

Curso en Auditoría y Ahorro Energético: *Viviendas y Terciario*

Energía Eléctrica ***Instrumentación*** **Módulo 4**

Camilo Carrillo

Universidad de Vigo

Vigo, 25 octubre 2011

1. Medida de parámetros lumínicos

CONCEPTOS LUMINOTÉCNICOS BÁSICOS

El flujo luminoso (Φ) en lumen (lm)

Es la cantidad de luz que emite una fuente luminosa.

Medida: Esfera Integradora

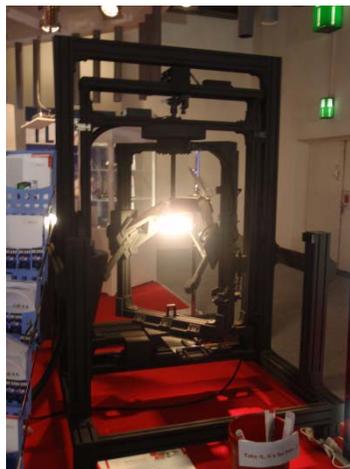
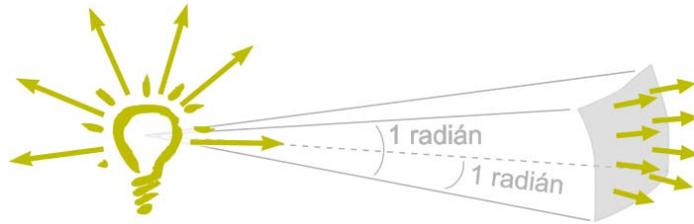


Esfera integradora

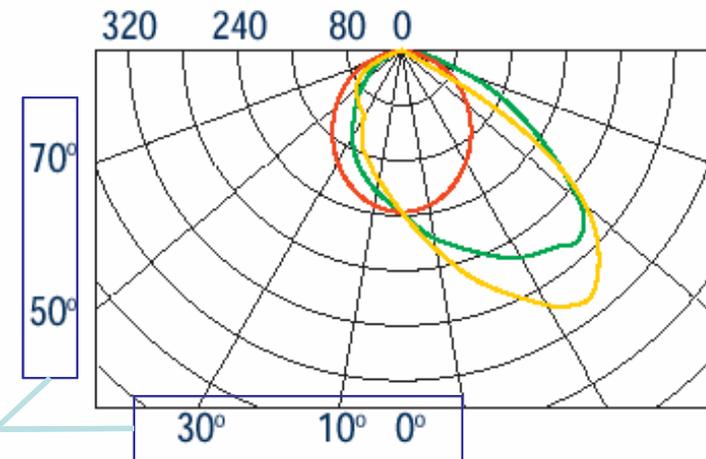
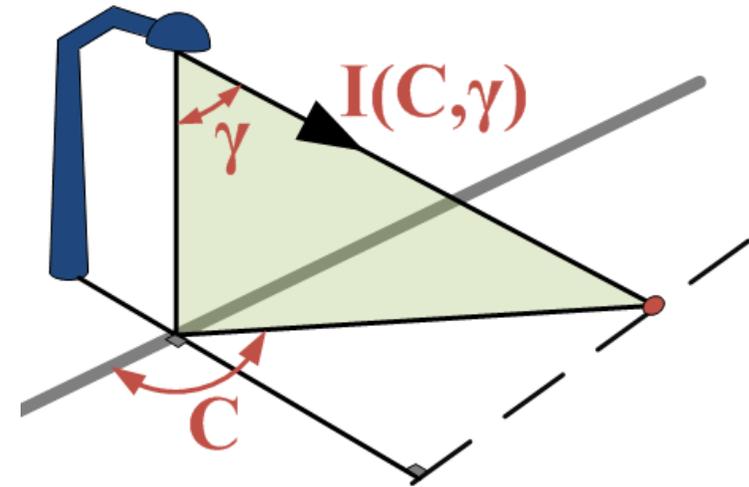
1. Medida de parámetros lumínicos

CONCEPTOS LUMINOTÉCNICOS BÁSICOS

La intensidad luminosa (I) en candelas (cd)
Es la densidad de luz que se encuentra dentro
de un estereoradian.
Se representa en forma de **diagrama polar** o
diagrama fotométrico.



Medida: **Gonio-fotómetro**



Unidad = cd/1000 lm

$C=90^\circ$ — $C=45^\circ$ — $C=0^\circ$ —

Diagrama polar

Ángulos
fotométricos o
de elevación γ

Ángulos de
azimut C

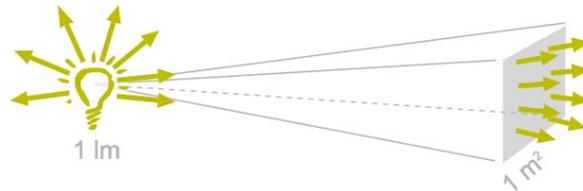
1. Medida de parámetros lumínicos

CONCEPTOS LUMINOTÉCNICOS BÁSICOS

La iluminancia (E) en luxes (lx)

Es la densidad de flujo luminoso que recibe una superficie

Medida: Luxómetro

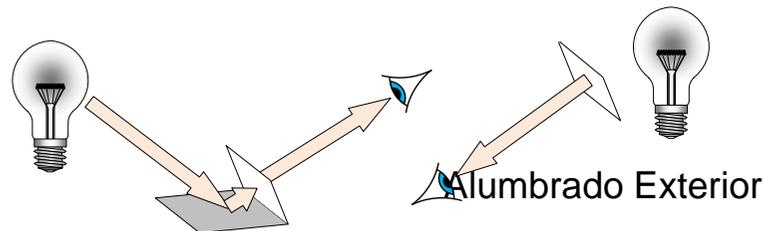


Luxómetro

La luminancia (L) en candelas por m² (cd/m²)

Es la intensidad luminosa *directa* desde una fuente de luz o *reflejada* por una superficie en una determinada dirección para una determinada unidad de área. Es equivalente al brillo.

Medida: Medidor de luminancia o luminancímetro



Medidor de luminancia

1. Medida de parámetros lumínicos

Calculo del flujo luminoso
 depende de la respuesta espectral del ojo.

La potencia radiante se pondera con la respuesta espectral del ojo.

$$P = 683 \sum_{\lambda=380}^{770} L(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda$$

$$S = 1699 \sum_{\lambda=380}^{770} L(\lambda) V'(\lambda) \Delta\lambda$$

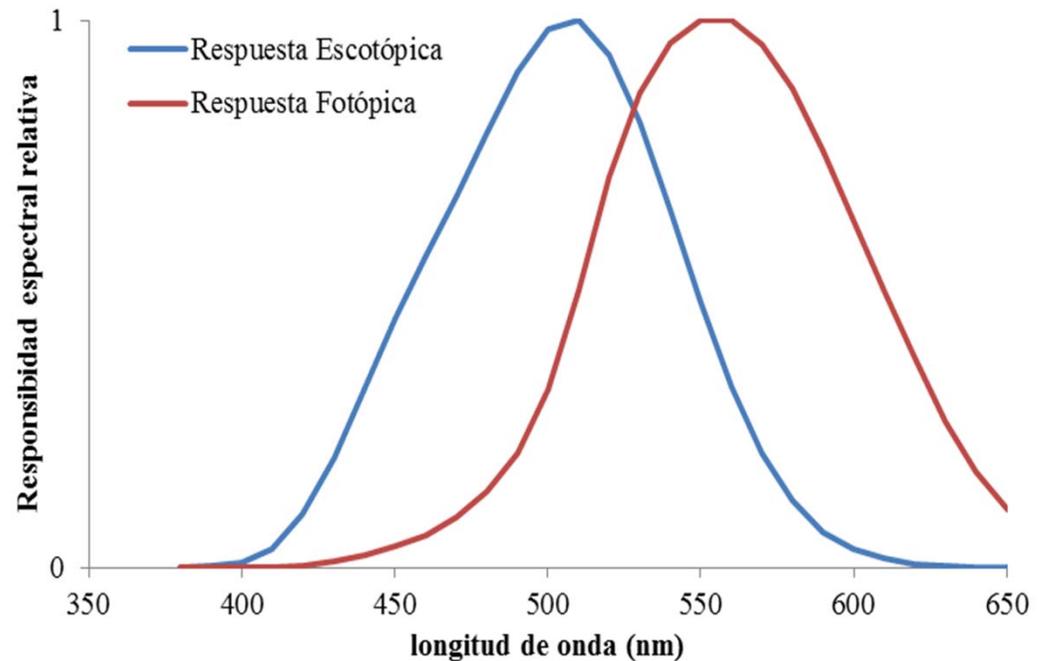
P: Lúmenes fotópicos

S: Lúmenes escotópicos

L: Potencia espectral

V: Respuesta espectral fotópica

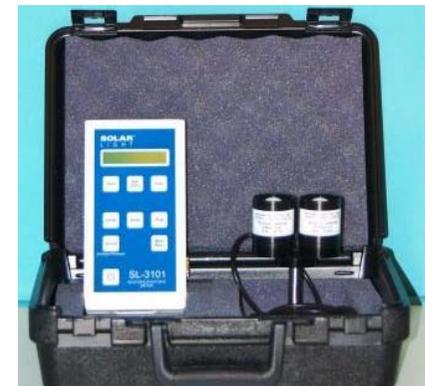
V': Respuesta espectral escotópica



Respuesta espectral de la visión fotópica y escotópica

P: Lúmenes fotópicos ó lúmenes → Variables fotópicas (lux, cd/m²...)

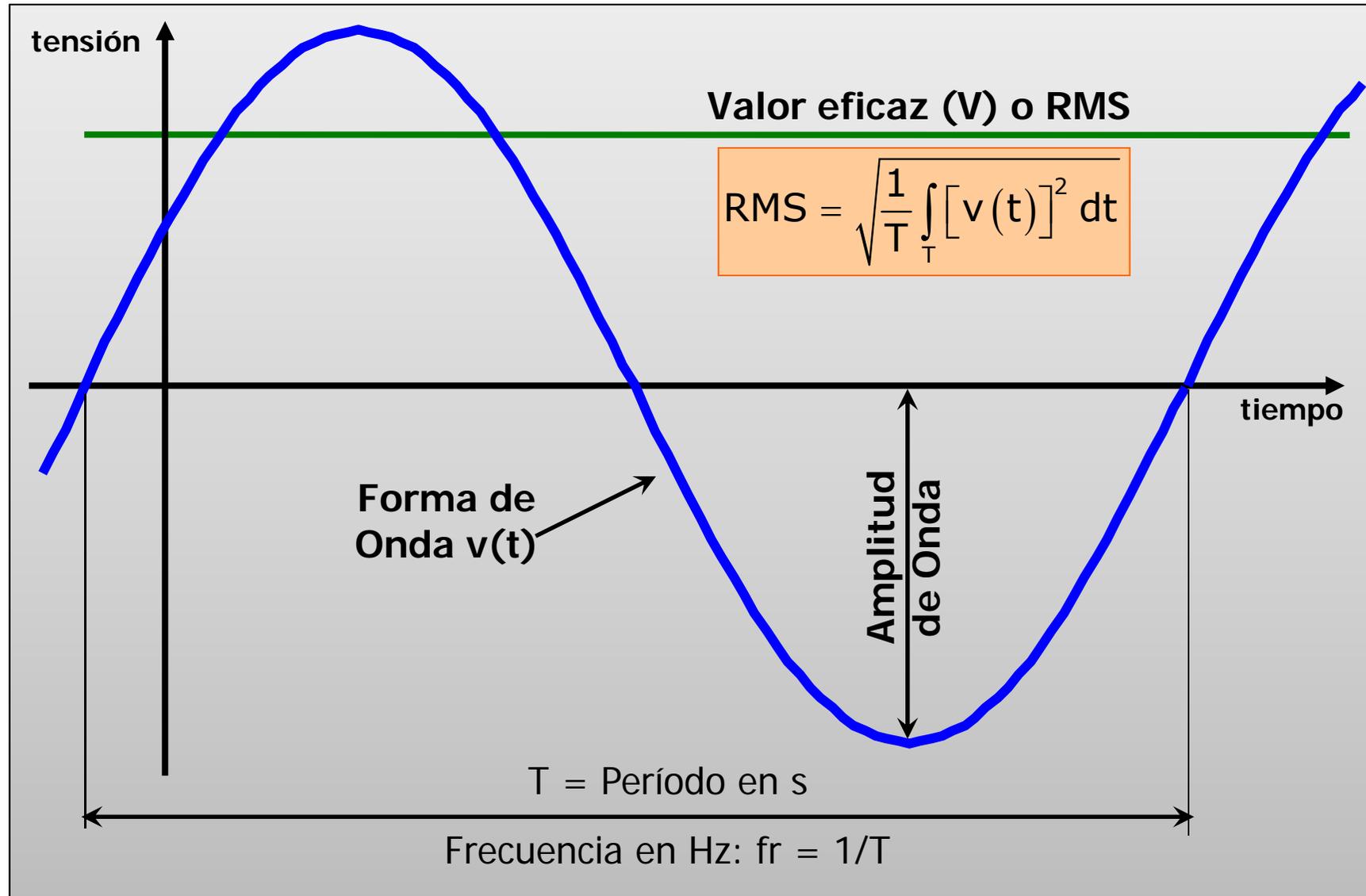
S: Lúmenes escotópicos → Variables escotópicas (lux, cd/m²...)



Luxómetro dual (fotópico y escotópico)

2. Medida de parámetros eléctricos

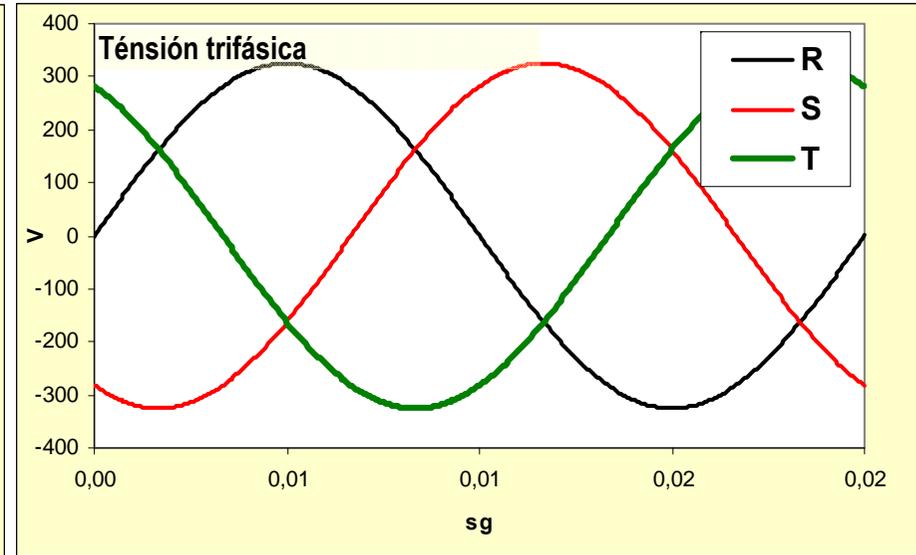
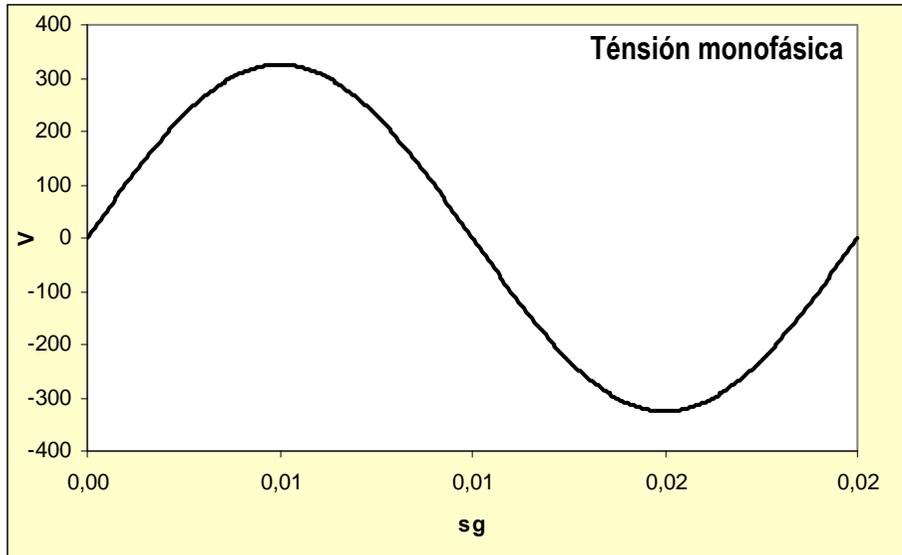
Tensión y corriente



2. Medida de parámetros eléctricos

Tensión y corriente

Tensión industrial



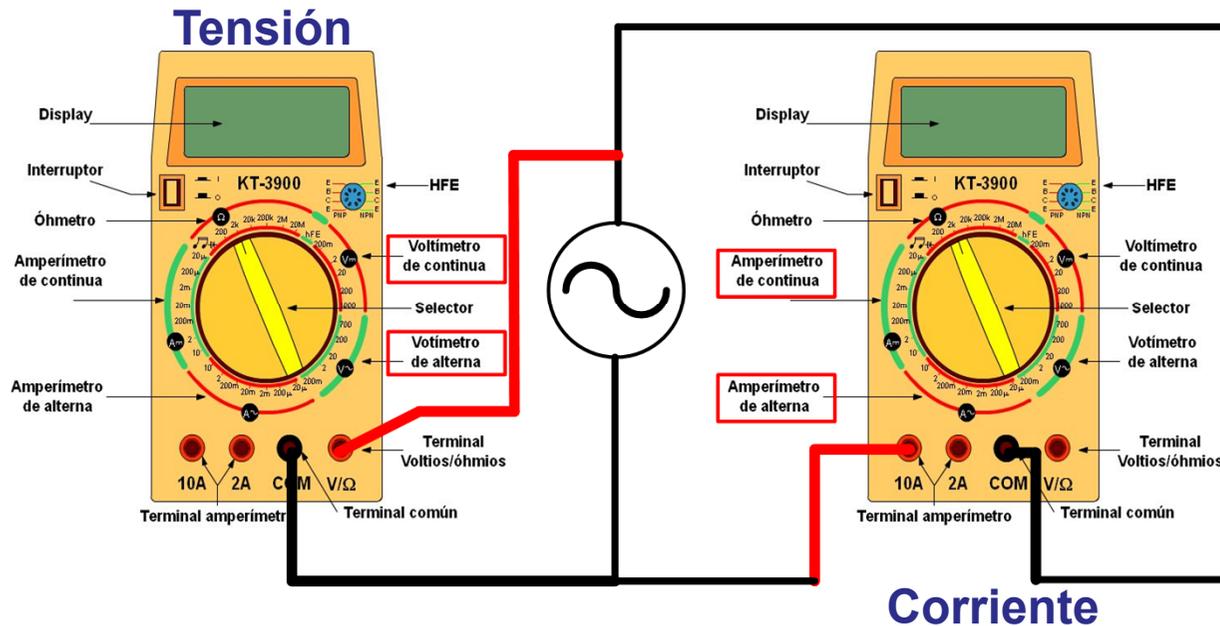
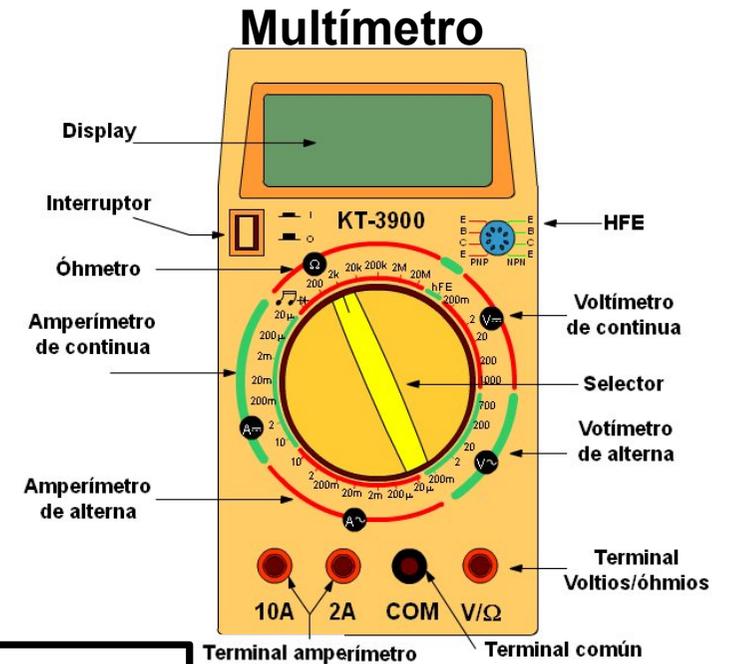
Características de la tensión industrial:

- Frecuencia: 50 Hz
- Valor Eficaz: 230 V (monofásica) / 400 V (trifásica)
- Valor de pico: 325 V (monofásica) / 565 V (trifásica)

2. Medida de parámetros eléctricos

Tensión y corriente

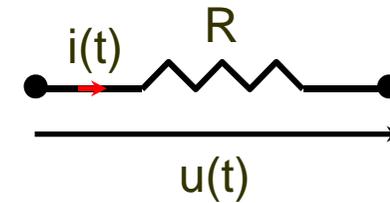
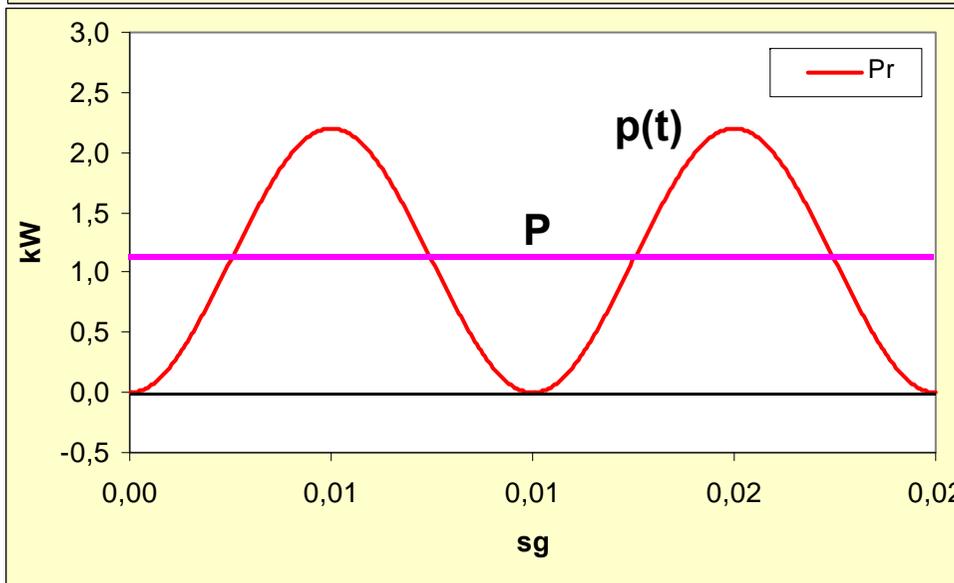
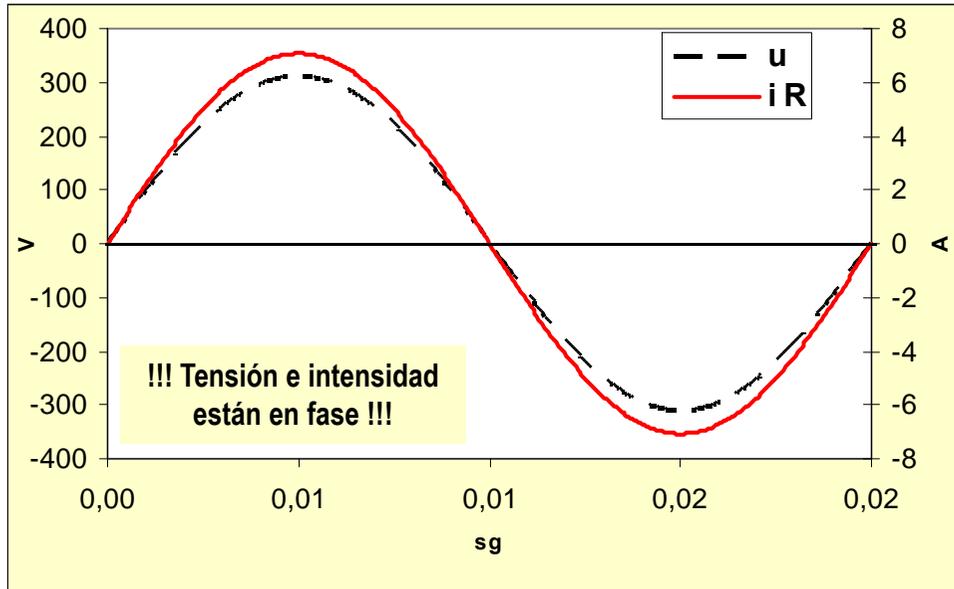
Medidas de tensión en paralelo
Medidas de corriente en serie



2. Medida de parámetros eléctricos

Potencia

Tensión e intensidad en una resistencia

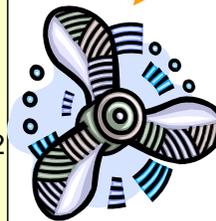


Potencia instantánea:

$$p(t) = u(t)i(t)$$

Potencia media o activa

$$P = UI \quad (W)$$

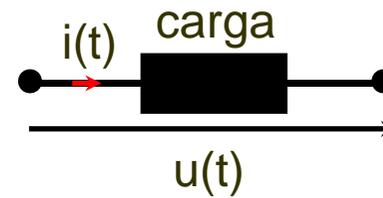
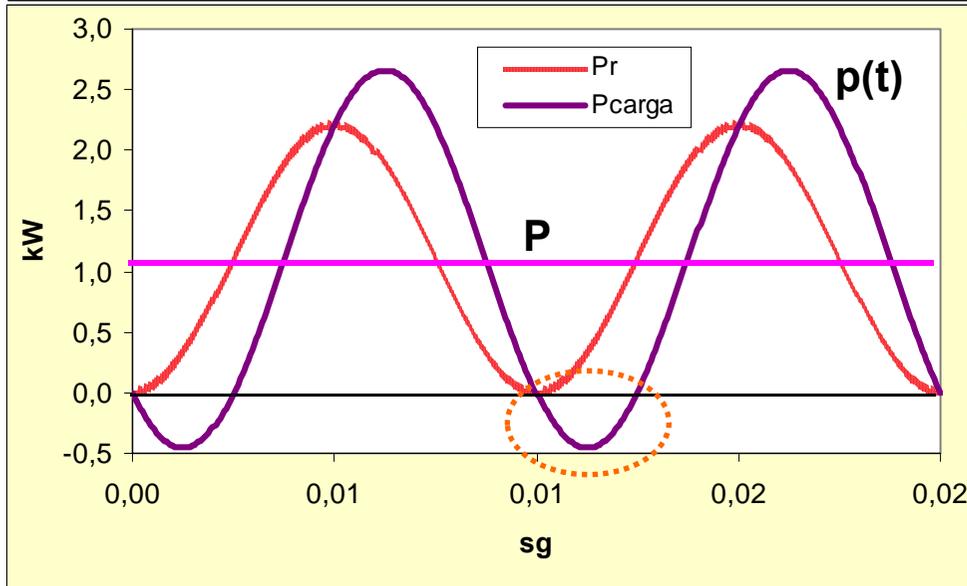
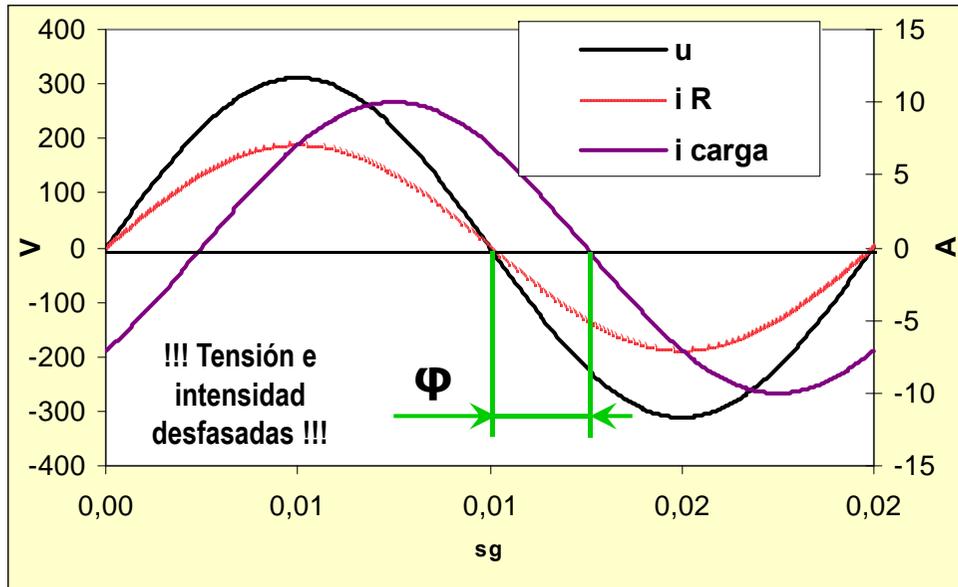


!!! TRABAJO ÚTIL !!!



2. Medida de parámetros eléctricos

Potencia



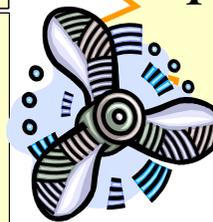
Potencia instantánea:

$$p(t) = u(t)i(t)$$

Potencia media

o activa:

$$P = UI \cos \varphi \quad (W)$$



φ : Desfase entre tensión e intensidad

Potencia aparente:

$$S = UI \quad (VA)$$

2. Medida de parámetros eléctricos

Potencia

Potencia reactiva:

- Relacionada con la creación de campos magnéticos (p.ej. motores eléctricos y transformadores).
- Relacionada con la creación de campos eléctricos (p.ej. Condensadores).
- Relacionada con distorsiones en la forma de onda de la tensión y/o intensidad (equipos electrónicos).
- Circulación de potencia “NO” relacionada con la generación de trabajo útil.
- Las cargas que llevan asociada la creación de un campo magnético (cargas inductivas) se dice que “consumen” potencia reactiva (ej. motores, lámparas fluorescentes,...).
- Las cargas que llevan asociada la creación de un campo eléctrico (cargas capacitivas) se dice que “generan” reactiva (ej. condensadores).

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$
$$VA_r$$

2. Medida de parámetros eléctricos

Potencia

Potencia en una carga

$$P = UI \cos \varphi$$

W

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

W

Factor de potencia:

$$0 \leq FP = \frac{P}{S} \leq 1$$

Cos φ :

Sistemas lineales :

$$FP = \cos \varphi$$

Sistemas no – lineales : $FP \neq \cos \varphi$

Potencia aparente:

$$S = UI$$

VA

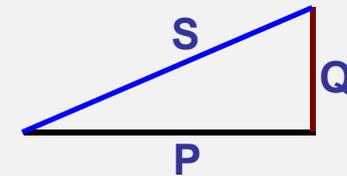
$$S = \sqrt{3} UI$$

VA

Potencia reactiva:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

VA_r

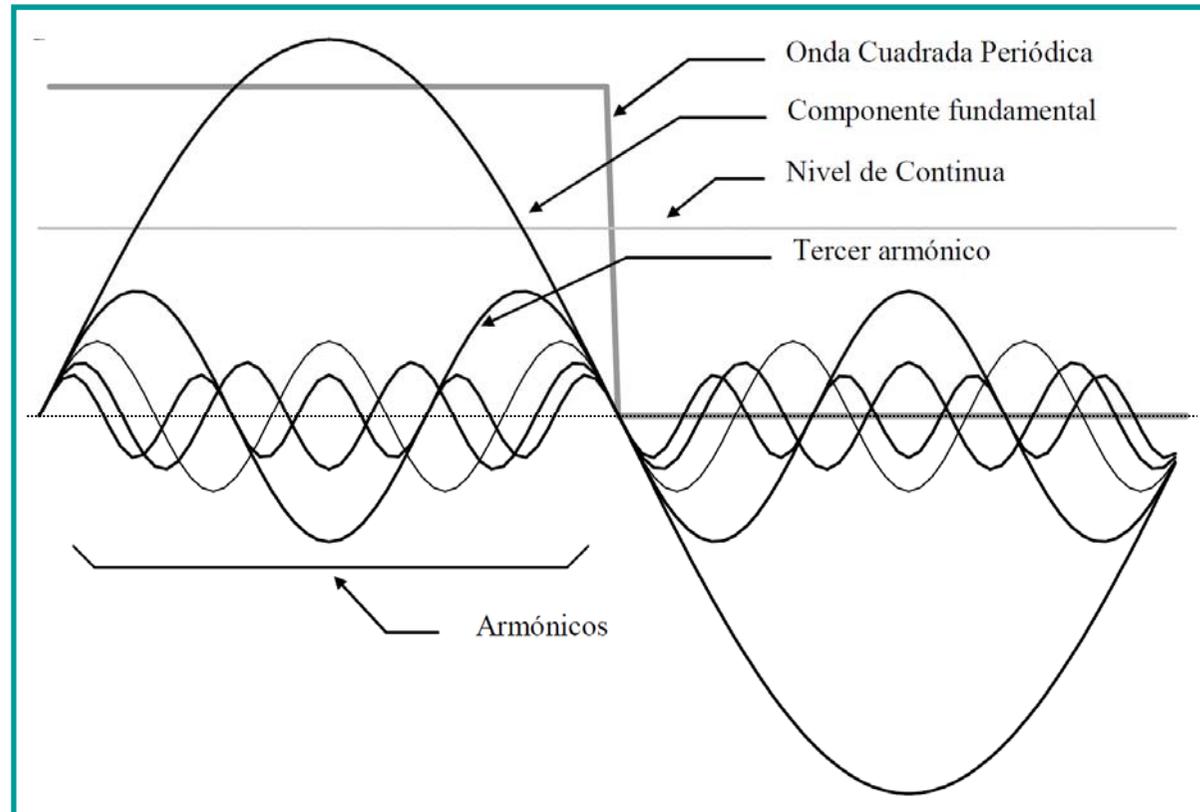


2. Medida de parámetros eléctricos

Armónicos

COMPONENTES ARMÓNICAS: Cualquier forma de onda periódica no sinusoidal de una frecuencia dada (frecuencia fundamental) se puede descomponer en ondas sinusoidales cuya frecuencia es múltiplo de la frecuencia fundamental más una componente continua.

- **COMPONENTE FUNDAMENTAL:** Componente de la misma frecuencia que la forma de onda original.
- **ARMÓNICO DE ORDEN h :** Componente de frecuencia h veces la fundamental.
- **COMPONENTE CONTINUA:** Valor medio de la forma de onda periódica.



2. Medida de parámetros eléctricos

Armónicos

- En REDES INDUSTRIALES las tensiones e intensidades tienen una frecuencia de 50 Hz. Esto quiere decir que la componente fundamental es de 50 Hz y los armónicos tienen una frecuencia múltiplo de este valor.
- Los armónicos habituales en la redes industriales son los impares, especialmente los armónicos 3º (150 Hz), el 5º (250 Hz) y el 7º (350 Hz).

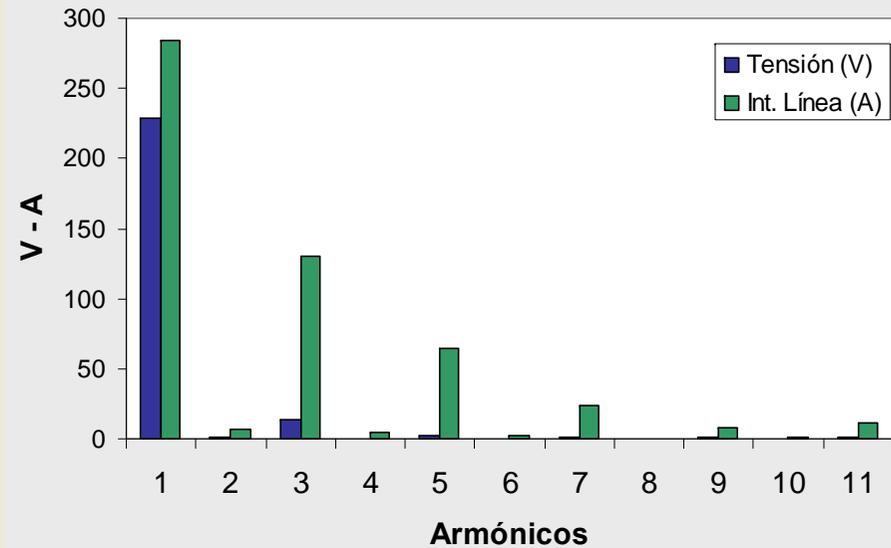
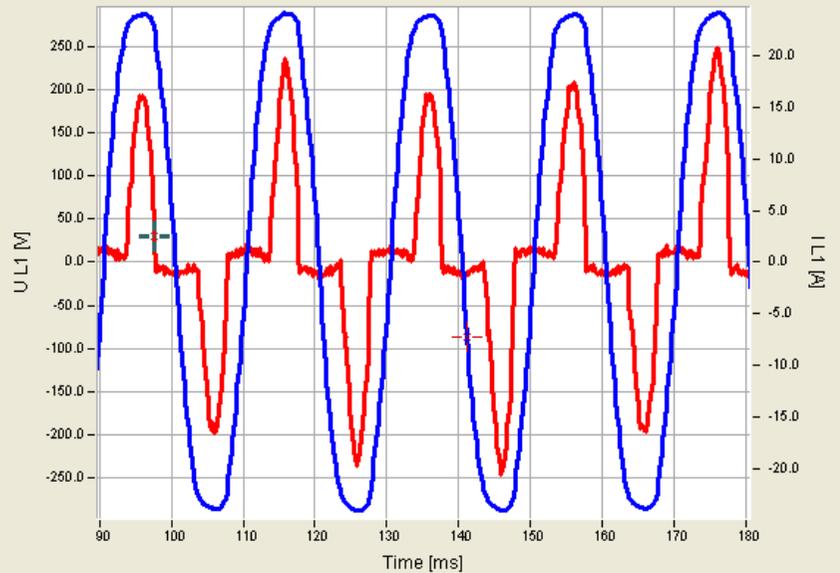
El **nivel de distorsión** de una forma de onda se valora con la denomina **Tasa Total de Distorsión Armónica o THD**, que se define como:

• Para la tensión: $THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^n U_h^2}}{U_1}$ • Para la intensidad: $THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^n I_h^2}}{I_1}$

Donde U_h e I_h representan los armónicos de tensión e intensidad de orden h , o lo que es lo mismo aquellos cuya frecuencia es $hx50Hz$.

2. Medida de parámetros eléctricos

Armónicos



Armónicos	Tensión (V)	Int. Línea (A)
1	229,09	284,23
3	13,86	130,14
5	2,04	64,39
7	1,58	23,79
9	1,02	8,30
11	0,75	10,80

THD_U = 6,24%

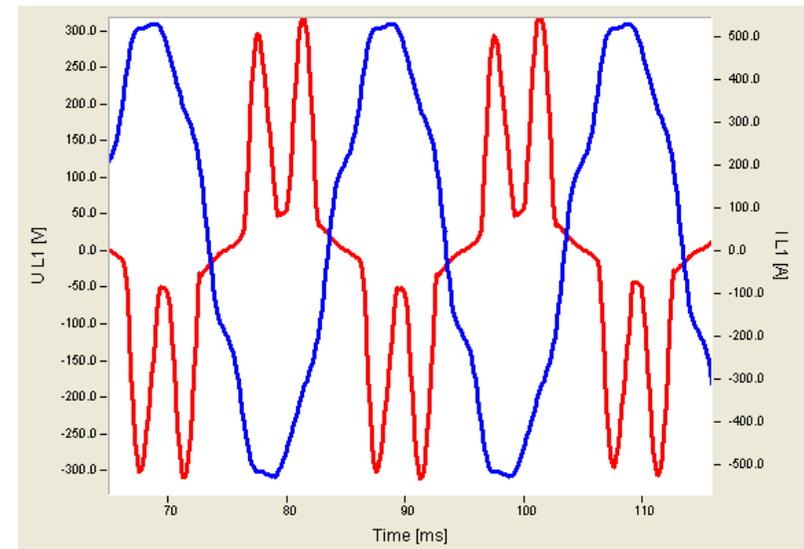
THD_I = 52,27%

2. Medida de parámetros eléctricos

Armónicos

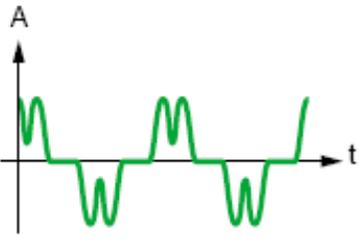
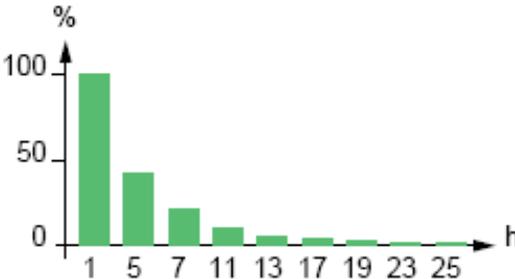
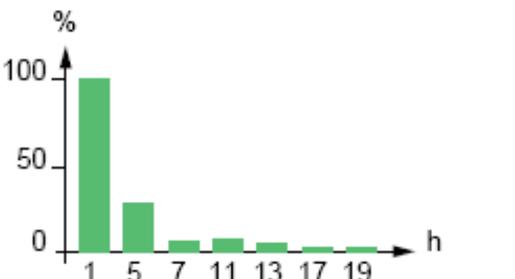
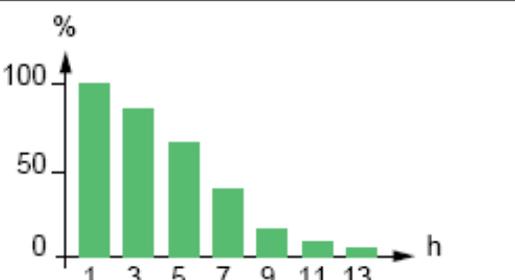
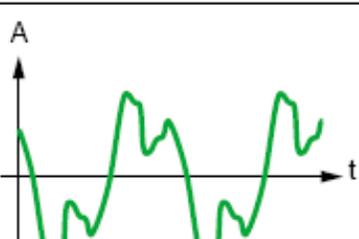
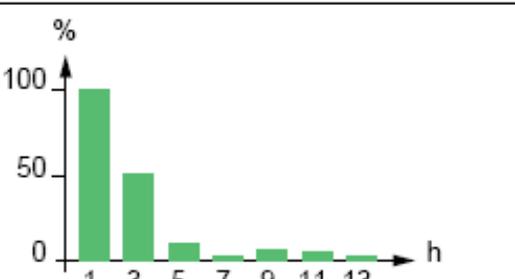
EFFECTOS DE LOS ARMÓNICOS:

- Sobre Condensadores: Sumideros de armónicos, calentamientos, resonancias
- Sobre Conductores: Calentamiento, acoplamiento entre cables cercanos, corrientes de neutro.
- Sobre Motores y Transformadores: Calentamiento.
- Sobre Equipos electrónicos: Mal funcionamiento
- Sobre Protecciones: Disparos inadecuados.



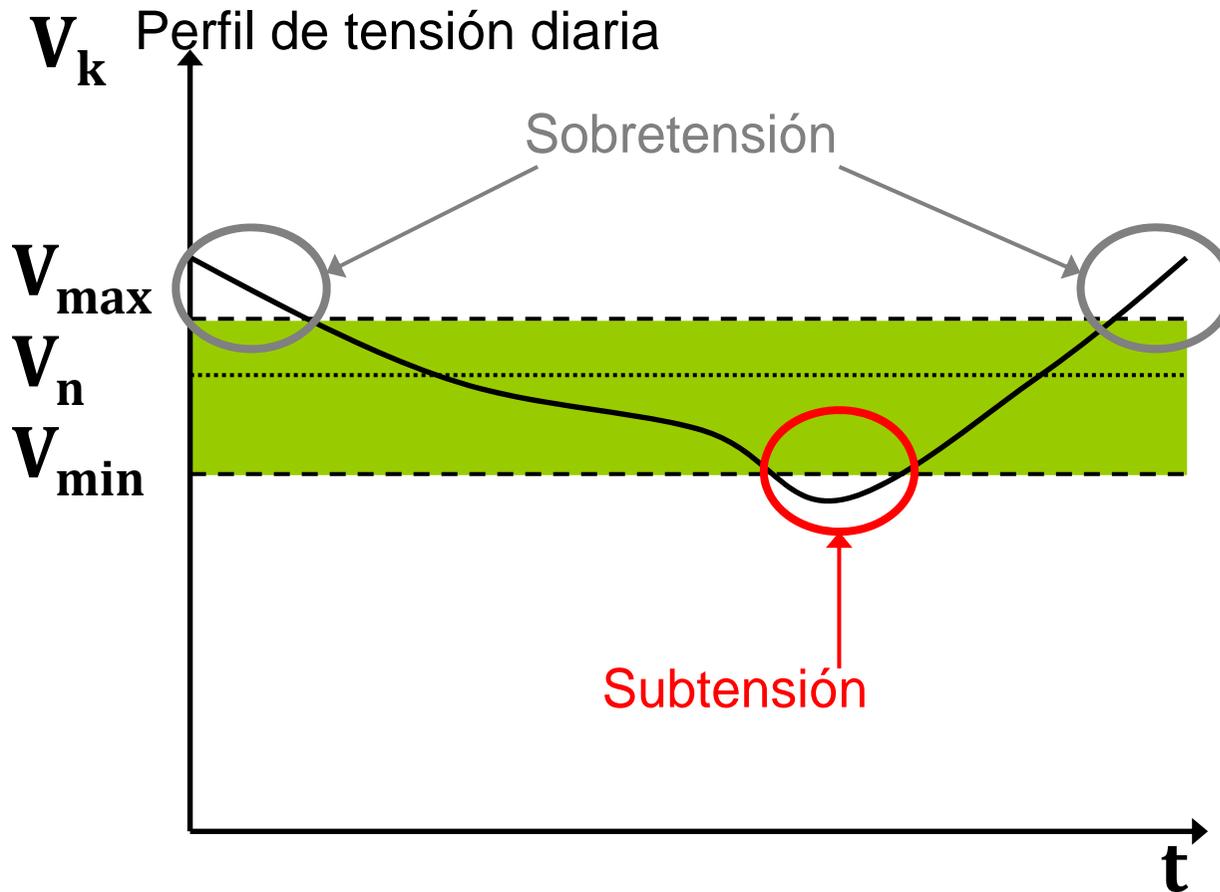
2. Medida de parámetros eléctricos

Armónicos

Non-linear loads	Current waveform	Spectrum	THD
Adjustable speed drive			44 %
Rectifier/charger			28 %
Data processing load			115 %
Fluorescent lighting			53 %

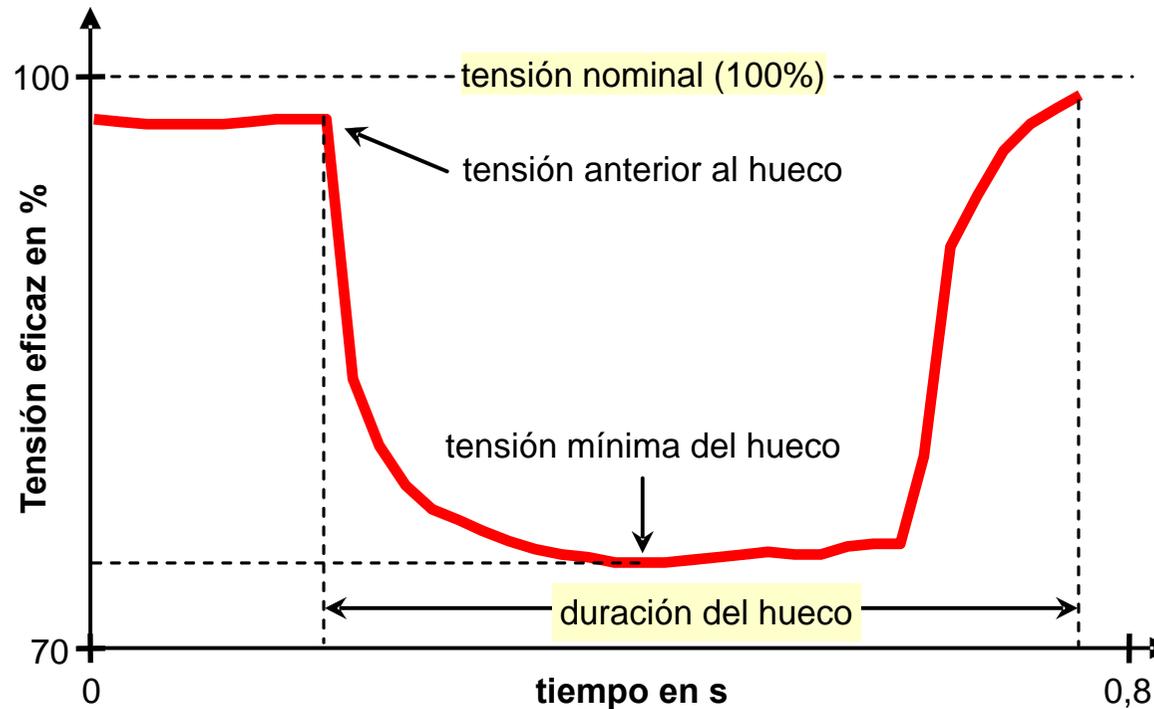
2. Medida de parámetros eléctricos

Sobretensiones o subtensiones



2. Medida de parámetros eléctricos

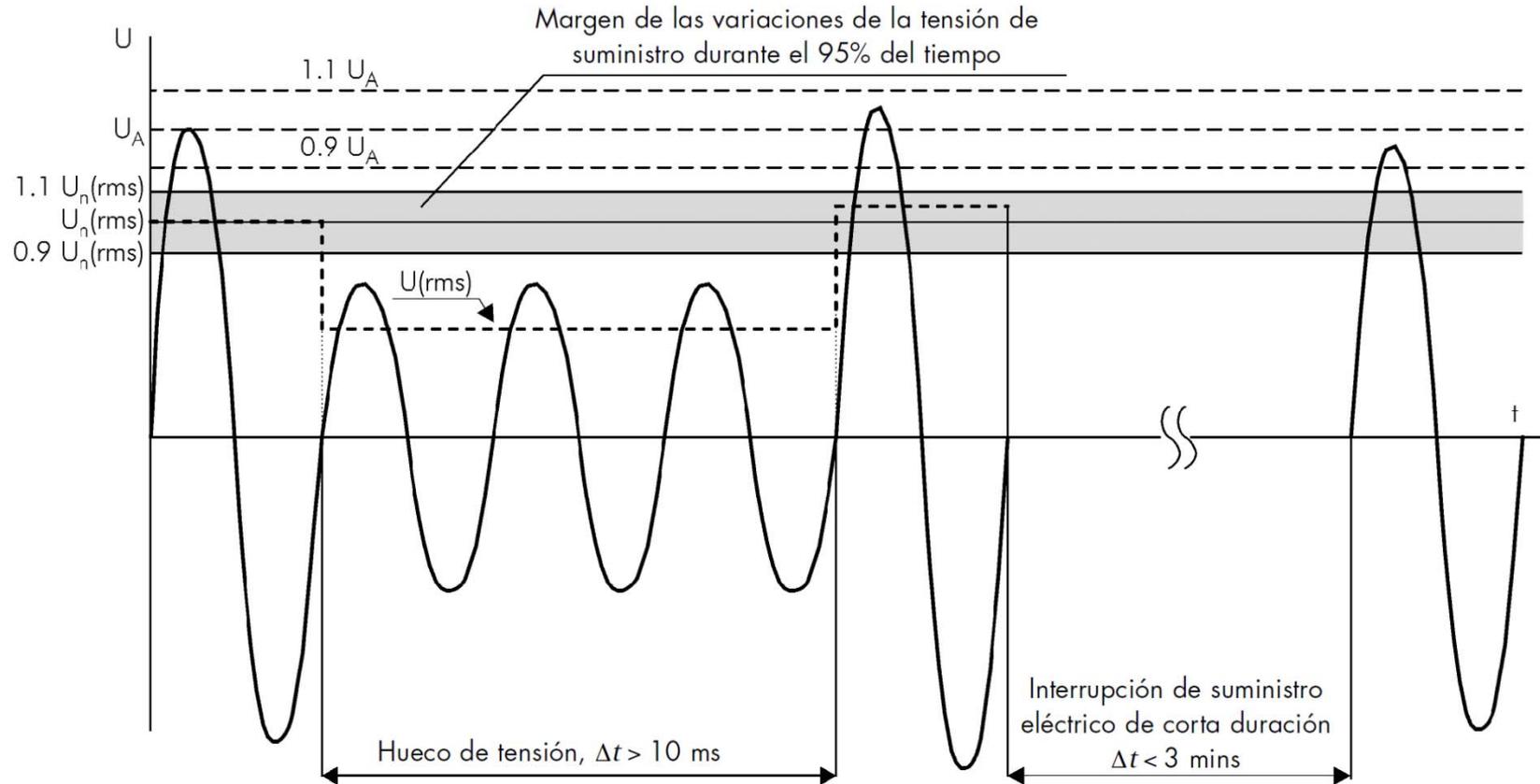
Huecos de tensión



- Tensión: 1% al 80% (<1% Interrupción breve)
- Duración: 10ms a 1 minuto

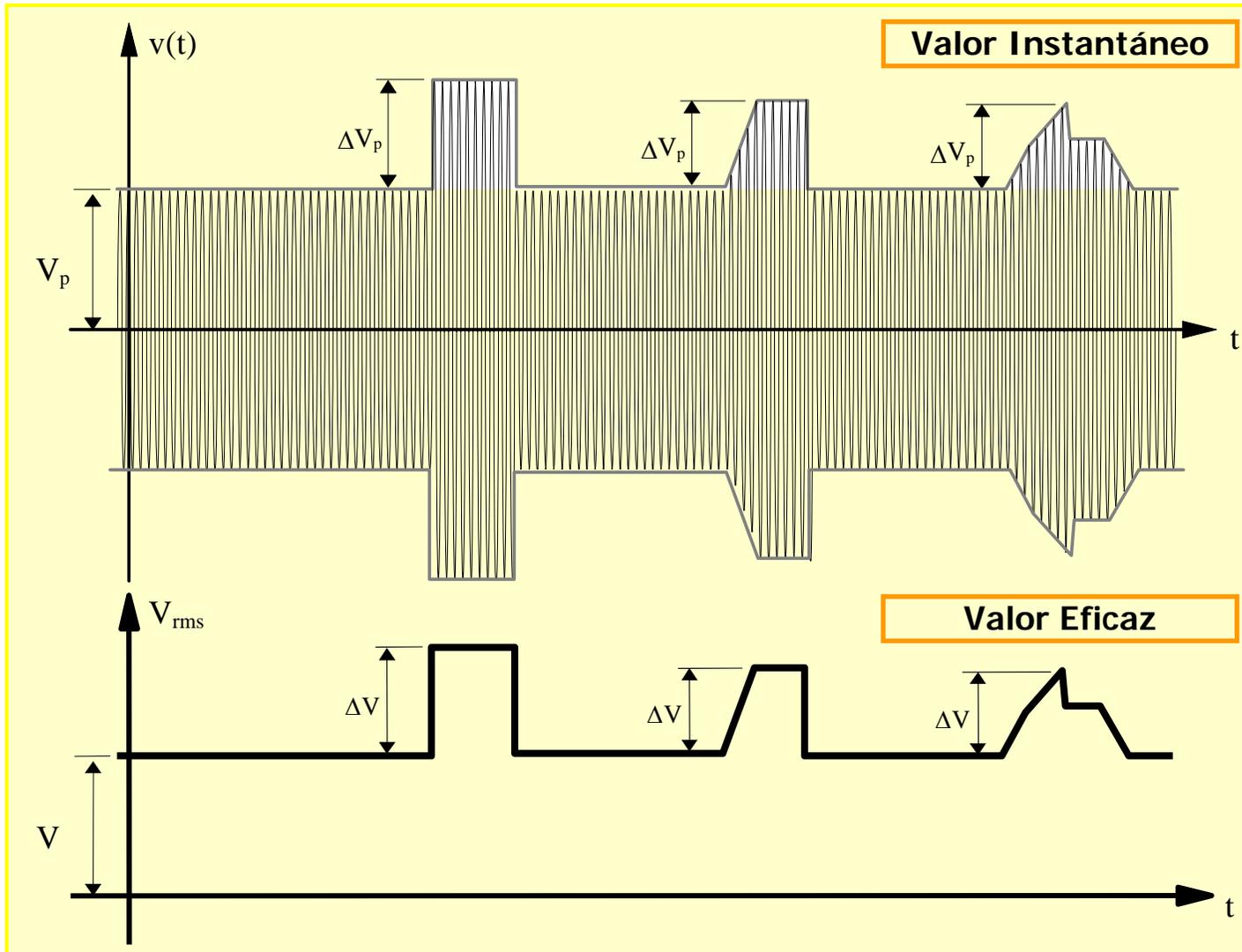
2. Medida de parámetros eléctricos

Huecos de tensión



2. Medida de parámetros eléctricos

Flicker o parpadeo



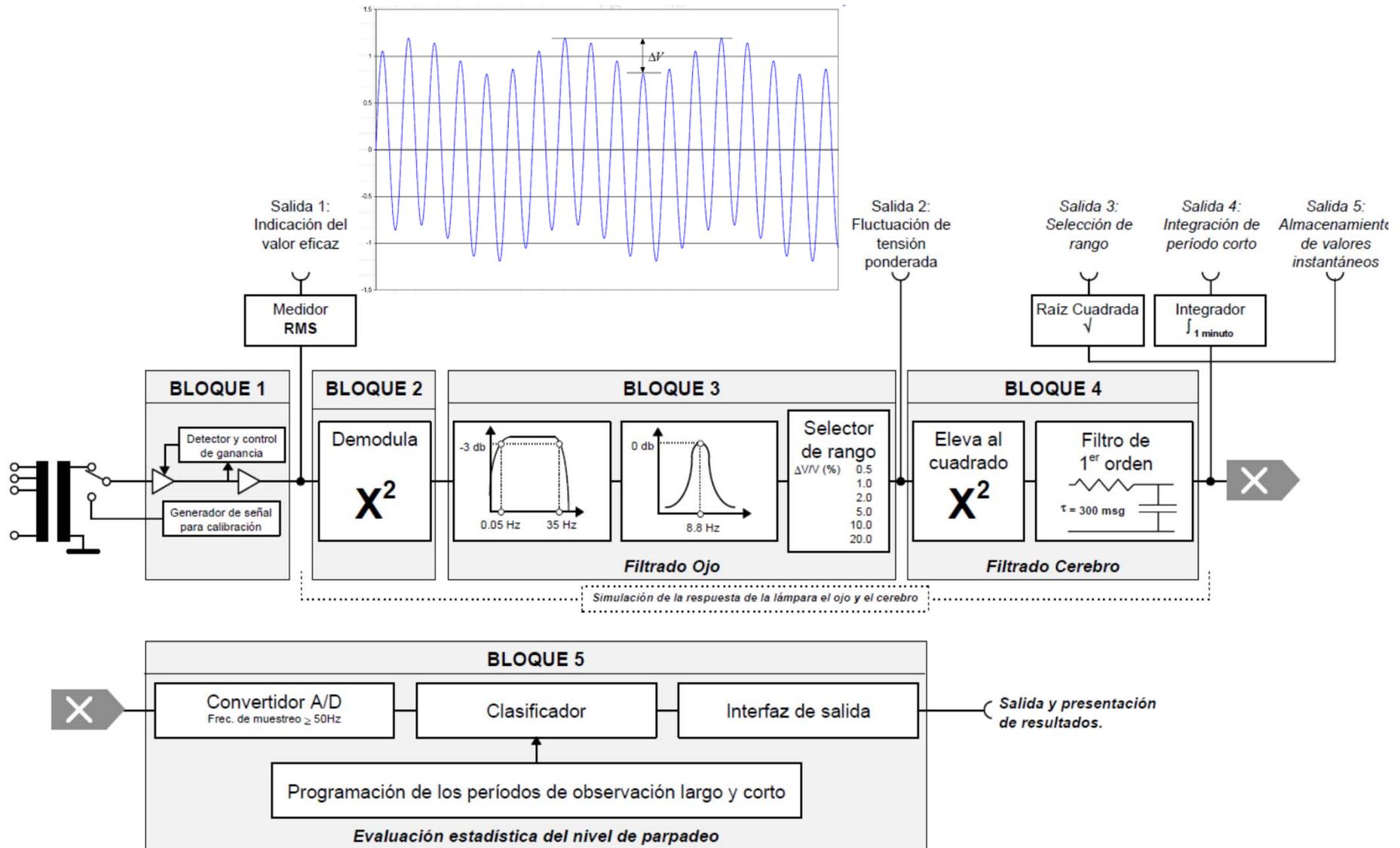
⚙ Característica:
Fluctuación en el valor eficaz de la tensión

⚙ Origen:
Inyección de potencia o consumos fluctuantes (horno de arco)

⚙ Impacto:
Molestias usuarios

2. Medida de parámetros eléctricos

Flicker o parpadeo



2. Medida de parámetros eléctricos

Calidad de onda

Frecuencia	Redes con conexión síncrona: 50 Hz±1% (10s, 99,5% año); 50 Hz+4%-6% (10s, 100% tiempo) Redes sin conexión síncrona: 50 Hz±2% (10s, 95% semana); 50 Hz±15% (10s, 100% tiempo)
Amplitud	Tensión nominal, Un: - 230 V entre fase y neutro (sistema a 4 hilos) - 400 V entre fases (sistema a 3 hilos)
Variaciones de tensión	Un±7% (10 min, 95% semana); Un+10%-15% (10 min, 100% tiempo)
Variaciones rápidas de tensión	5% Un (MT: 4%) 10% Un esporádicamente (MT: 6%) Parpadeo (flicker): Severidad de larga duración, Plt≤1 (2 h, 95% semana)
Huecos de tensión	En un año, desde algunas decenas a un millar, con duración menor de 1 s y profundidad inferior al 60% Uc. Hueco cuando la tensión de alimentación está entre el 90% y el 1% de Uc, entre 10 ms y 1 minuto. BT: 10 – 50%, MT: 10 – 50%
Interrupciones breves	En un año, desde algunas decenas a varias centenas, con duración menor de 1 s en el 70% de los casos. Interrupciones breves cuando la tensión es inferior al 1% de Uc durante menos de 3 min.
Interrupciones largas	En un año, desde 10 a 50, según las regiones. Interrupciones breves cuando la tensión es inferior al 1% de Uc durante más de 3 min
Sobretensiones temporales	1,5 kV. MT:1,7 Uc (directamente a tierra o a través de una impedancia) 2,0 Uc (sin toma de tierra o tierra compensada)
Desequilibrio	U./U+ ≤ 2% (10 min, 95% semana) En caso de líneas parcialmente monofásicas o bifásicas puede llegar al 3%.
Armónicos	THD ≤ 8% (10 min, 95% semana) Nota- calculado hasta el armónicos 40.
Interarmónicos	Por DEFINIR

2. Medida de parámetros eléctricos

Calidad de onda

CARACTERÍSTICA UNE EN 50160		EFECTOS SOBRE CLIENTES INDUSTRIALES (MT)	
		GRAVEDAD	PROBABILIDAD
Frecuencia		MEDIA	MUY BAJA
Variaciones de tensión		MEDIA	MEDIA
Variaciones rápidas	Amplitud	BAJA	BAJA
	Parpadeo o flicker	MUY BAJA	BAJA
Huecos de tensión		MEDIA	MUY ALTA
Interrupciones breves		ALTA	ALTA
Interrupciones largas		MUY ALTA	MEDIA
Sobretensiones temporales entre fases y tierra (a frecuencia industrial)		ALTA	MUY BAJA
Sobretensiones transitorias entre fases y tierra		MEDIA	MEDIA
Desequilibrio de la tensión		BAJA	MUY BAJA
Tensiones armónicas		MEDIA	BAJA
Tensiones interarmónicas		MEDIA	MUY BAJA
Transmisión de señales de información por la red		BAJA	MUY BAJA

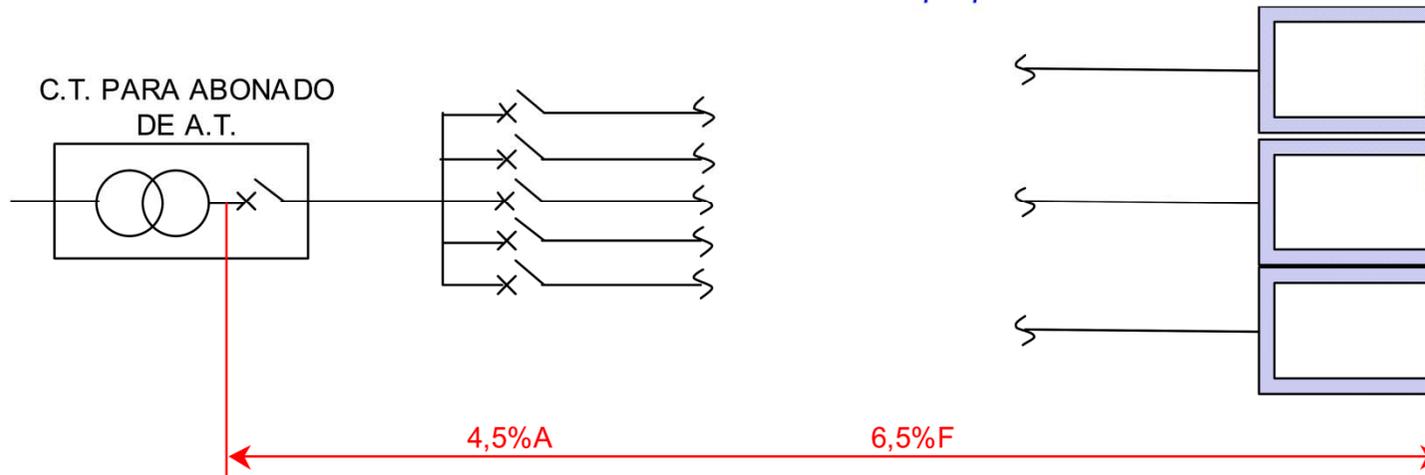
2. Medida de parámetros eléctricos

Calidad de onda

RBT - GUÍA ITC 19 - INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS.
PRESCRIPCIONES GENERALES

Caídas de tensión admisibles

Esquema de una instalación industrial que se alimenta directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio.



A: Circuitos de alumbrado

F: Circuitos de fuerza

Menor tensión esperable en un receptor

Tensión nominal: 230 V

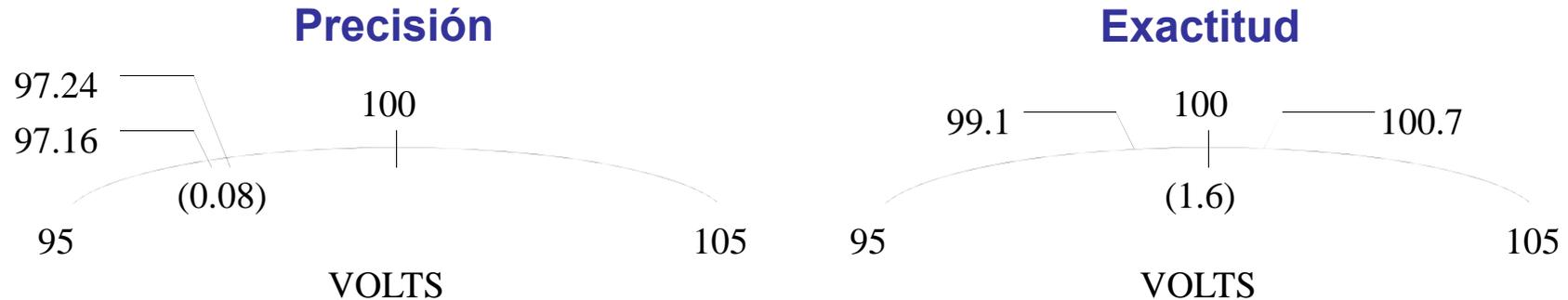
Mínimo distribución: -7%

Mínimo RBT: -6,5%

TOTAL \approx 200 V

2. Medida de parámetros eléctricos

Equipos de medida



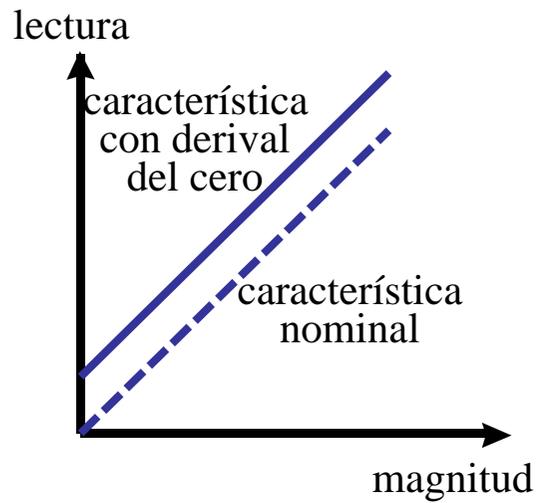
- Clase 0,1 y 0,2. Instrumentos de gran precisión para investigación.
- Clase 0,5. Instrumentos de precisión para laboratorio.
- Clase 1. Instrumentos de medidas portátiles de cc.
- Clase 1,5. Instrumentos de cuadros y portátiles de ca.
- Clase 2,5 y 5. Instrumentos de cuadros.

Clase de precisión	Error de tensión (relación) en porcentaje
	±
0,1	0,1
0,2	0,2
0,5	0,5
1,0	1,0
3,0	3,0

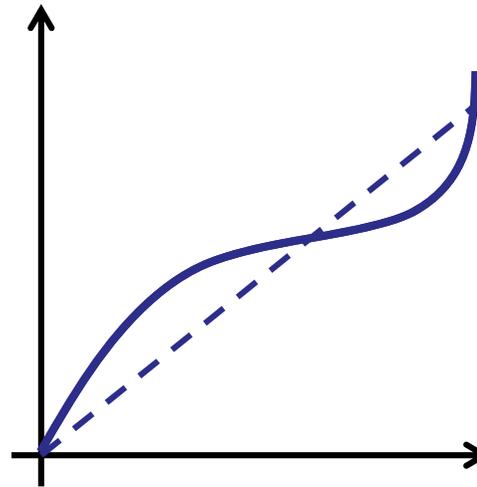
2. Medida de parámetros eléctricos

Equipos de medida

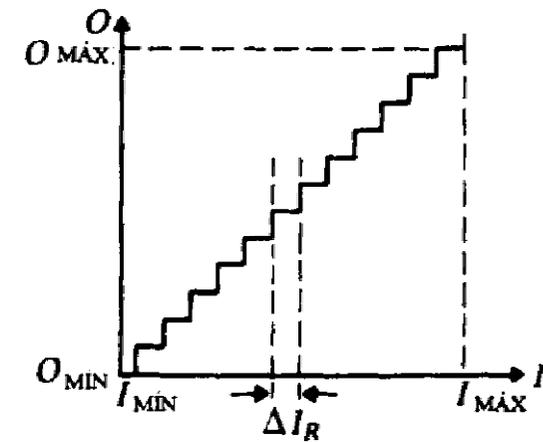
Deriva del cero (Zero drift)



Linealidad



Resolución

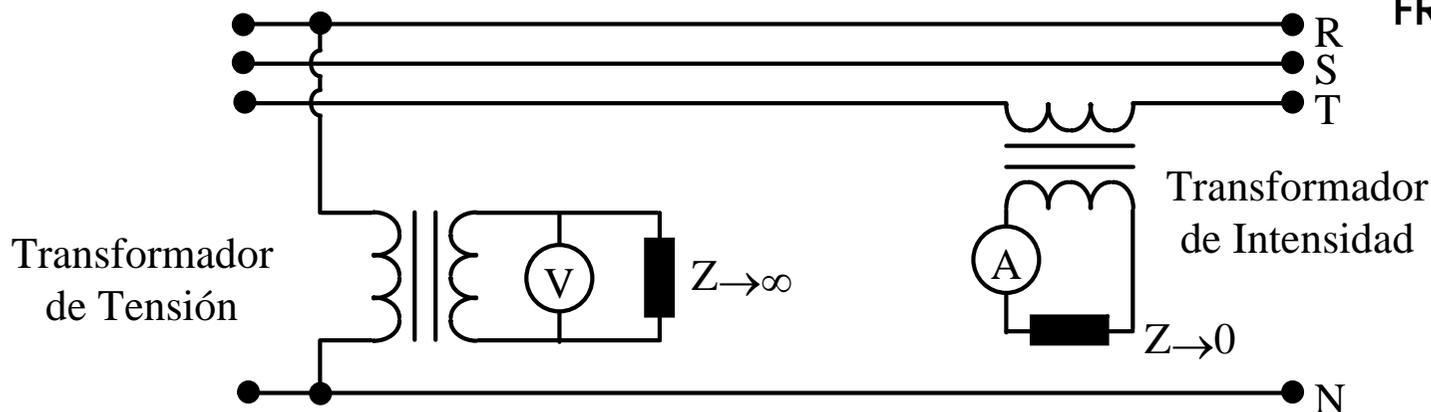
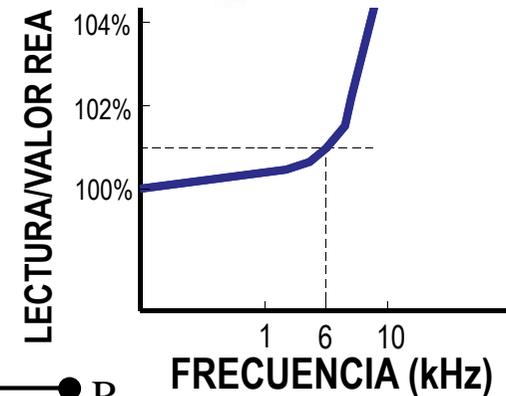
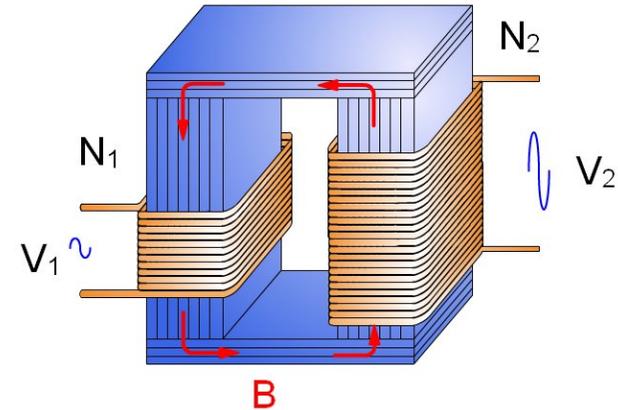


2. Medida de parámetros eléctricos

Equipos de medida - Sensores

Transformador de corriente y tensión

- Núcleo de hierro
- Sólo corrientes alternas
- Para frecuencias por debajo de los 10 kHz
- Salida en tensión para transformadores de tensión
- Salida en corriente (o en tensión mediante resistencia) para transformadores de corriente.
- Relación transformación típ. XXX/110V ó XXX/5A

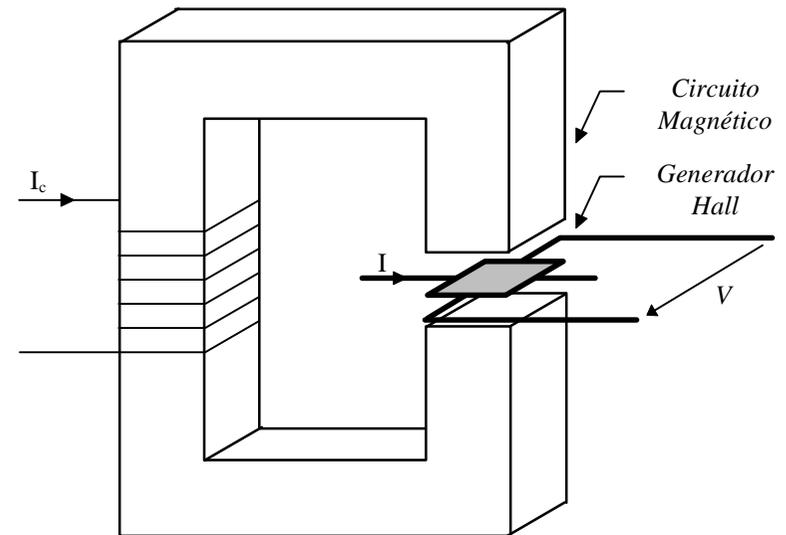
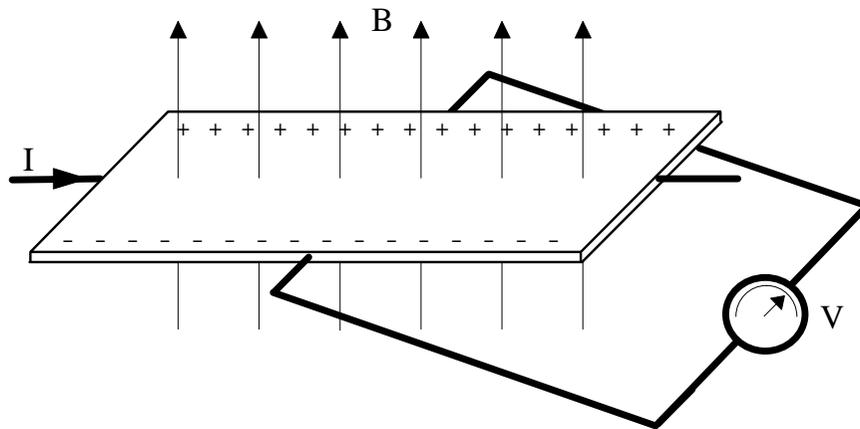


2. Medida de parámetros eléctricos

Equipos de medida - Sensores

Sonda de efecto HALL

- Para CA/CC
- Para tensión y corriente
- Sonda activa (necesita alimentación)
- Salida en tensión (mV)
- Altas frecuencias (> 10 kHz)

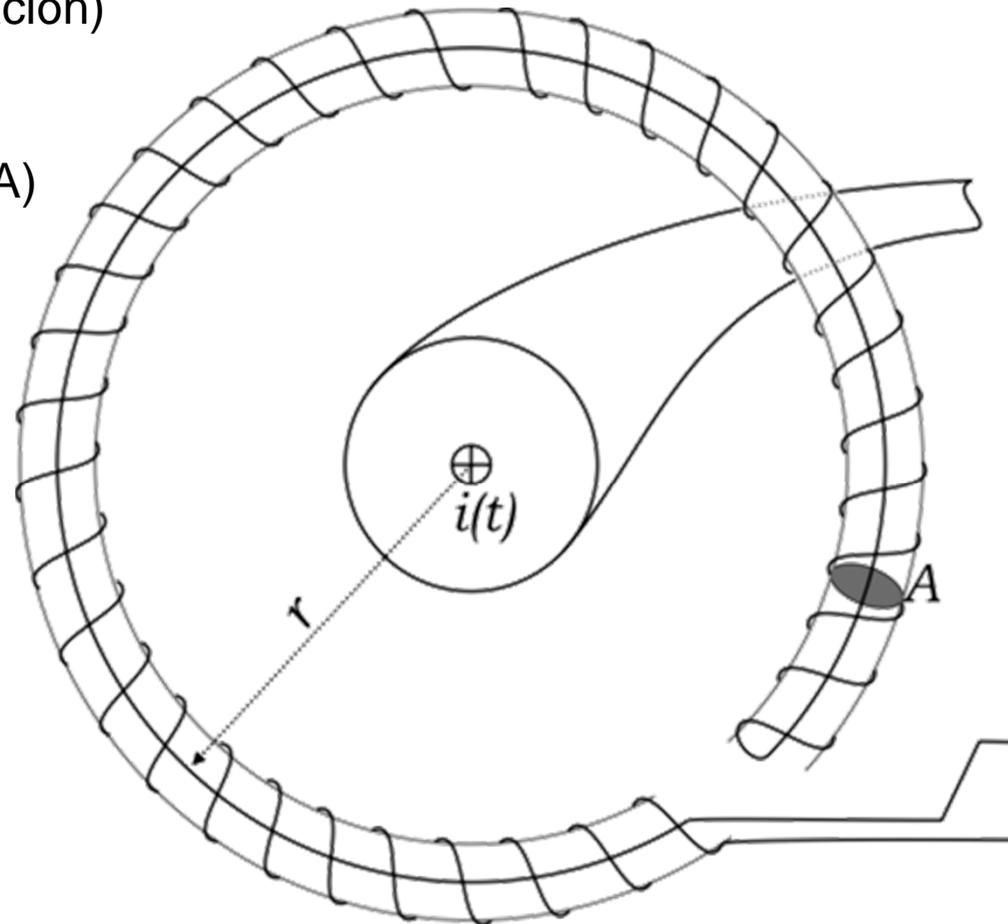


2. Medida de parámetros eléctricos

Equipos de medida - Sensores

Sonda Rogowski

- Para CA
- Para corriente
- Sonda activa (necesita alimentación)
- Salida en tensión (mV)
- Altas frecuencias (> 10 kHz)
- Corriente muy elevadas (> 50 kA)

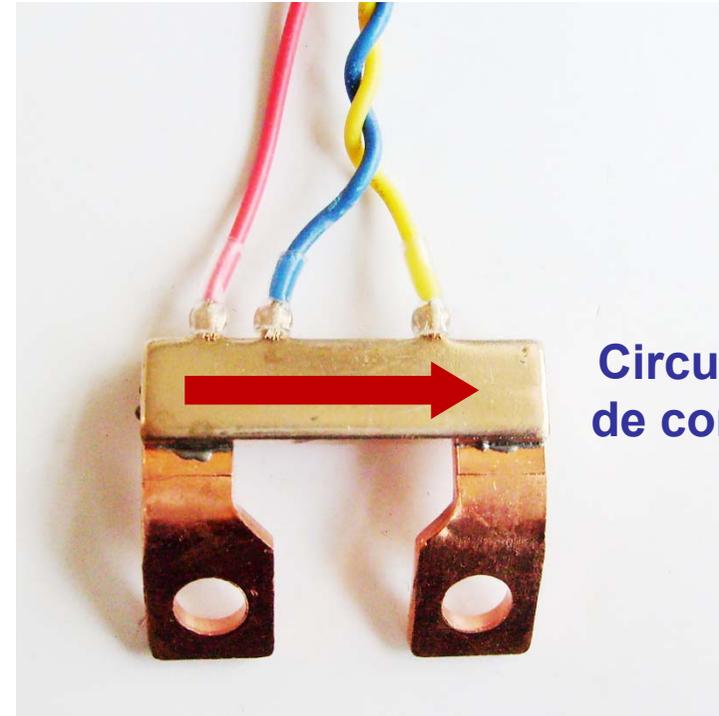


2. Medida de parámetros eléctricos

Equipos de medida - Sensores

Resistencia shunt

- Resistencia bajo valor óhmico
- Para corriente
- Salida en tensión (mV/A)
- Altas frecuencias (> 10 kHz)
- Medidas con ruido eléctrico
- **SIN AISLAMIENTO GALVÁNICO**



Circulación
de corriente

2. Medida de parámetros eléctricos

Equipos de medida - Sensores

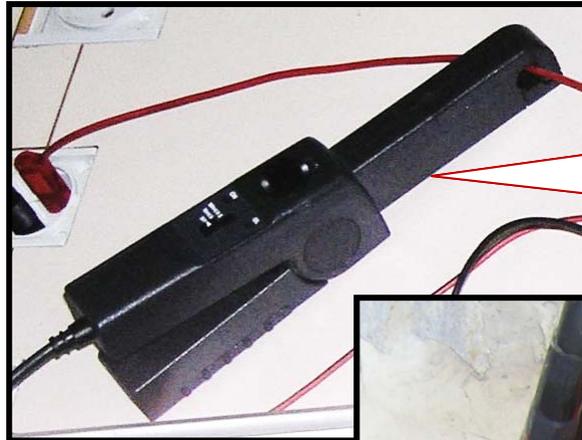
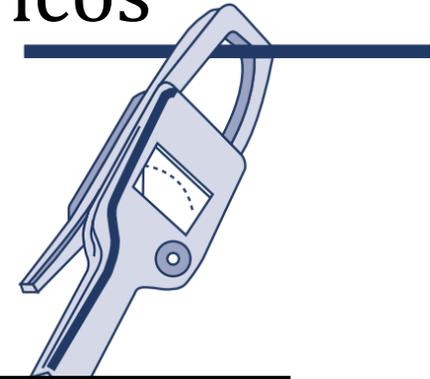
Pinzas de corriente

Permiten la apertura del primario para su inserción de circuitos en servicio

Pinza rígida con transformador de corriente

Pinza rígida con sensor de efecto Hall

Pinza flexible (efecto Rogowski)



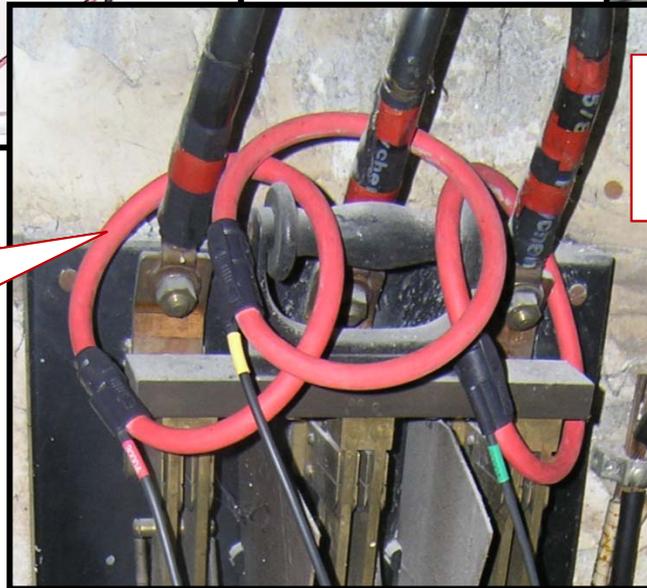
Pinza corriente
efecto Hall
100mV/A



Transformador
de corriente
150A/5A

Pinza de corriente
con traf. corriente
5A

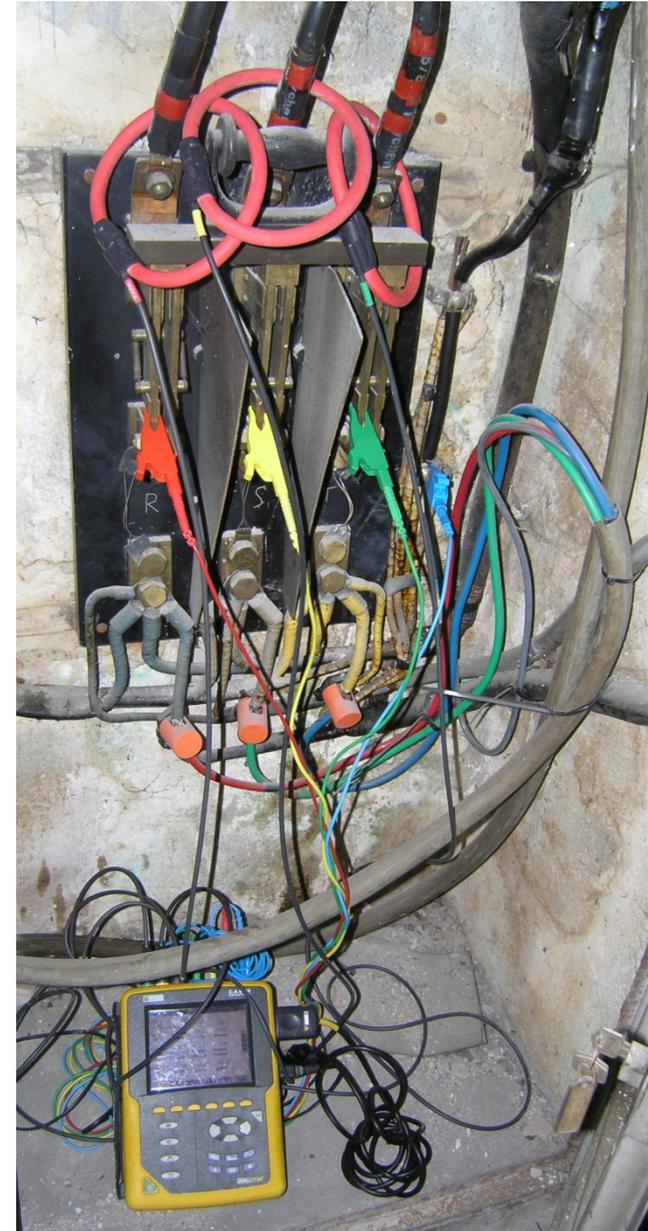
Pinza Flexible
100mV/A



2. Medida de parámetros eléctricos

Equipos de medida - Analizadores de redes

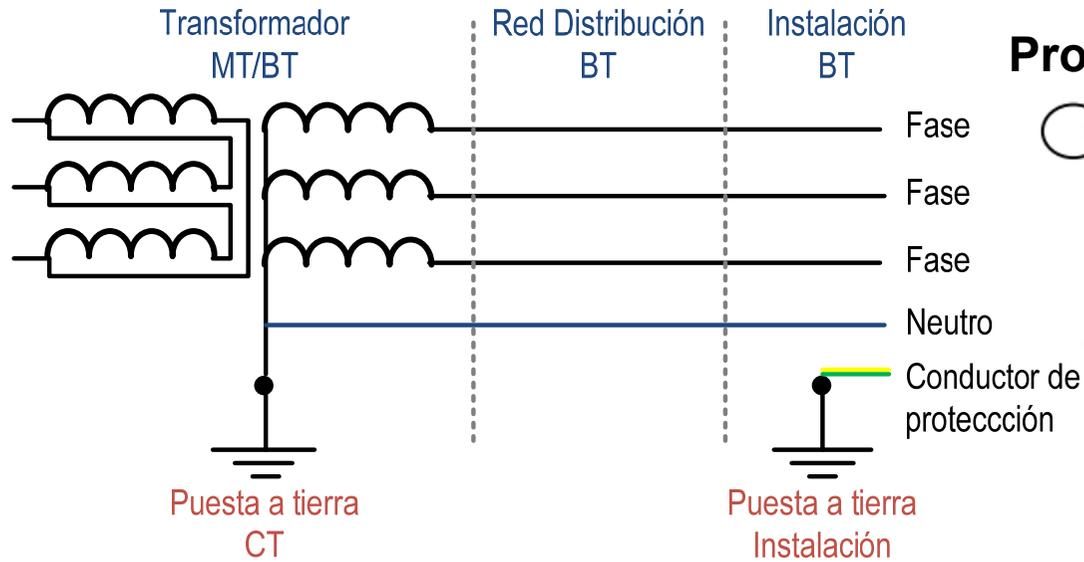
- Medida de parámetros eléctricos (U,I,P,Q,...)
- Medida de calidad de onda (armónicos, subtensiones, sobretensiones, flicker,...)
- Medida de transitorios (picos de tensión, distorsiones forma de onda, ...)
- Capacidad de registro de datos (memoria interna)
- Accesorios (pinzas medida de corriente, cocodrilos medida tensión,...)



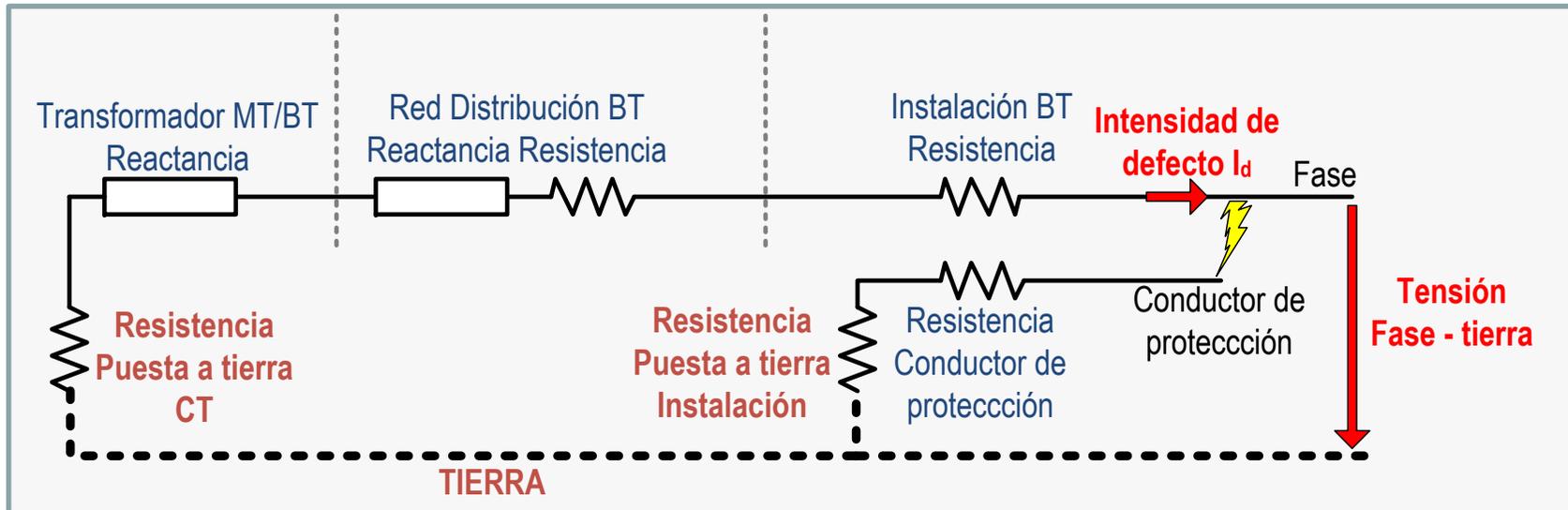
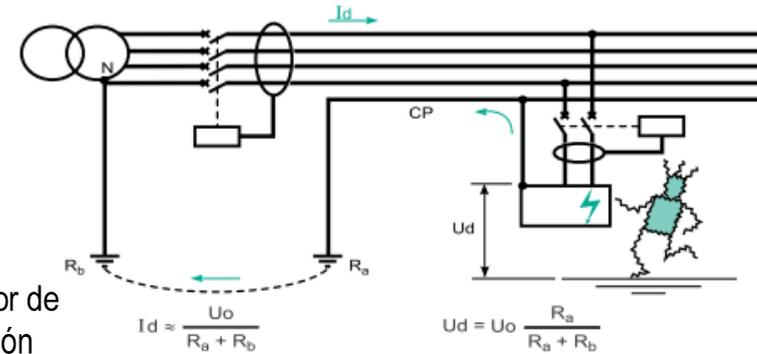
2. Medida de puesta a tierra

Régimen de neutro

ESQUEMA TT

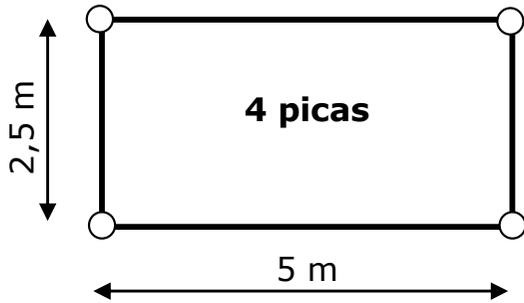


Protección ante faltas fase - tierra



2. Medida de puesta a tierra

Resistencia de puesta a tierra



Lp (m)	Kr (Ω/Ω·m)	Kp (V/Ω·A·m)	Kc (V/Ω·A·m)
2	0,097	0,0221	0,0483
4	0,078	0,0171	0,0342
6	0,066	0,0138	0,0262
8	0,057	0,0116	0,0211

- Sección conductor = 50 mm²;
- Diámetro picas = 14 mm;
- Lp = longitud de la pica en m;
- Kr: en Ω/ Ω.m;

RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA

$$R_T = \rho \cdot K_r$$

Naturaleza terreno	ρ: resistividad en Ω·m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600
Hormigón	2.000 a 3.000
Balasto o grava	3.000 a 5.000

2. Medida de puesta a tierra

Resistencia de la toma de tierra

El valor de la resistencia de tierra tiene que garantizar que no se pueden alcanzar tensiones de contacto superiores a (ITC 18):

- 25V en locales o emplazamientos conductores
- 50V en los demás casos

Si no es posible garantizar estos valores, se instalarán aquellos dispositivos necesarios para garantizar que el defecto se despeja en un tiempo breve. Por lo tanto, cuando existen interruptores diferenciales, la resistencia vendrá determinada por la intensidad de defecto del diferencial I_d .

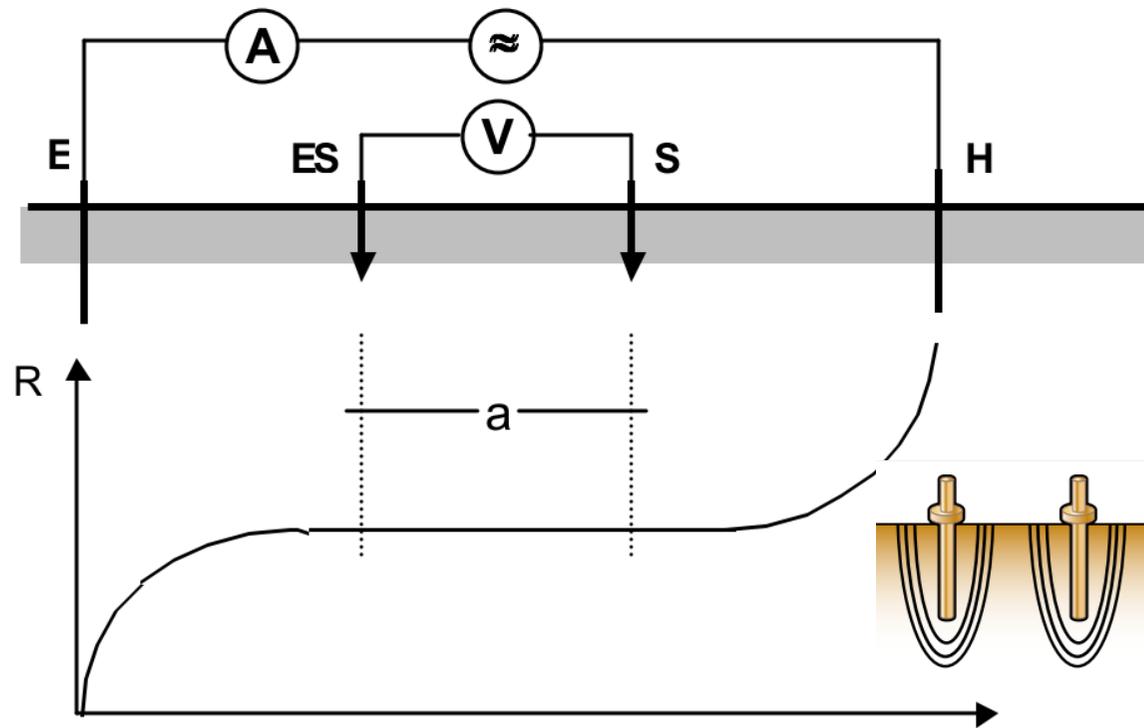
$$R_t = \frac{U_{\max}}{I_d} \quad \begin{cases} U_{\max} = 25 \text{ ó } 50V \\ I_d = 10, 30, 50, 100, \dots \text{ mA} \end{cases}$$

← Calibre interruptor diferencial

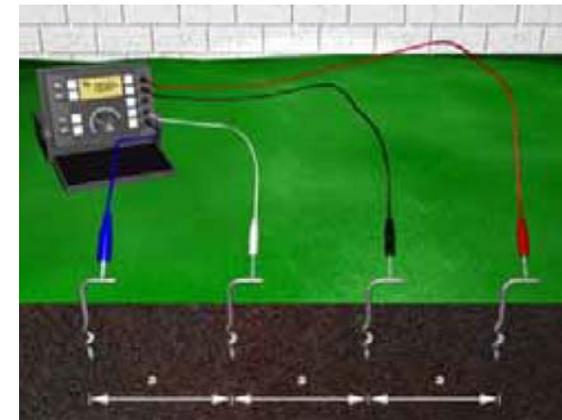
2. Medida de puesta a tierra

Resistividad del terreno

A partir de la medida con 4 piquetas, se puede obtener la resistividad media del terreno situado entre la superficie y la profundidad h con una separación de piquetas a .



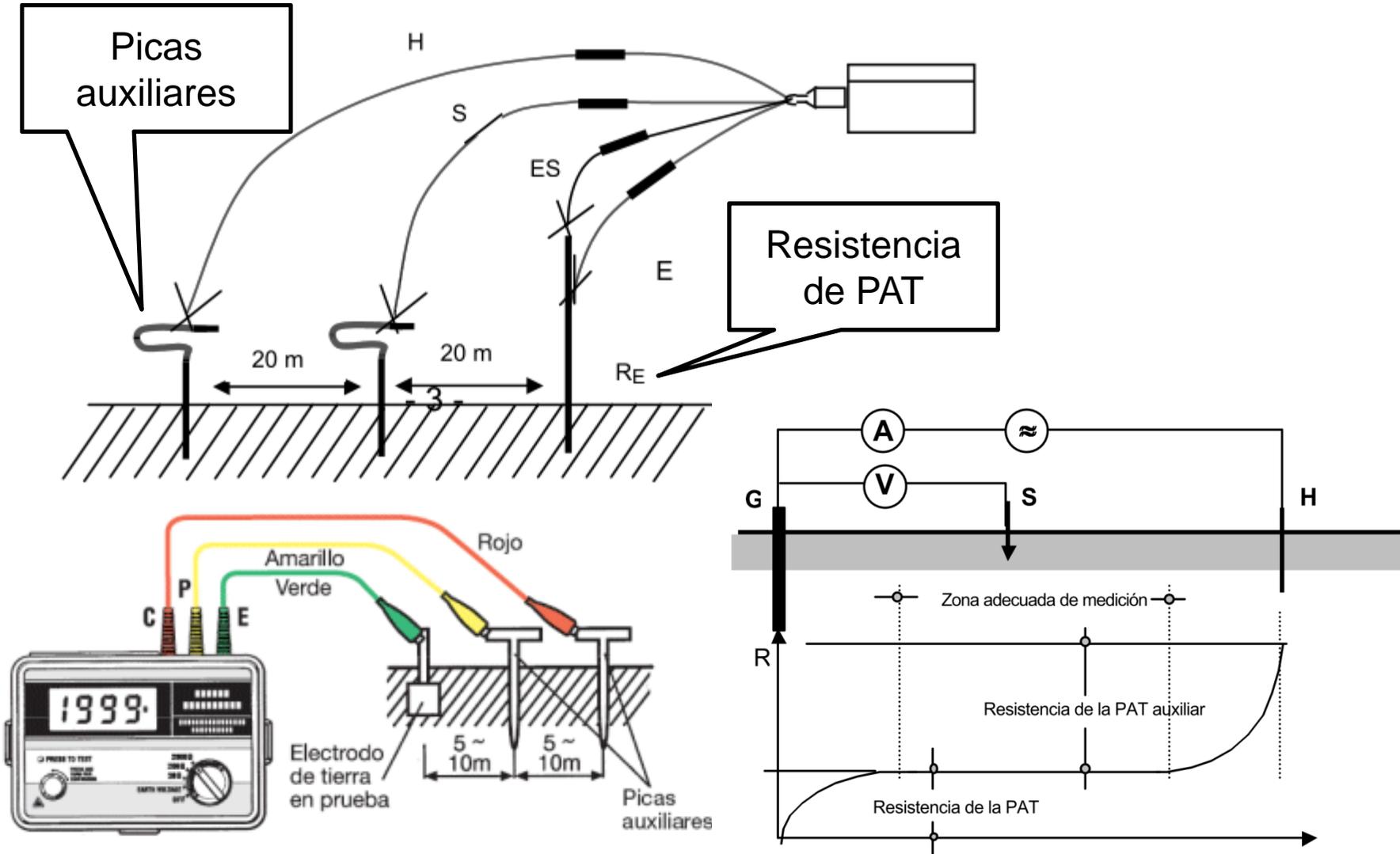
$$\rho_h = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot V}{I}$$



2. Medida de puesta a tierra

Resistencia de puesta a tierra

PaT desconectada de la instalación (típ. 15 a 30 Ω)

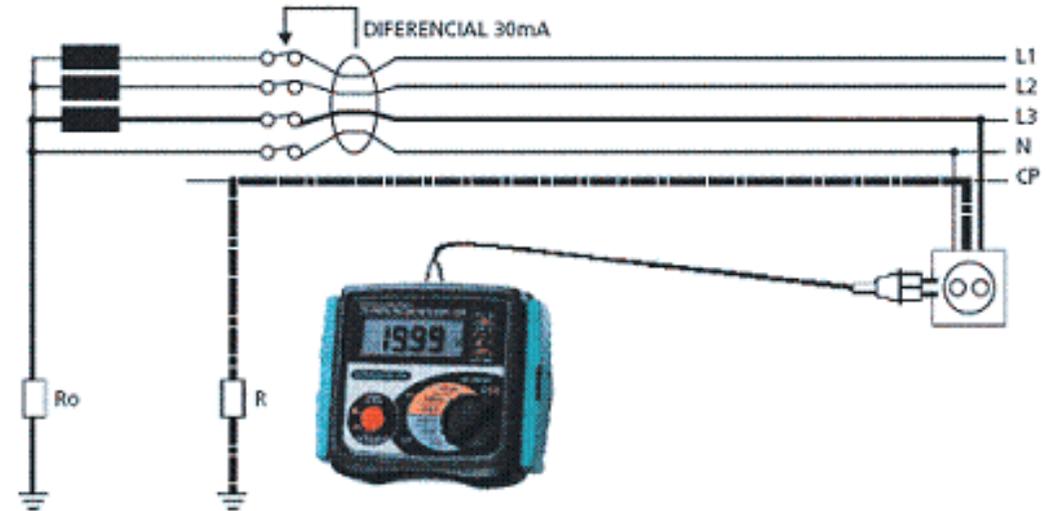


2. Medida de puesta a tierra

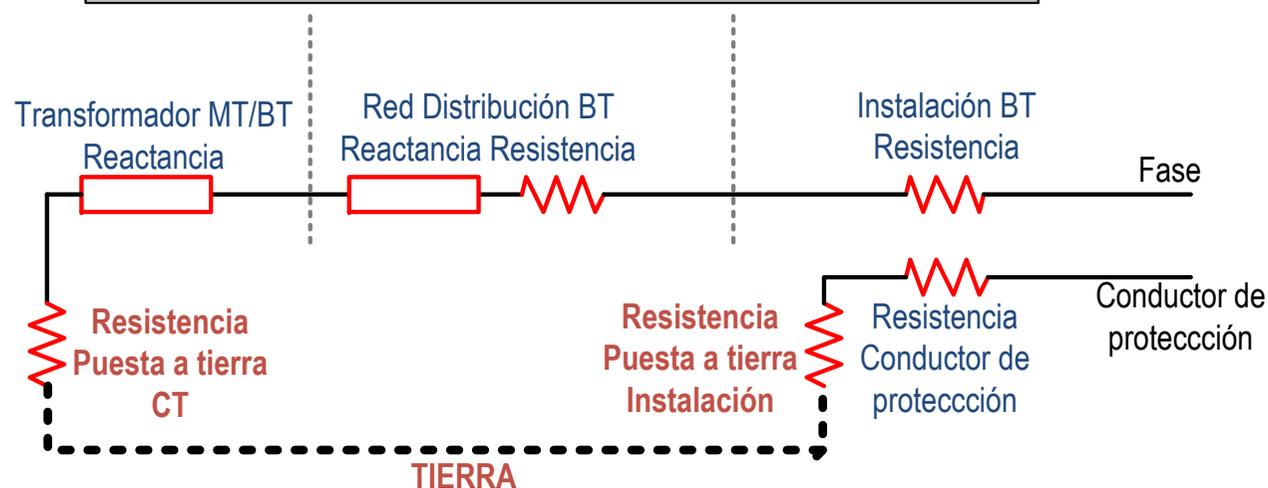
Resistencia de bucle

Circulación corriente por el bucle de protección. Posible disparo de diferenciales.

Según el REBT, los valores óptimos de resistencia de bucle de tierra son similares que los estipulados para la resistencia de puesta a tierra.



Resistencia PaT >> Resto resistencias

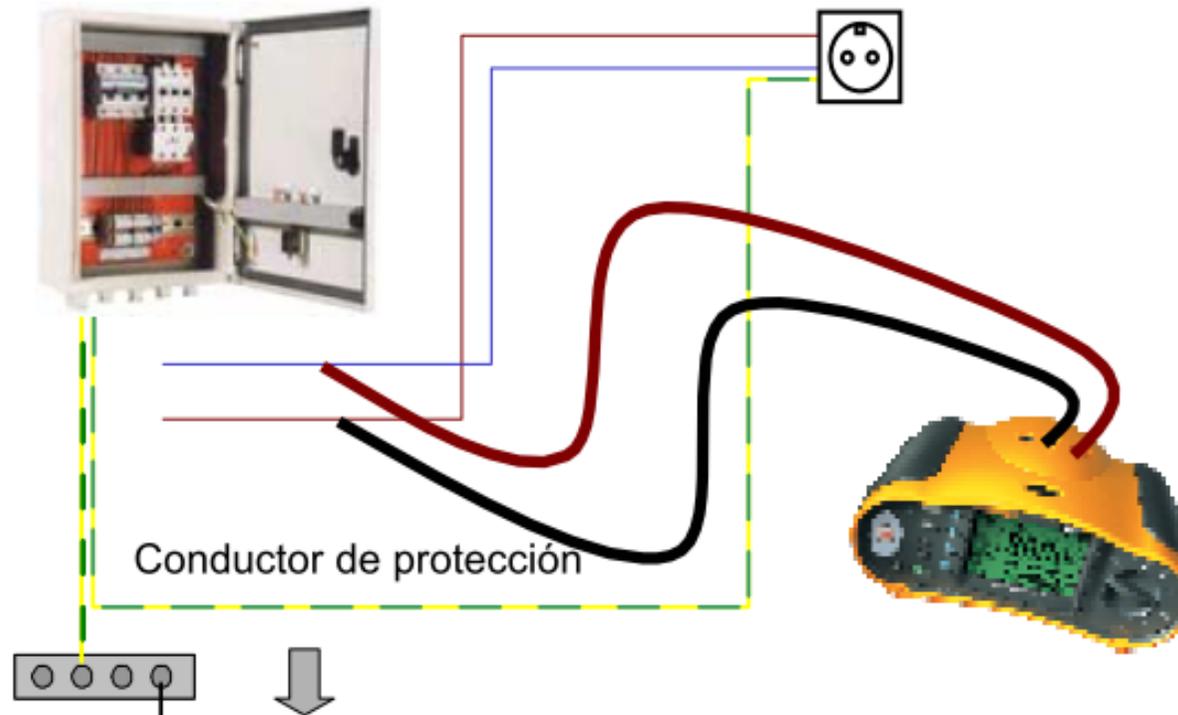


2. Medida de puesta a tierra

Resistencia de aislamiento

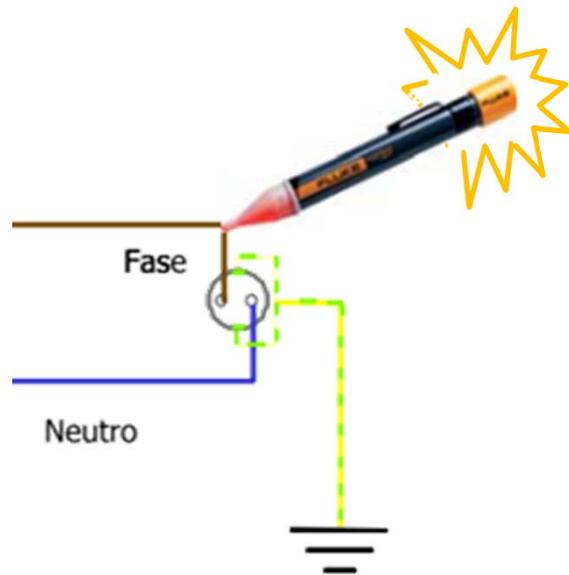
Los circuitos a ensayar deben estar libres de tensión. La medida de la resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica tiene como finalidad comprobar la integridad de los conductores y sus aislantes.

Se emplean medidores de aislamiento con capacidad de proporcionar una tensión de ensayo de hasta 1000 V y una corriente de 1 mA.

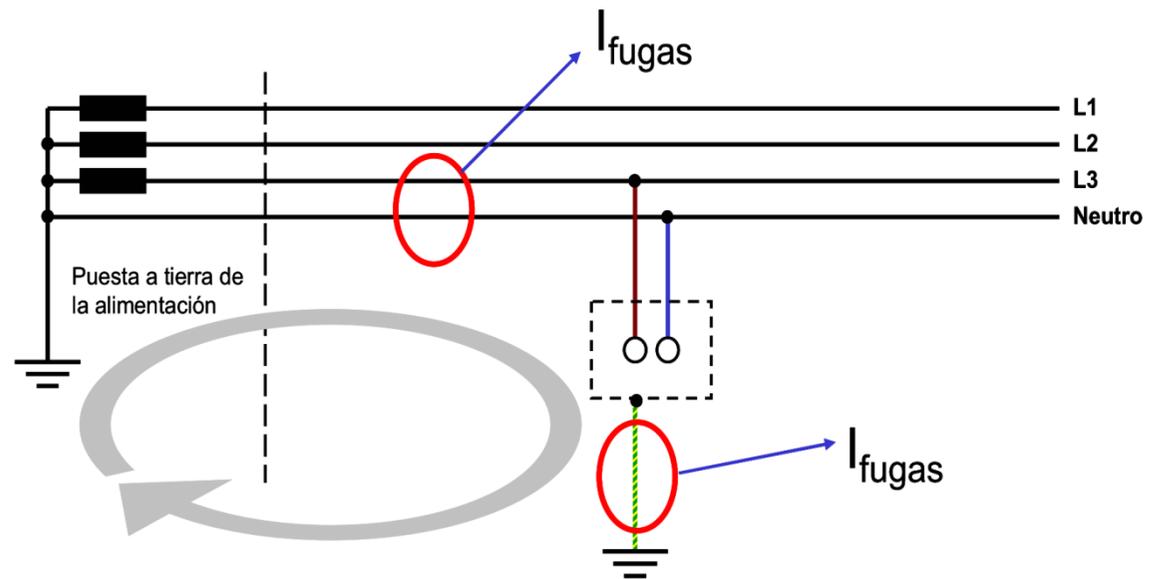


2. Medida de puesta a tierra

Ensayo de polaridad



Medida de corrientes de fugas



Pinza amperimétrica sea capaz de medir con precisión corrientes muy pequeñas (del orden de mA). La medida se efectúa abrazando con la mordaza todos los conductores activos (de fase y de neutro).