PROCESO DIRECCIÓN DE FORMACIÓN PROFESIONAL INTEGRAL

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 15-3-01:
03. COMPENSAR ARMÓNICOS Y SUS EFECTOS EN LA MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA

DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 4 Sesiones

Materiales de formación devolutivos: (Equipos/Herramientas)		Materiales de formación (consumibles)		AMBIENTES DE APRENDIZAJE
Descripción	**Cantidad**	**Descripción**	**Cantidad**	
PC CREG ARMÓNICOS / INTERARMÓNICOS	10 20	Fotocopias	500	Ambiente Distribución, ambiente 2

ACTIVIDADES DE APROPIACIÓN DEL CONOCIMIENTO.

Área de desarrollo cognitivo

1. **CONOCIMIENTOS DEL SABER SELECCIÓN DEL TIPO DE EQUIPO A UTILIZAR**



SOLICITUD DE LA EMPRESA KAVARINEA



Nos solicita realizar un estudio del tratamiento de armónicos en las instalaciones eléctricas de la fábrica, efectuar estudio de dos casos típicos de armónicos en las instalaciones eléctricas, dando soluciones y recomendaciones para disminuir los porcentajes de thd a valores recomendados por la IEEE. Para este tipo de estudio se debe contar con gente calificada en el tema, además de infraestructura (Hardware y Software) para análisis de armónicos de cualquier sistema.
Requerimos realizar un estudio para saber que equipo vamos a utilizar.

Equipos para análisis de calidad de la energía eléctrica
Analizadores de calidad eléctrica para aplicaciones industriales

La calidad eléctrica es un indicador del nivel de adecuación de la instalación para soportar y garantizar un funcionamiento fiable de sus cargas. Una perturbación o evento puede afectar a la tensión, la corriente o la frecuencia. Las perturbaciones eléctricas pueden originarse en las instalaciones del usuario, las cargas del usuario o la compañía eléctrica.

ANALIZADORES TRIFÁSICOS DE CALIDAD ELÉCTRICA

Herramienta ideal para el registro de energía. Utilizando la nueva función de cálculo de pérdida de energía, mida el costo fiscal de la pérdida de energía, debido a la mala calidad de ésta



MEDIDORES MONOFÁSICOS DE CALIDAD ELÉCTRICA

Solución perfecta para diagnóstico y localización de problemas de calidad eléctrica en sistemas con cargas conmutadas, permite realizar también medidas de circuito de corriente.



REGISTRO DE CALIDAD ELÉCTRICA



presentan una nueva facilidad para descubrir fuentes de gasto de energía eléctrica. Descubra cuándo y dónde se consume la energía en sus instalaciones.

A continuación vamos a revisar las especificaciones de un equipo





Especificaciones: Analizadores de calidad eléctrica y energía 434-II y 435-II de Fluke

Tensión				
	Modelo	Rango de medida	Resolución	Precisión
Vrms (CA + CC)	434-II	1 V a 1000 V fase-neutro	0,1 V	± 0,1% de la tensión nominal[1]
	435-II	1 V a 1000 V fase-neutro	0,01 V	± 0,1% de la tensión nominal[1]
Tensión de pico		1 V pico a 1400 V pico	1 V	5% de la tensión nominal
Factor de cresta (CF) de tensión		1,0 > 2,8	0,01	± 5%
Vrms½	434-II	1 V a 1000 V fase-neutro	0,1 V	± 1% de la tensión nominal
	434-II y 435-II		0,1 V	± 0,2% de la tensión nominal
V fund	434-II	1 V a 1000 V fase-neutro	0,1 V	± 0,5% de la tensión nominal
	435-II		0,1 V	± 0,1% de la tensión nominal
Corriente (precisión sin incluir precisión de sonda)				
A (CA + CC)	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	01:00 a.m.	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1 mV/A 1x	5 A a 2000 A	01:00 a.m.	± 0,5% ± 5 cuentas
	1 mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
Corriente de pico	i430-Flex	8400 A pico	1 Arms	± 5%

	1 mV / A	5500 A pico	1 Arms	± 5%
Factor de cresta (CF) de corriente		1 a 10	0,01	± 5%
A½	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	01:00 a.m.	± 1% ± 10 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	01:00 a.m.	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
A fund	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	01:00 a.m.	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1 mV/A 1x	5 A a 2000 A	01:00 a.m.	± 0,5% ± 5 cuentas
	1 mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
Hz				
Hz	Fluke 434 a 50 Hz nominal	42,50 Hz a 57,50 Hz	0,01 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 434 a 60 Hz nominal	51,00 Hz a 69,00 Hz	0,01 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435 a 50 Hz nominal	42,500 Hz a 57,500 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435 a 60 Hz nominal	51,00 Hz a 69,00 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
Potencia				
W (VA, var)	i430-Flex	máx. 6000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
	1 mV / A	máx. 2000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
Factor de potencia (Cos j/DPF)		0 a 1	0,001	± 0,1% con carga nominal
Energía				
kWh (kVAh, kvarh)	i430-Flex 10x	Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal		± 1% ± 10 cuentas
Pérdida de energía	i430-Flex 10x	Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal		Precisión de ± 1% ± 10 cuentas sin resistencia de línea
Armónicos				
Orden de armónicos (n)		CC, grupos de 1 a 50: Grupos de armónicos según la norma IEC 61000-		

		4-7		
Orden de interarmónicos (n)		Desactivado, grupos de 1 a 50: subgrupos de armónicos e interarmónicos de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7		
% tensión	f	0,0% a 100%	0,10%	± 0,1% ± n x 0,1%
	r	0,0% a 100%	0,10%	± 0,1% ± n x 0,4%
	Absoluta	0,0 a 1000 V	0,1 V	± 5%[1]
	THD	0,0% a 100%	0,10%	± 2,5%
% A	f	0,0% a 100%	0,10%	± 0,1% ± n x 0,1%
	r	0,0% a 100%	0,10%	± 0,1% ± n x 0,4%
	Absoluta	0,0 a 600 A	0,1 A	± 5% ± 5 cuentas
	THD	0,0% a 100%	0,10%	± 2,5%
% W	f o r	0,0% a 100%	0,10%	± n x 2%
	Absoluta	Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal	—	± 5% ± n x 2% ± 10 cuentas
	THD	0,0% a 100%	0,10%	± 5%
Ángulo de fase		-360° a +0°	1°	± n x 1°
Parpadeo				
Plt, Pst, Pst (1 min) Pinst		0,00 a 20,00	0,01	± 5%
Desequilibrio				
% tensión		0,0% a 20,0%	0,10%	± 0,1%
% A		0,0% a 20,0%	0,10%	± 1%
Señalización de la red eléctrica				
Niveles de umbral		Los umbrales, límites y duración de la señalización son programables para dos frecuencias de señalización	—	—
Frecuencia de transmisión		60 Hz a 3000 Hz	0,1 Hz	
% V relativo		0% a 100%	0,10%	± 0,4%
V3s absoluto (promedio de 3 segundos)		0,0 V a 1000 V	0,1 V	± 5% de la tensión nominal
Especificaciones generales				
Estuche	Diseño robusto y a prueba de golpes con protección integrada. A prueba de polvo y salpicaduras. Protección IP51 según la norma			

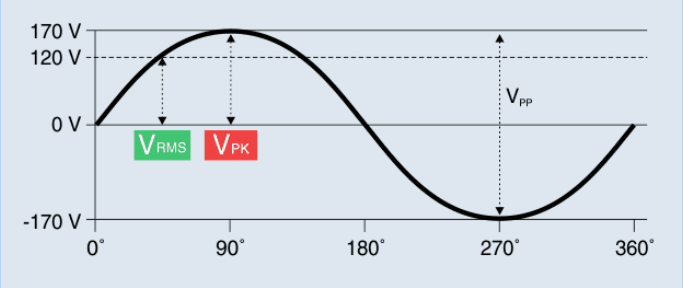
	IEC60529 para su uso en una posición vertical inclinada. Golpes y vibraciones. Golpes de 30 g, vibraciones: 3 g sinusoidal, aleatorio 0,03 g2/Hz según MIL-PRF-28800F Clase 2
Pantalla	Brillo: 200 cd/m2 típico con adaptador de alimentación, 90 cd/m2 típico con batería. Tamaño: LCD de 127 x 88 mm (153 mm/6,0 pulgadas de diagonal). Resolución: 320 x 240 píxeles. Brillo y contraste: ajustable por el usuario, compensación de temperatura
Memoria	Tarjeta SD Wi-Fi de 16 GB para modelos estándar o tarjeta SD de 8GB para modelos /INTL (compatible con SDHC, con formato FAT32), opcionalmente hasta 32 GB. Almacena pantallas y varias memorias de datos para almacenar incluso registros (en función del tamaño de la memoria).
Reloj en tiempo real	Indicación de fecha y hora para modo de Tendencia, pantalla de visualización de Transitorios, monitor del sistema y captura de eventos
Condiciones ambientales	
Temperatura de funcionamiento	0°C ~ +40°C; +40°C ~ +50°C sin batería
Temperatura de almacenamiento	-20°C ~ +60°C
Humedad	+10°C ~ +30°C: 95% de humedad relativa sin condensación;
	+30°C ~ +40°C: 75% de humedad relativa sin condensación;
	+40°C ~ +50°C: 45% de humedad relativa sin condensación
Altitud máxima de servicio	Hasta 2000 m (6666 pies) para CAT IV a 600 V, CAT III a 1000 V;
	hasta 3000 m (10.000 pies) para CAT III a 600 V, CAT II a 1000 V
	Altitud de almacenamiento máxima de 12 km (40.000 pies)
Compatibilidad electromagnética (CEM)	EN 61326 (2005-12) para emisión e inmunidad
Interfaces	Mini-USB-B, puerto USB aislado para la conexión con un PC. Ranura de tarjeta SD accesible por detrás de la batería del instrumento
Garantía	3 años (piezas y mano de obra) para el instrumento principal, 1 año para los accesorios
Ver las especificaciones de la familia de productos »	
1. ± 5% si ≥ 1% de tensión nominal ± 0,05% de la tensión nominal si < 1% de la tensión nominal	
2. Frecuencia nominal de 50/60 Hz según IEC 61000-4-30	
3. No se admiten medidas de 400 Hz para los modos Parpadeo, Señalización de la red eléctrica y Monitor.	
4. Para una tensión nominal de 50 V a 500 V	

¿QUÉ SIGNIFICA RMS Y TRUE RMS?

Podemos definir RMS como el Valor Eficaz y TRMS (True RMS) como el Verdadero Valor Eficaz de las medidas eléctricas. Los instrumentos con TRMS son mucho más precisos que los RMS midiendo corriente alterna. Por eso, los equipos a utilizar en las mediciones deben ser suministrados o tener capacidad de medida True RMS.

¿POR QUÉ ES NECESARIA LA MEDIDA RMS O TRUE RMS?

Porque la tensión de una onda senoidal varía en el tiempo y por tanto no es igual a la tensión que alcanzan sus picos. El valor eficaz de la tensión de una señal alterna es su equivalencia en forma de tensión continua y solo se puede calcular con instrumentos de medida RMS o True RMS.



Onda senoidal de 170 V de pico y valor eficaz entregado de 120 V

¿QUÉ ES EL RMS?

Aunque para efectos prácticos lo definimos como el Valor Eficaz, RMS en realidad corresponde a las siglas en inglés de Root Mean Square (Raíz de la Media de los Cuadrados), en referencia a la fórmula matemática que se utiliza para medir este valor. Una fórmula que el instrumento simplifica para tener en cuenta solo el valor del pico positivo de la señal sinusoidal:

$$V_{RMS} = \frac{V_{PICO}}{\sqrt{2}} \approx V_{PICO} \times 0{,}707$$

Fórmula matemática que aplica un equipo (multímetro, etc) RMS.

La medida RMS es fiable cuando la onda sinusoidal es perfecta, porque esta medida solo tiene en cuenta el valor de pico de la forma de onda.

¿Y qué sucede cuando la onda sinusoidal no es perfecta? Es decir, ¿qué sucede en el mundo real?

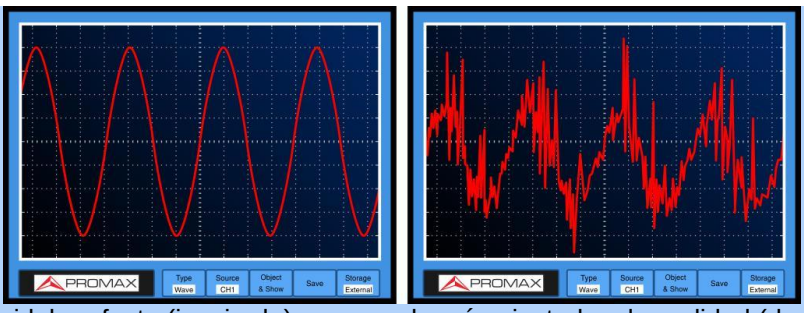
¿QUÉ ES TRUE RMS? LA MEDIDA MÁS FIABLE

Las medidas RMS no se pueden considerar fiables porque hoy en día cualquier instalación eléctrica tiene múltiples fuentes de parásitos que provocan que la forma de onda de la corriente alterna nunca sea perfecta.

La medida True RMS (Verdadero Valor Eficaz) utiliza fórmulas matemáticas más complejas que permiten obtener un valor más aproximado a la realidad que los RMS. Además de los valores de pico, toman varias muestras de los valores a lo largo de cada uno de los ciclos.

$$V_{TRMS} = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 + \ldots + V_n^2}{n}}$$

Fórmula matemática que aplica un (multímetro, etc)True RMS

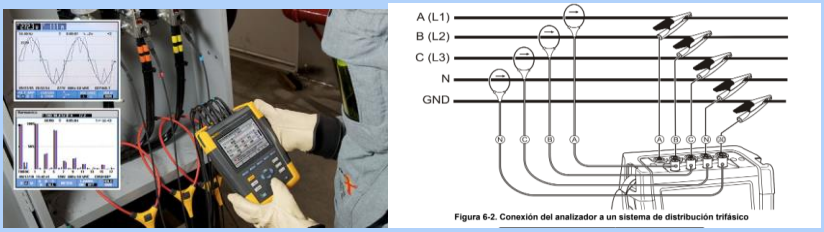


Una onda sinusoidal perfecta (izquierda) y una onda más ajustada a la realidad (derecha), afectada por parásitos o residuales.

Todos estos parásitos son inducidos por motores, interruptores variables, electrodomésticos, ordenadores y las fuentes de alimentación baratas que alimentan los *routers*, cargadores de baterías, etc.

Por este motivo, **porque la onda sinusoidal nunca es perfecta**, solo se pueden considerar fiables las medidas tomadas con equipos True RMS cuando se trabaja en instalaciones de corriente alterna.

CONEXIÓN ANALIZADOR



METODOLOGÍA FLICKER

Del grupo de normas de IEC, la 61000-4-15 (sustituye a la IEC 868) establece la metodología “Flickermeter”, mediante la cual se calcula el índice de severidad de fluctuaciones rápidas de tensión (Flicker) de corto plazo Pst.

En la norma IEC la 61000-4-30 se establece las características de los registradores de red.

La UIE (Internacional Union for Electroheat) junto con la IEC. Desarrollaron la metodología de medición de Flickermeter, con la intención de indicar el nivel de percepción correcta para cualquier fluctuación de tensión.

La IEC la 61000-4-15 presenta un plan funcional así como las especificaciones de diseño de un instrumento para la medición de flicker. La cual busca simular la forma como el ojo humano percibe el flicker (lámpara-ojo-cerebro), con el objeto de percibir el nivel de irritación (molestia) basándose en características conocidas de lámparas incandescentes, el ojo humano y el cerebro.

Adicionalmente, busca proveer información general para el diseño de un instrumento de medida Flicker. A la salida del Flickermeter se obtiene el índice estadístico de severidad a corto plazo Pst.

El Flickermeter está conformado por cinco bloques:

Adaptador de la tensión de entrada y circuito de calibración.
Proceso de demodulación de la onda de tensión sobrepuesta a la de 60 Hz.
Filtros de ponderación.
Multiplicador cuadrático y filtro integrador de primer orden.
Clasificador estadístico, el cual transforma la salida del bloque anterior en los índices de severidad de parpadeo de corto plazo (Pst) y largo plazo (Plt).

La arquitectura del medidor de 'Flicker' se describe en el diagrama de bloques de la transparencia anterior, y se puede dividir en dos partes, cada una de las cuales realiza las siguientes tareas:

Bloques 2, 3 y 4: Simulación de la respuesta de la cadena lámpara-ojo- cerebro.
Bloque 5: Análisis estadístico de la señal de 'Flicker' y presentación de los resultados.

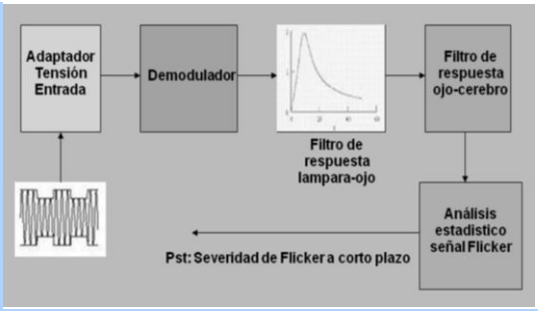
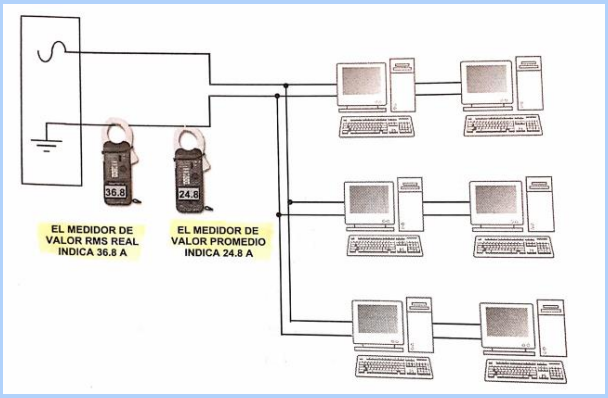


Diagrama de bloques para el diseño de medidores de flicker. Potencia, energía y calidad del servivio eléctrico

Un analizador de la calidad de la energía es una herramienta de pruebas que se usa para obtener y grabar datos valiosos para el diagnóstico de fallas. Pueden registrar todas las mediciones básicas que un MMD puede almacenar y también medir los armónicos, los transitorios, la alimentación, así como otros parámetros y problemas eléctricos. Cuando no contamos con este equipo podemos realizar mediciones utilizando dos amperimetros de la siguiente manera.



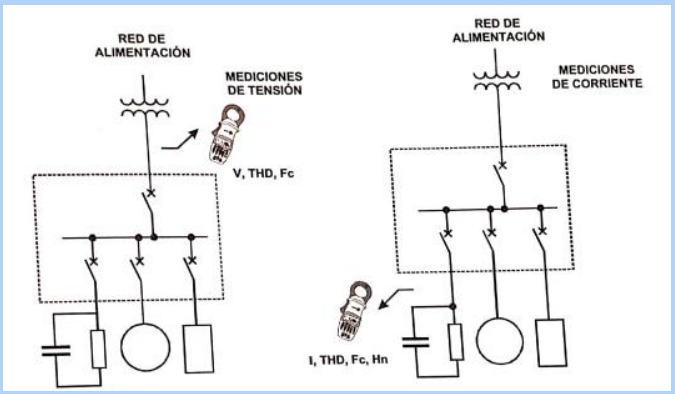
Identificador de problemas de armónicas usando dos amperímetros

La relación de las dos medidas se obtiene diviendo el valor promedio entre el valor RMS,

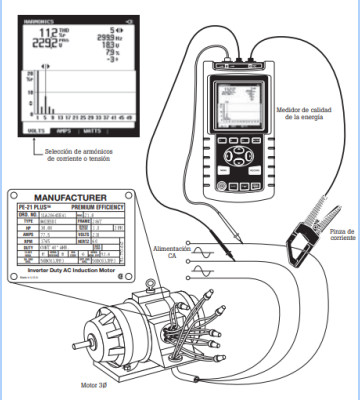
$$Relación = \frac{Promedio}{RMS} = \frac{24{,}8}{36{,}8} = 0{,}674$$

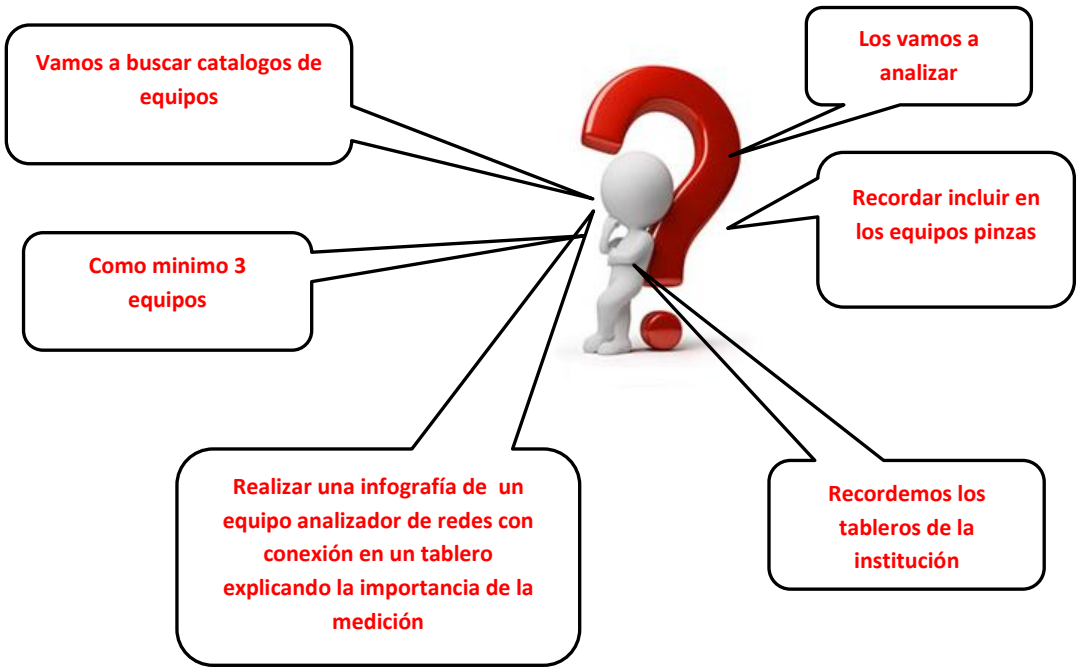
Si la relación es 1,0 indica que no hay armónicas, un valor de 0,5 indica extrema distorsión armónica , pero sin revelar el nombre de la armónica, sólo da una indicación que hay un problema de armónicas.

Utilizacion de medidor de armónicas tipo pinza



La relación de las dos medidas depende de la ubicación de la pinza, medición en el barraje del transformador voltaje, factor de cresta y THDV, medición en las cargas corriente, factor de cresta, THDI.





A TENER EN CUENTA... El ejemplo realizado en clase.

Realizar un paseo por las diferentes empresas que comercializan los equipos para realizar la infografía de conexión en un tablero trifásico.

Adjunto algunos links de empresas comercializadoras de equipos

https://www.ht-instruments.com/es-es/productos/analizadores-de-redes/

https://www.promax.es/esp/productos/equipos-para-electricidad/IC-090/analizador-de-redes-electricas-hasta-3000-a/

https://www.fluke.com/es-co/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/434-435

https://circutor.com/productos/medida-y-control/analizadores-de-redes-fijos/

https://erasmus.com.co/Erasmus/analizador-calidad-de-energia/

CLASIFICACIÓN DE LOS APARATOS

Categoría I. Aparatos que no contienen ningún circuito electrónico de control
Ejemplos: aparatos que funcionan con motor, juguetes de iluminación, conjuntos de pistas sin unidades de control electrónicas, herramientas, aparatos de calentamiento
Categoría II. Juguetes con transformador juguetes con alimentación dual, aparatos a motor,
Categoría III. Aparatos alimentados a pilas o baterías (integradas o externas) que, en uso normal, no están conectados a la red
Categoría IV. Todos los demás aparatos cubiertos por el campo de aplicación de esta norma.