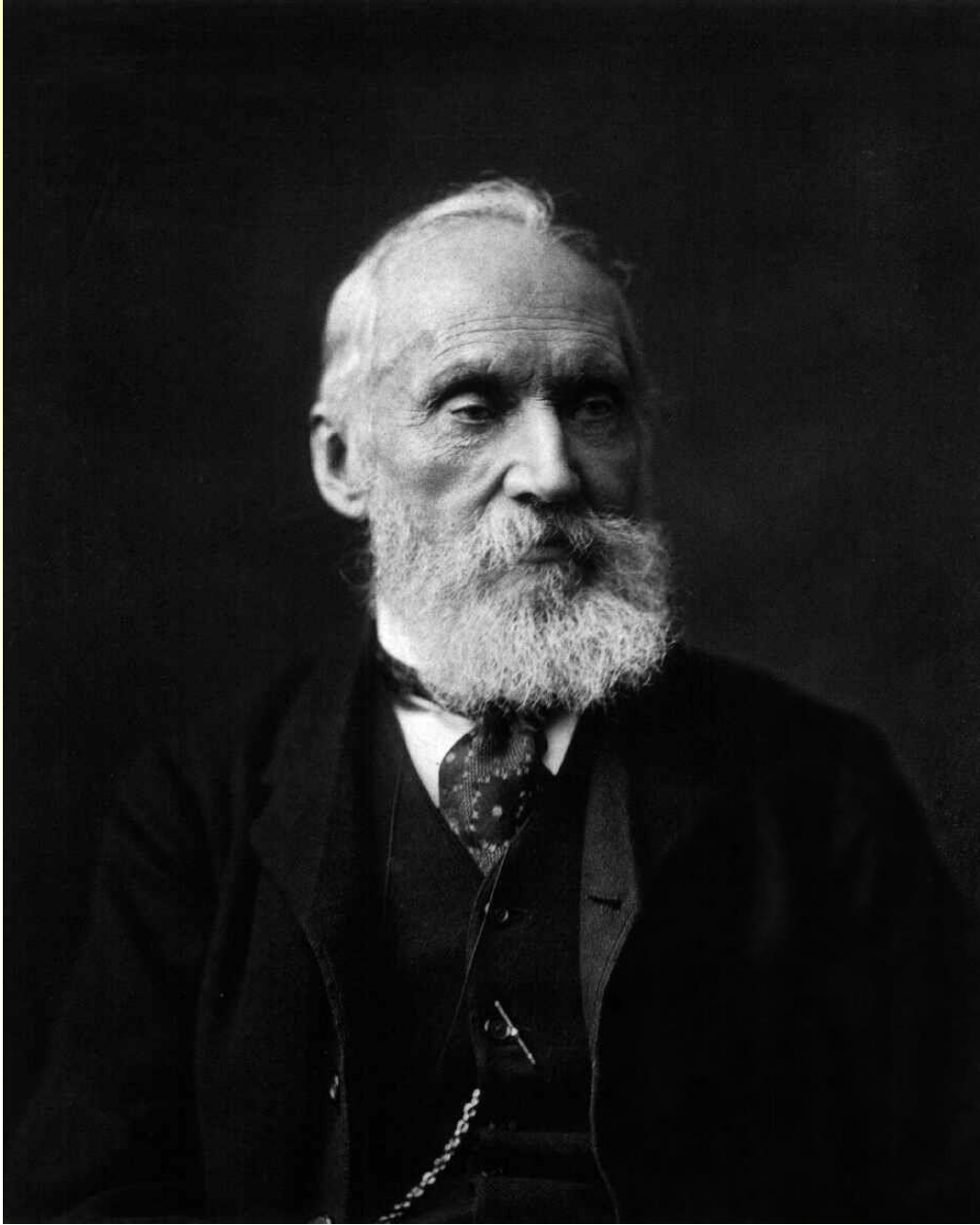


Si lo puedes medir,
lo puedes mejorar

William Thomson, Lord Kelvin



<p>Régimen Permanente</p>	<p>El equipo de medición dará un número o números que representen a la cantidad de la magnitud que se busca conocer</p>	<p>I, U, (continua)</p> <p>U_{ef}; I_{ef}</p> <p>P_{media}; cosφ, etc</p>
<p>Régimen transitorio</p>	<p>El equipo de medición dará como resultado una forma de onda en función del tiempo. Dependiendo de la complejidad del equipo, se podrán realizar sobre la onda obtenida, cálculos predeterminados. También, los valores medidos, se podrán pasar a una planilla de cálculo .</p>	<p>Osciloscopios</p> <p>Adquisidores de datos</p>

Clasificación de los instrumentos eléctricos indicadores

- ❖ ***Analógicos:*** la indicación resulta de relacionar la posición de un índice con una escala graduada (movimiento continuo).
- ❖ ***Digitales:***
 - la indicación aparece en forma numérica;
 - según el tratamiento que se da a la señal.

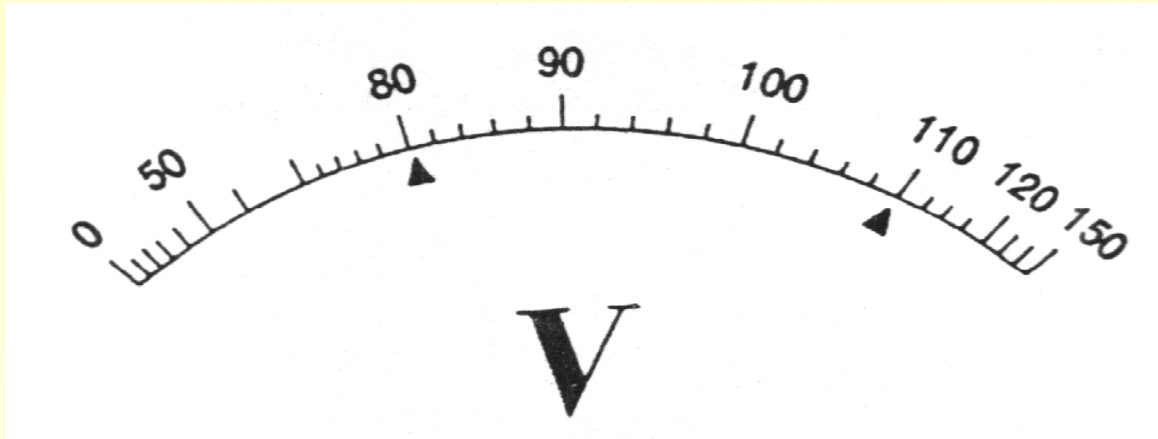
Características básicas de los aparatos indicadores Analógicos

Escala: conjunto de marcas y números con los que se efectúa la lectura del aparato

Trazos o marcas: señales que permiten relacionar la posición del índice con la escala

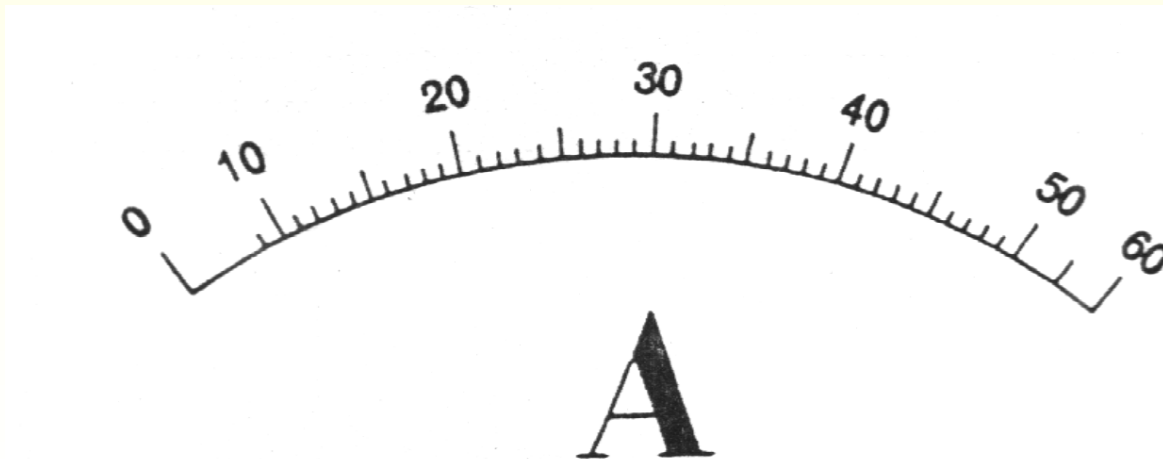
División: espacio entre marcas sucesivas

Ámbito de graduación y ámbito de medición



Graduación:
de 0 a 150 V

Medición:
de 80 a 110 V



Graduación:
de 0 a 60 A

Medición:
de 8 a 50 V

Valor fiduciario, X_f : valor convencional al cual se refieren los errores.

Error intrínseco (error propio): el que el aparato comete cuando se encuentra en condiciones normales o de referencia. (magnitudes de influencia)

Índice de clase, c : designación convencional de la clase de exactitud.

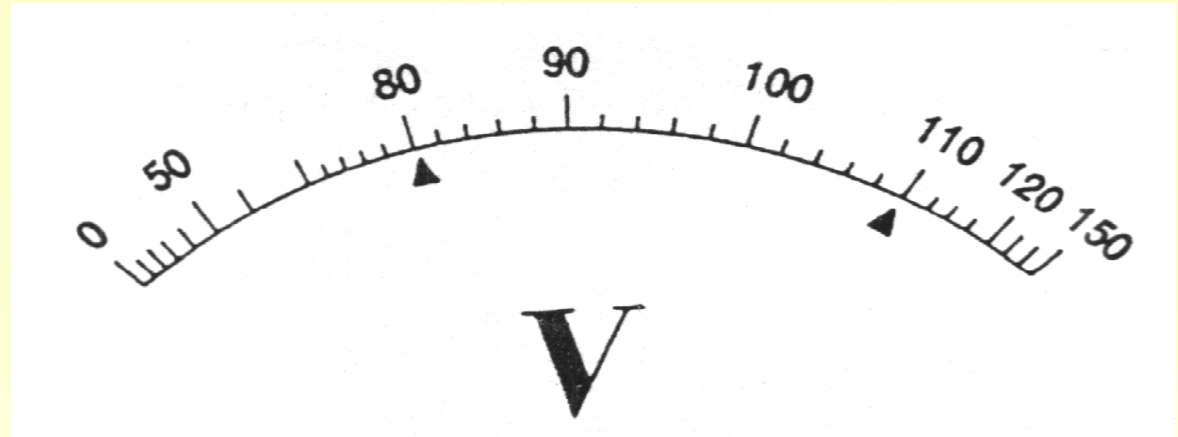
$$c = \frac{E_x}{X_f} * 100 \quad \Rightarrow \quad E_x = \pm \frac{c}{100} X_f \quad (\text{constante en toda la escala})$$

$$e_x = \pm \frac{E_x}{X_m} = \pm \frac{c \cdot X_f}{100 \cdot X_m} \quad \Rightarrow \quad \text{conviene medir a fondo de escala}$$

Índices de clase normalizados por IEC o IRAM

0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2,5 - 5

Lectura de un aparato analógico



Escala única: graduada directamente en unidades de la cantidad que se mide, como las figuras precedentes; la lectura es inmediata.

Escalas múltiples: se calcula para cada una la constante de lectura, k_x (cociente entre el valor máximo medible en el alcance seleccionado $X_{máx}$ y el número total de divisiones, $\delta_{máx}$)

$$k_x = \frac{X_{máx}}{\delta_{máx}} \quad \Rightarrow \quad X_m = k_x * \delta_m$$

• |



1 mA

10 mA

100 mA

1 A

10 A

3 mA

30 mA

300 mA

3 A

30 A

50 mV

3 V

10 V

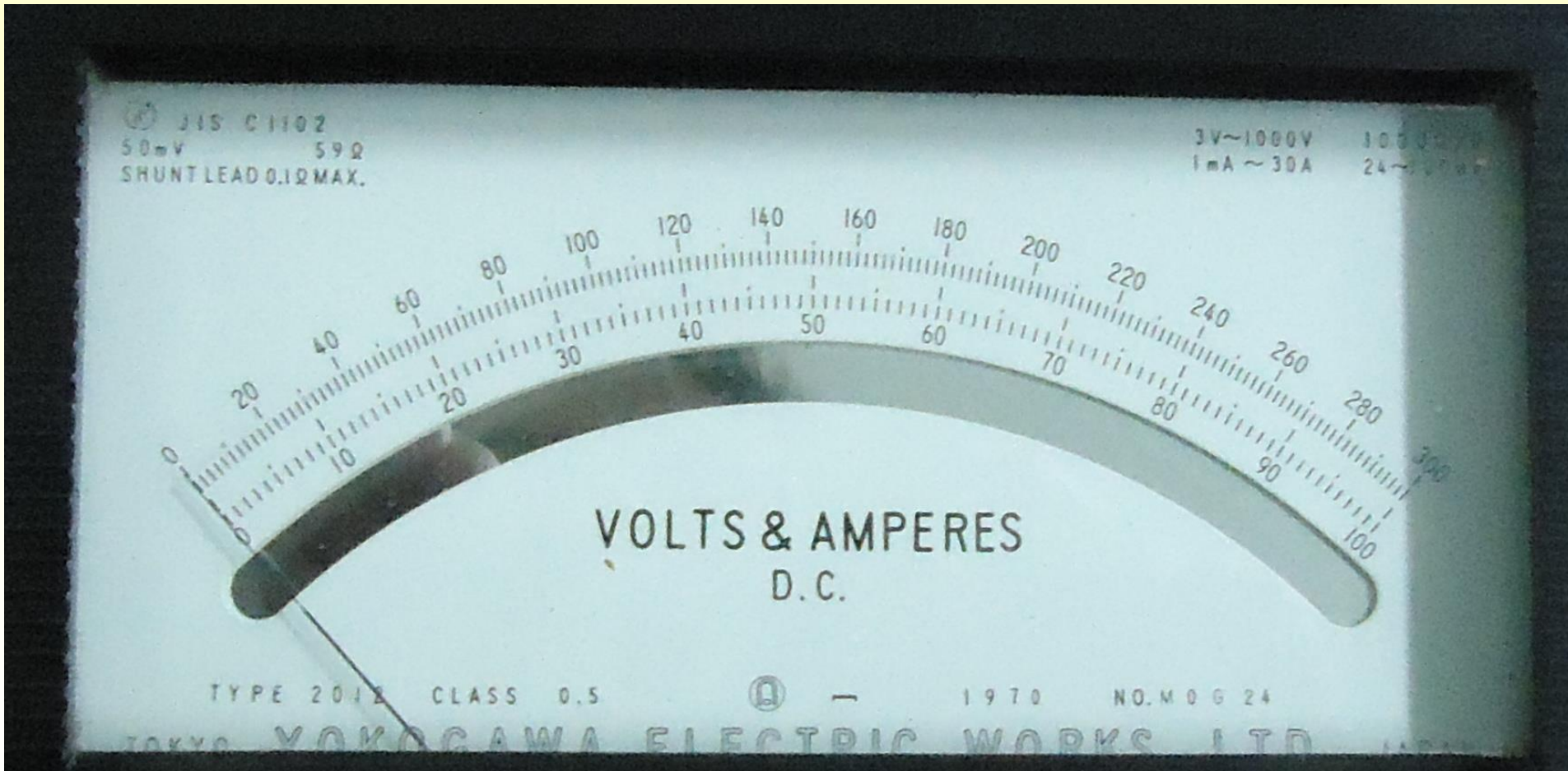
30 V

100 V

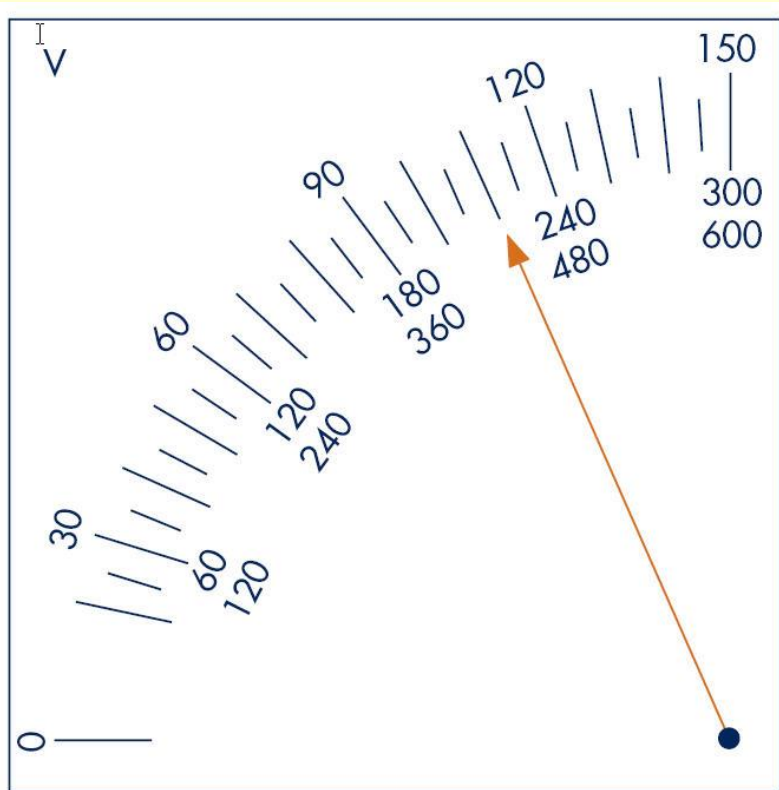
300 V

1000 V

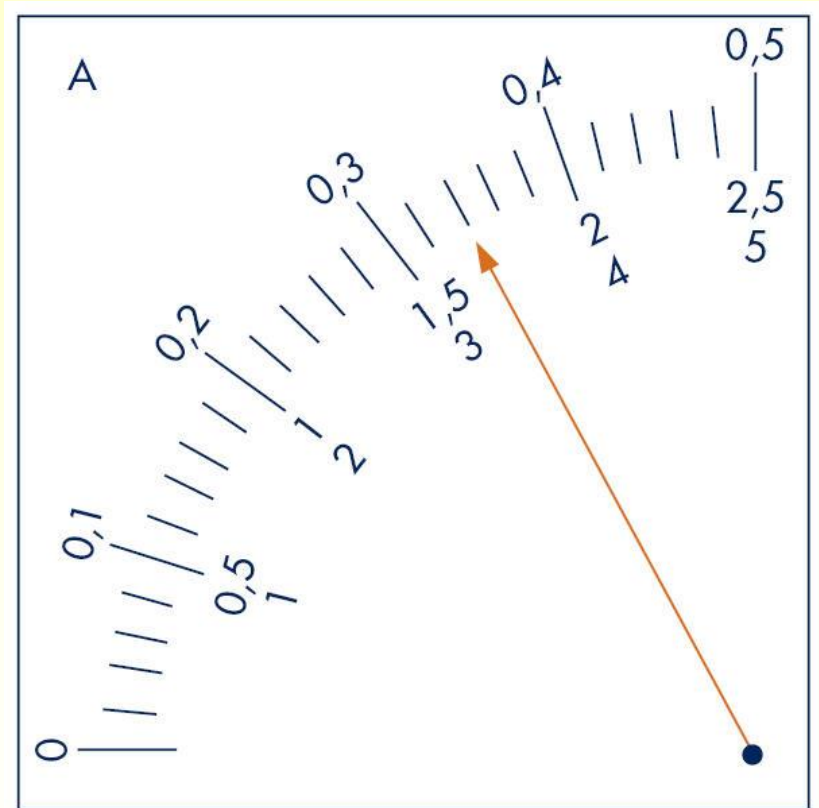
Escalas múltiples



Otros ejemplos de escalas



∅	∅	∅	∅
0 V	150 V	300 V	600 V



∅	∅	∅	∅
0	0,5 A	2,5 A	5 A

AT-1020
HANSEN



Características básicas de presentación de un Instrumento Digital

Número de dígitos (n): indicadores que pueden variar desde cero hasta nueve (un aparato de 4 dígitos tendrá una presentación mínima de 0000 y una máxima de 9999)

Aparatos de $n^{1/2}$ o $n^{3/4}$ dígitos: no todos los dígitos pueden adoptar cualquier valor.

Una versión muy difundida de $3^{1/2}$ dígitos posee presentación máxima de 1999 (cuentas)

Alcances: 200 mV, 2 V, 20 V, 200 V, 1000 V

Un ejemplo de óhmetro de $3^{3/4}$ dígitos puede corresponder a una presentación máxima de 3200 -

Alcances: 320 Ω , 3,2 k Ω , 32 k Ω , 320 k Ω , 3,2 M Ω , 32 M Ω



Expresión del error en Instrumentos Digitales

$$E_x = \pm(p * X_m + m \text{ dígitos})$$

p: porcentaje (del valor medido X_m)

m: cierta cantidad de dígitos, de los menos significativos

O también:

$$E_x = \pm(p * X_m + q * FS)$$

q: porcentaje (del valor de fondo de escala, FS : full scale)



Ejemplo: medición de una tensión continua de aproximadamente 12 V.

a) voltímetro analógico: alcances 3 - 10 - 30 V, clase 0,5

b) voltímetro digital, 3½ dígitos, presentación máxima 1999, alcances 200 mV, 2 - 20 - 200 - 1000 V - $E_U = \pm (0,1 \% U_m + 2 \text{ dígitos})$

Analógico:

$$E_U = \pm \frac{0,5}{100} * 30V = \pm 0,15V = \pm 0,2V$$

$$e_U = \pm \left(\frac{0,15}{12} * 100 \right) = \pm 1,3\%$$

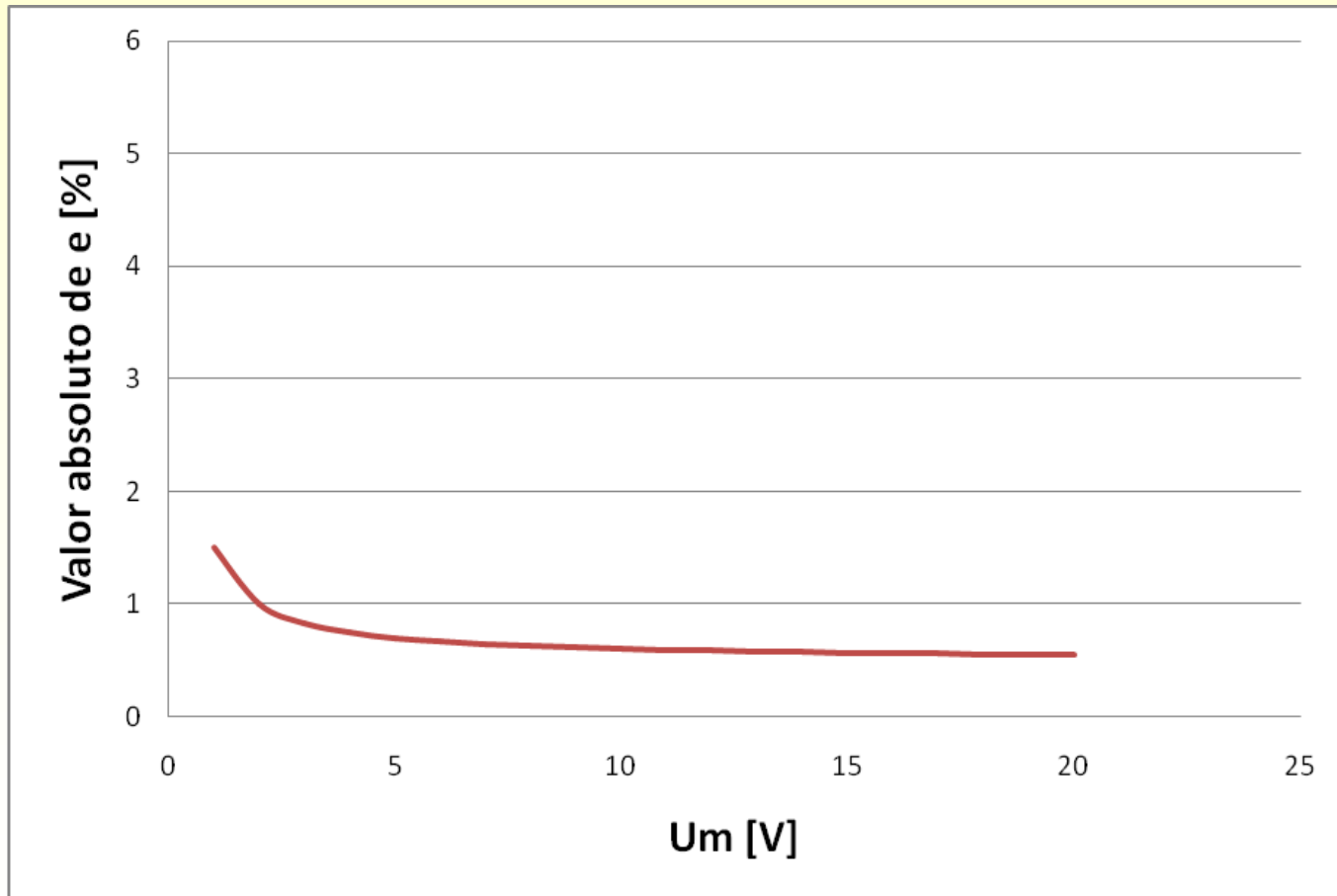
Digital:

$$E_U = \pm \left(\frac{0,1}{100} * 12 + 0,02 \right) V = \pm 0,032V = \pm 0,03V$$

$$e_U = \pm \left(\frac{0,032}{12} * 100 \right) = \pm 0,27\%$$

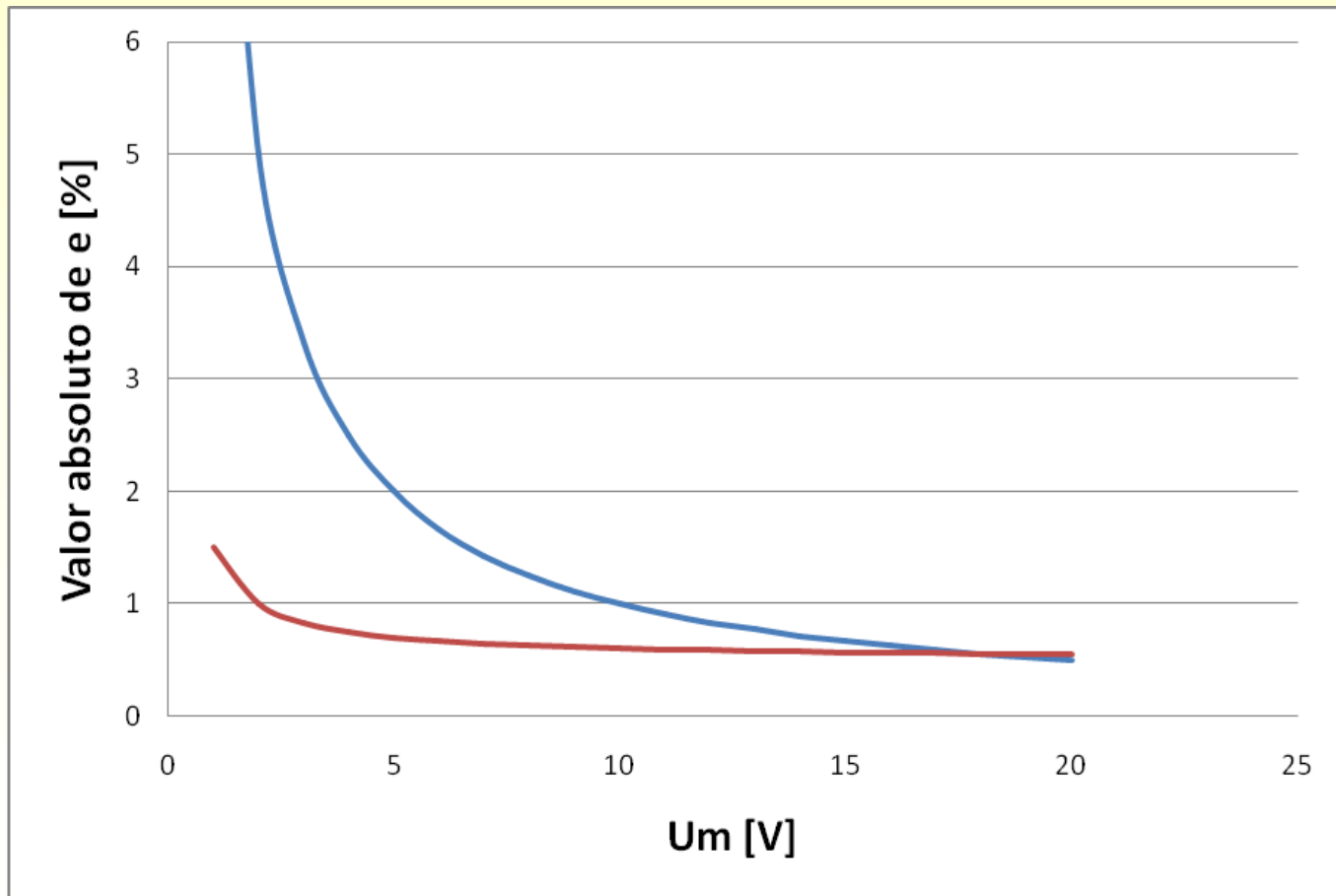
Valor absoluto de Error fortuito de un voltímetro digital en función del valor medido

Alcance 20 V – 3 1/2 dígitos – $E = \pm (0,5 \% \cdot U_m + 1 \text{ dig})$

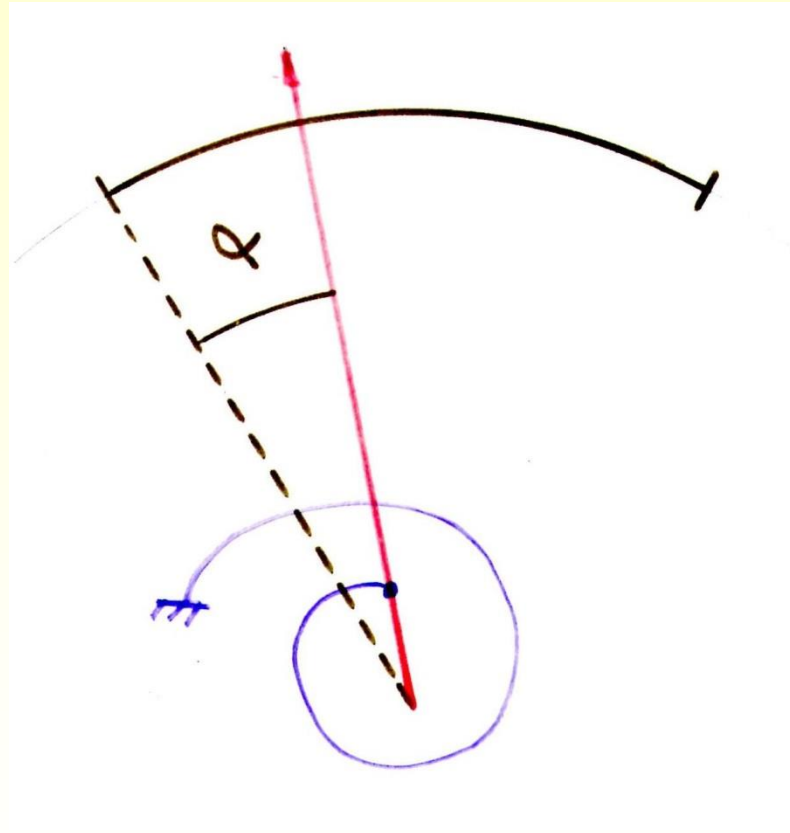


Comparación con el valor absoluto del Error fortuito de un un voltímetro análogo

Alcance 20 V – Clase 0,5



Principio general instrumentos analógicos



Cupla motora y cupla directriz

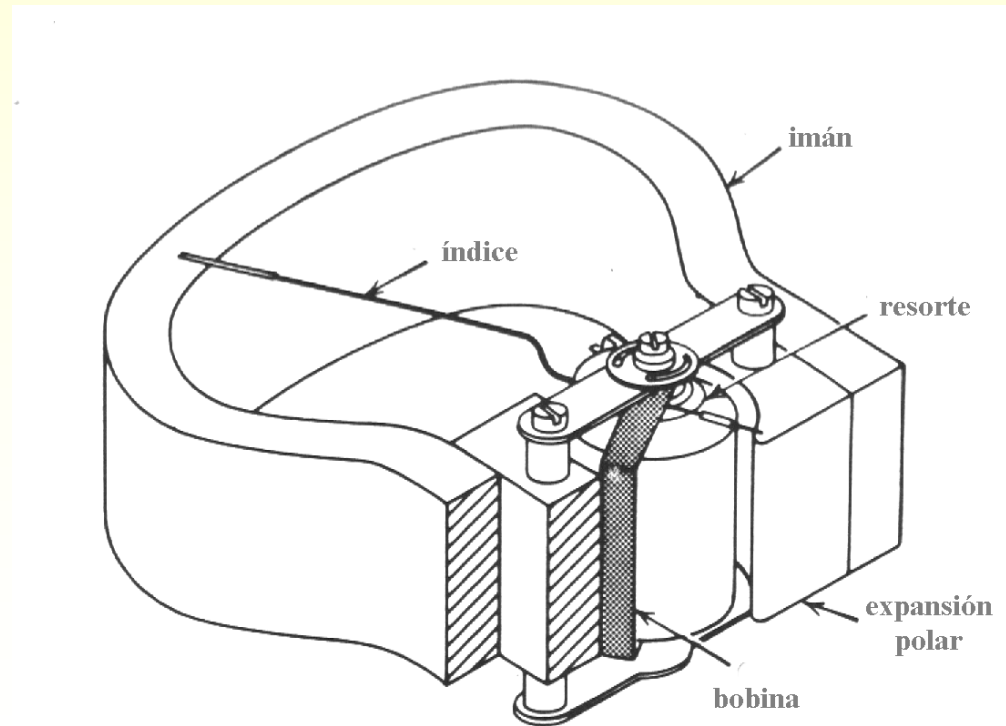
$$k_d \alpha = k \frac{1}{T} \int_0^T C_m dt$$

Instrumentos analógicos más usados

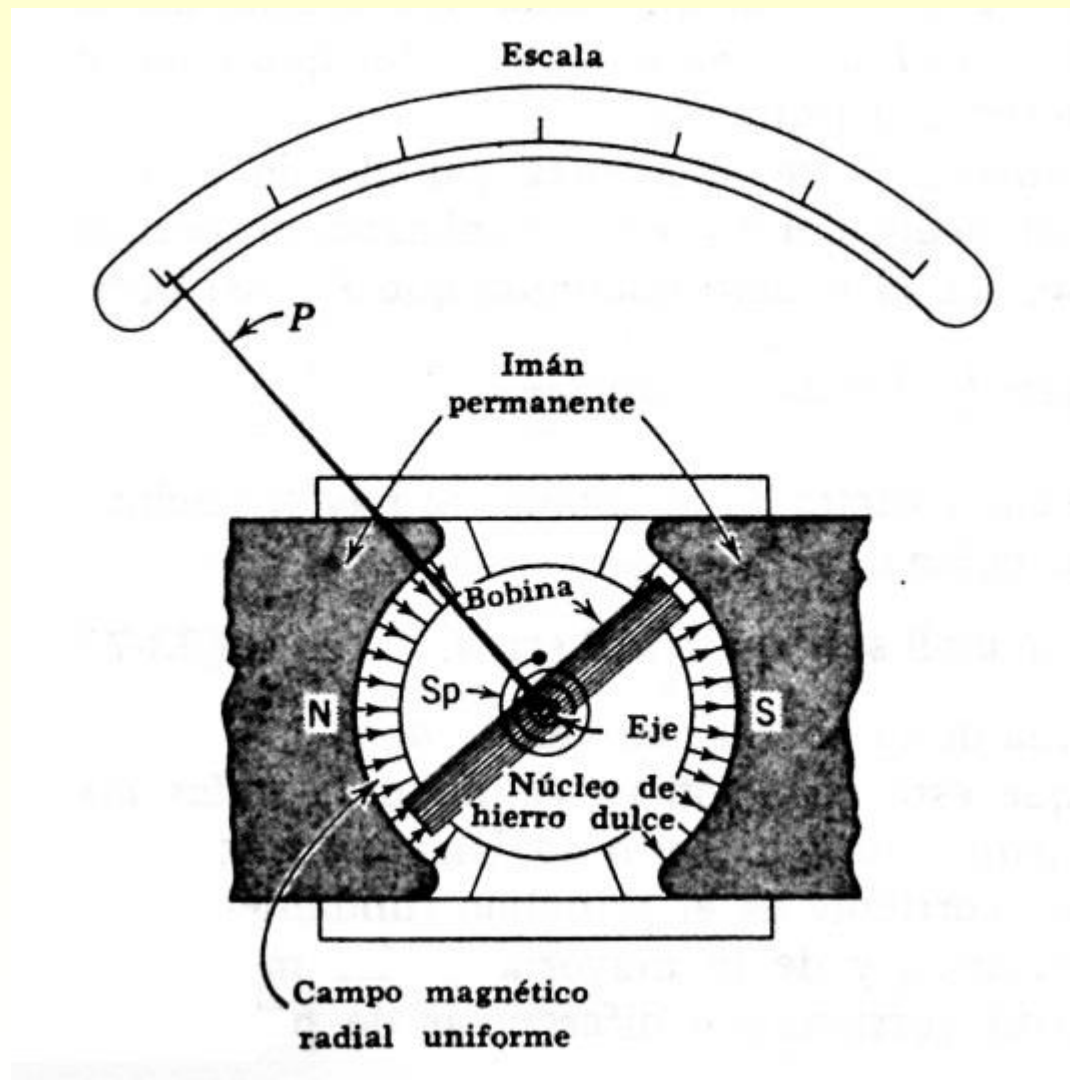
- * IPBM Imán permanente y bobina móvil
- * HM Hierro móvil
- * Electrodinámico

Instrumentos analógicos indicadores para corriente continua

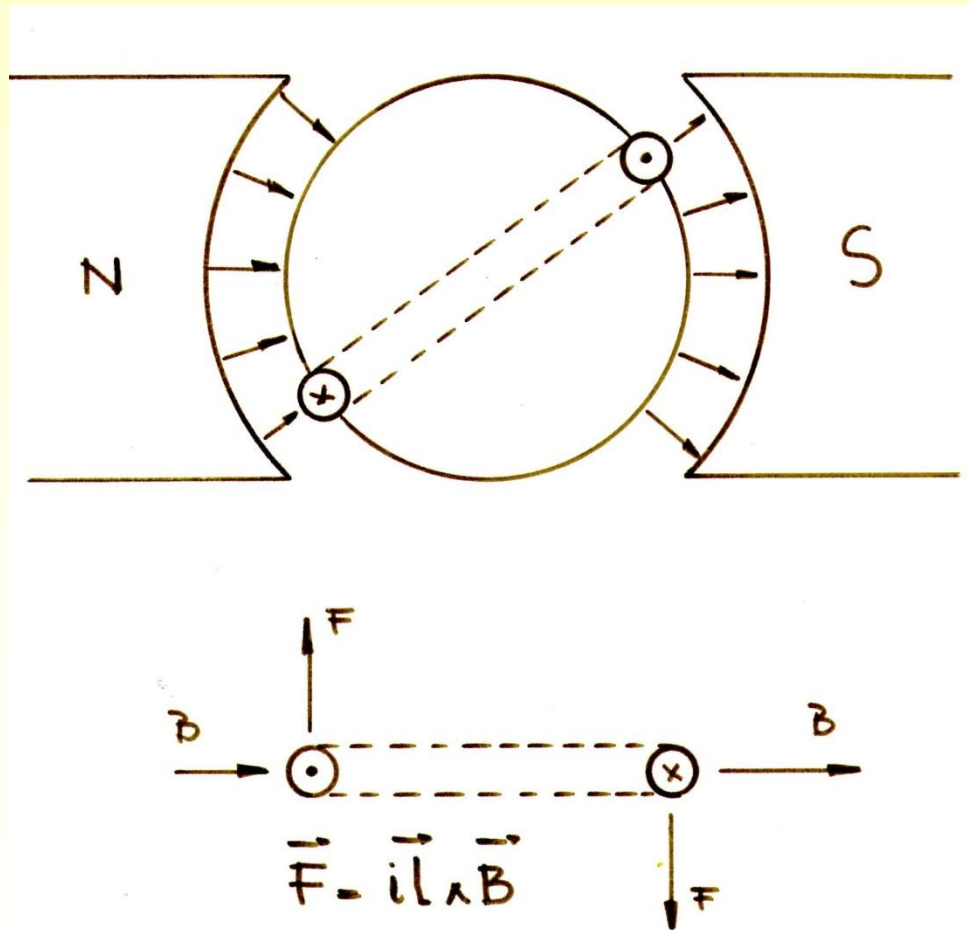
Aparatos de Imán Permanente y Bobina
Móvil (IPBM), o de D'Arsonval



Instrumentos analógicos indicadores para corriente continua



Instrumentos analógicos indicadores para corriente continua

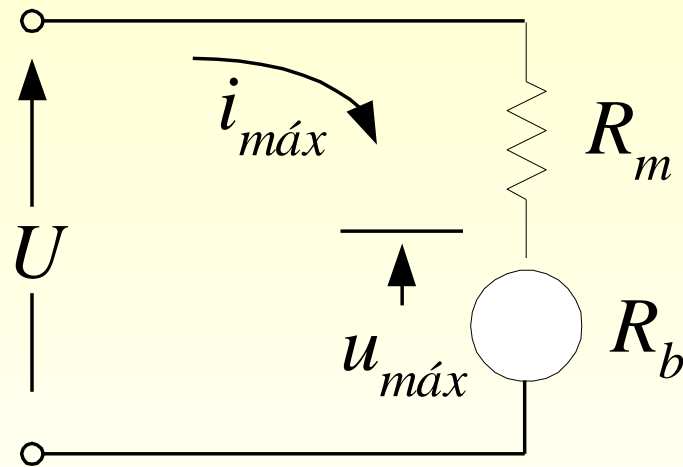


Cupla motora en IPBM

$$C_m = k' i$$

$$k_d \alpha = k k' \frac{1}{T} \int_0^T i dt$$

El instrumento de Imán Permanente y Bobina Móvil como Voltímetro

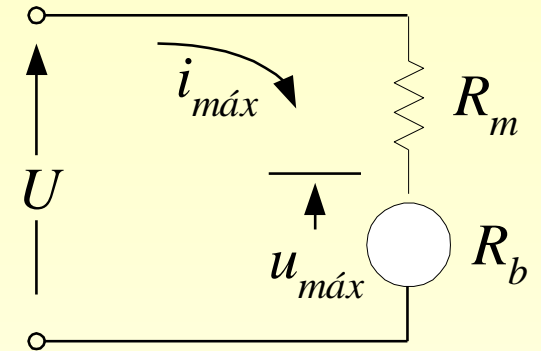


R_m : *resistencia multiplicadora*

$R_m + R_b$: resistencia interna del voltímetro, R_V

Para cualquier alcance se cumple:

$$i_{m\acute{a}x} = \frac{u_{m\acute{a}x}}{R_b} = \frac{U}{R_m + R_b} = \frac{U}{R_V}$$

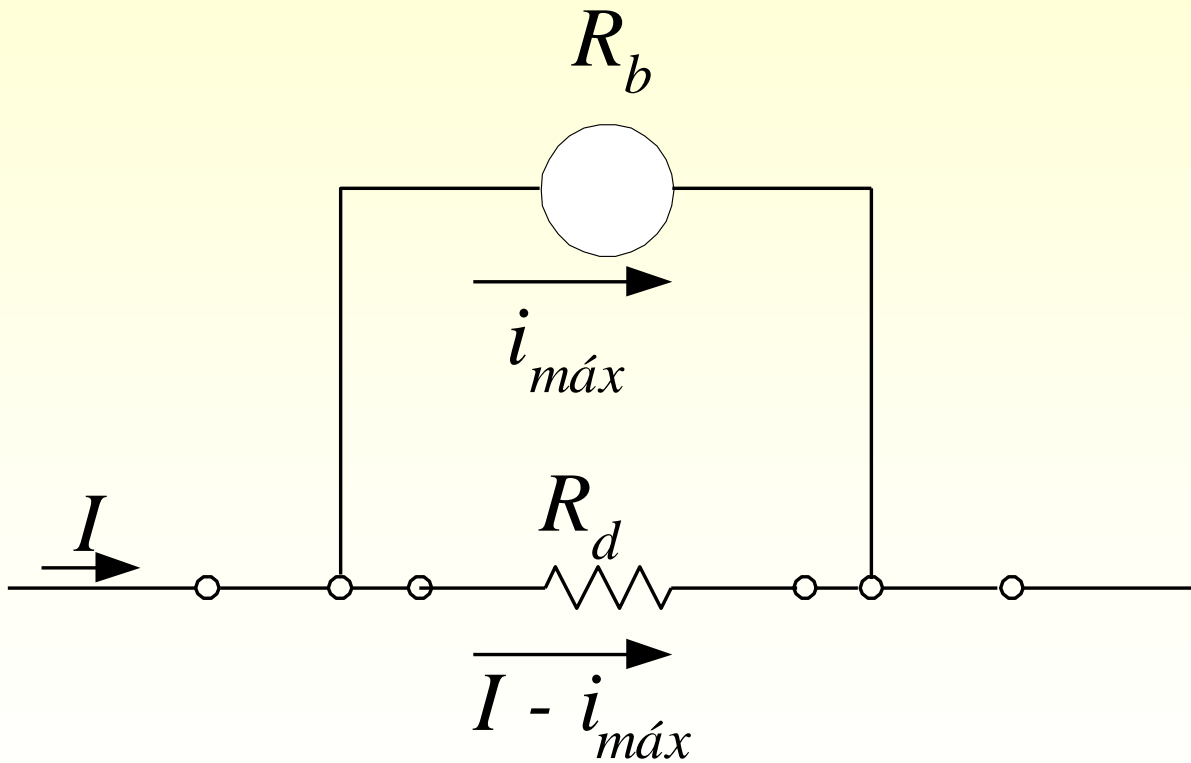


Que suele expresarse de la forma:

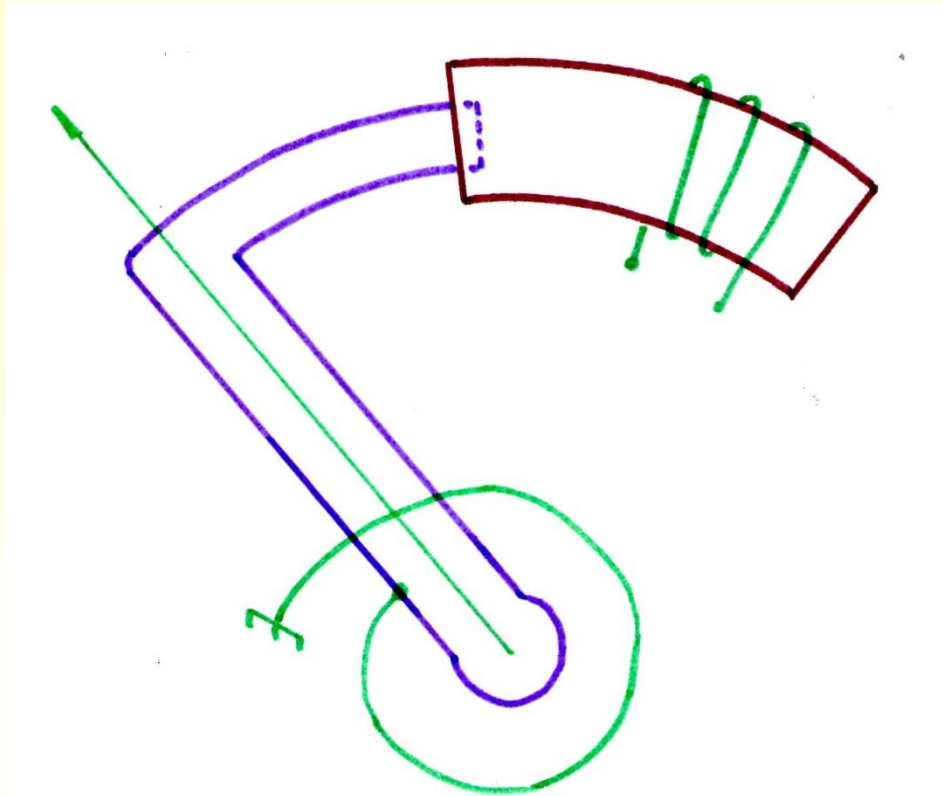
$$i_{m\acute{a}x} = \frac{1}{R_b / u_{m\acute{a}x}} = \frac{1}{R_V / U} = cte.$$

$\frac{R_V}{U}$: Cifra en Ω/V ; constante para un dado aparato.

El instrumento de Imán Permanente y Bobina Móvil como Amperímetro



Instrumentos analógicos indicadores de Hierro Móvil

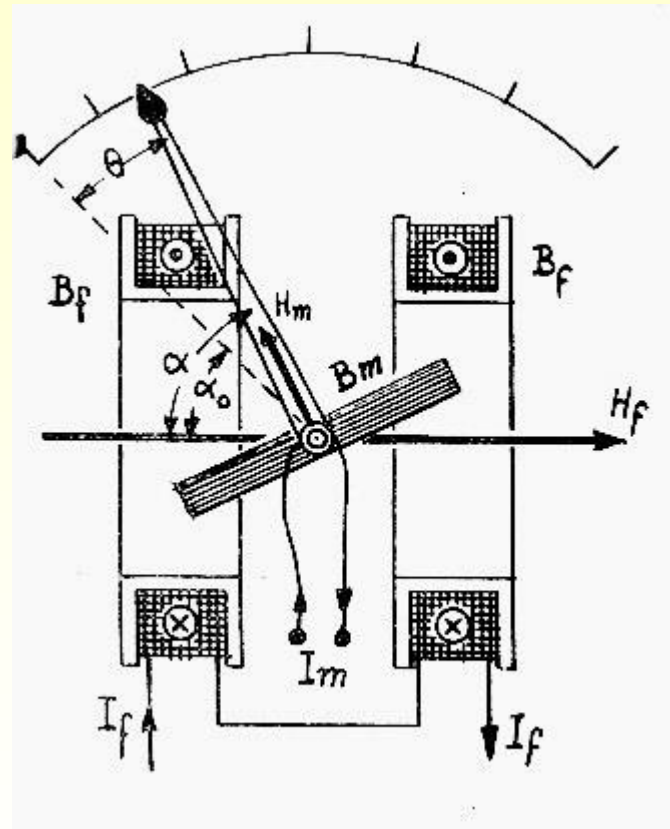


Cupla motora en el instrumento de Hierro Móvil

$$C_m = k * i^2$$

$$k_d \alpha = k k' \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt = k^* I_{ef}^2$$

Instrumentos analógicos indicadores Electrodinámicos



Cupla motora en el instrumento Electrodinámico

$$C_m = k * i_f * i_m$$

$$k_d \alpha = k k' \frac{1}{T} \int_0^T i_f * i_m * dt$$

Si

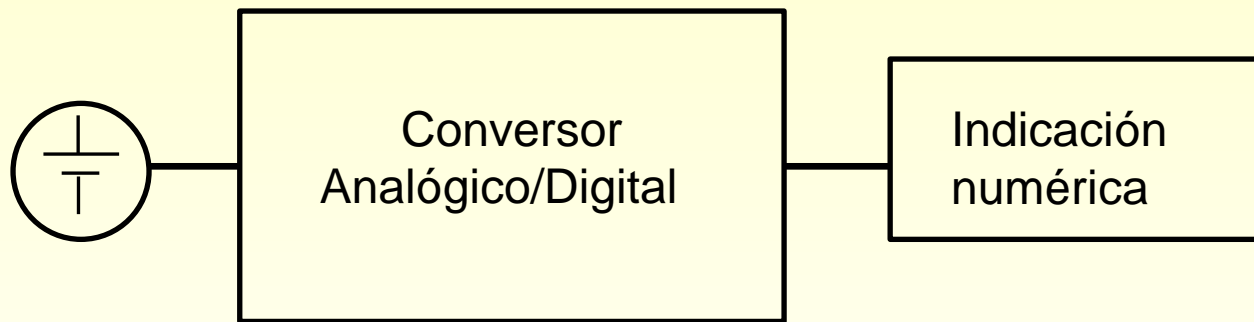
$$i_m \equiv U_{cr} \sin \omega t$$
$$i_f \equiv I_{cr} \sin(\omega t - \varphi)$$

Entonces

$$\alpha \equiv U_{ef} I_{ef} \left(\frac{1}{T} \int_0^t \cos \varphi dt - \frac{1}{T} \int_0^T \cos(2\omega t - \varphi) dt \right)$$

$$\alpha \equiv P_{media}$$

Esquema simplificado de un voltímetro digital de continua

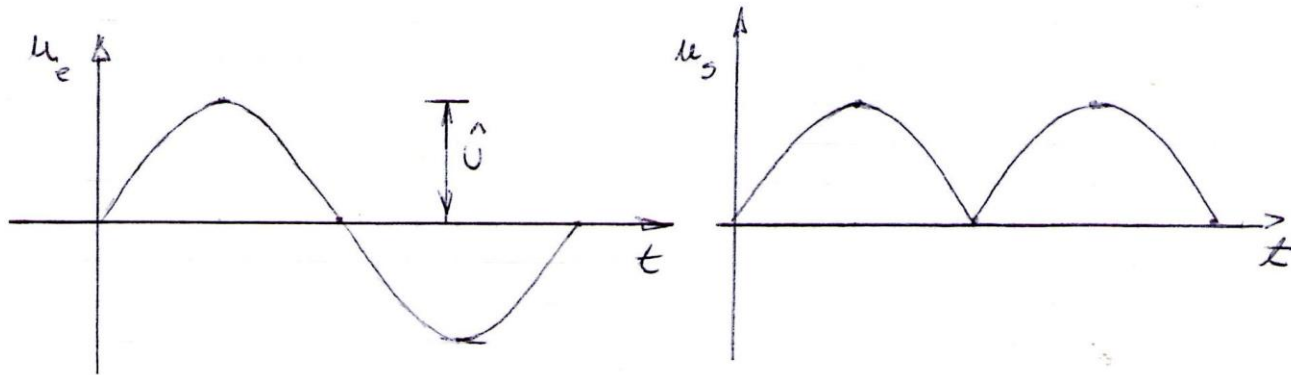


- Exactitud
- Resistencia de entrada
- NMRR
- CMRR efectivo
- Rangos de medición

Esquema simplificado de un voltímetro digital de alterna basado en el valor medio



Rangos de medición
Exactitud
Rango de frecuencia de uso o
BW
Factor de forma de onda
Impedancia de entrada
CMRR

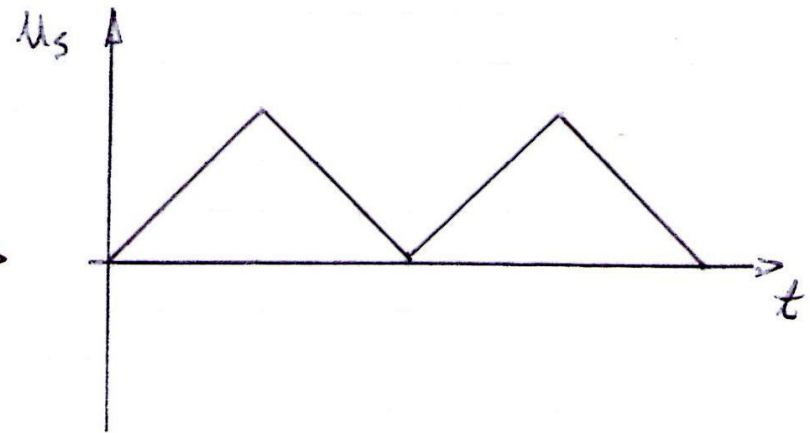
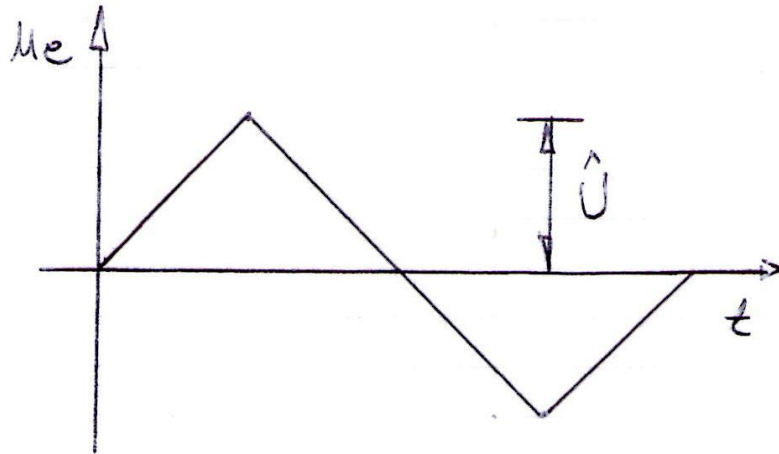


$$\bar{U} = \frac{1}{T} \int_0^T \hat{U} \sin \omega t \, dt = \frac{1}{T} \cdot 2 \int_0^{T/2} \hat{U} \sin \omega t \, dt$$

$$= \frac{2\hat{U}}{T} \left[-\frac{\cos \omega t}{\omega} \right]_0^{T/2} = -\frac{2\hat{U}}{\omega T} \left(\cos \cancel{2\pi \frac{1}{T} \frac{T}{2}} - 1 \right)$$

$$= \frac{2\hat{U}}{\cancel{2\pi \frac{1}{T}} \cancel{T}} \cdot 2 = \frac{2\hat{U}}{\pi} = \frac{2 U_{ej} \cdot \sqrt{2}}{\pi}$$

$$U_{ej} = \bar{U} \cdot \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = \bar{U} \cdot 1.11.$$



$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}$$

$$\bar{U} = \frac{\hat{U}}{2}$$

$$U_{eff} = \frac{2 \bar{U}}{\sqrt{3}} = 1,15 \bar{U}$$

Esquema simplificado de un voltímetro digital de alterna basado en el valor eficaz verdadero



Rangos de medición

Exactitud

Rango de frecuencias de uso o

BW

Factor de cresta

Impedancia de entrada

CMRR