

M E D I D A S E L É C T R I C A S

Unidad Temática Nro. 3

**Medición de Potencia en
Sistemas Monofásicos y Trifásicos
de Corriente Alterna.**

Caracterización de Impedancias.

**Guía del Trabajo Práctico Nro. 3
Problemas Propuestos**

*Asignatura Medidas Eléctricas
Curso 2024*

Trabajo Práctico Nro. 3

Medición de Potencia en Sistemas Monofásicos y Trifásicos de Corriente Alterna. Caracterización de Impedancias.

1. Objetivos

Se pueden detallar de la siguiente forma:

- Realización de mediciones de potencia activa y reactiva en sistemas trifásicos, trifilares y tetrafilares de corriente alterna, como aplicaciones particulares de la medición en un sistema n-filar. Empleo de transformadores de corriente.
- Determinación de los parámetros característicos de una impedancia en corriente alterna.
- Medición de potencia activa y reactiva de una carga no lineal.

2. Planteo de las mediciones

2.1. Mediciones de Potencia Activa y Reactiva en Sistemas Trifásicos

Plantee los circuitos que utilizaría para realizar las siguientes mediciones, seleccionando los instrumentos necesarios de la lista del Anexo 1.

2.1.1. Medición de tipo industrial de potencia activa y reactiva en un sistema trifásico trifilar, de generador perfecto, de 380 V (50 Hz) de tensión de línea, que alimenta una carga trifásica equilibrada, que consiste en un motor trifásico cuya corriente de línea es aproximadamente 10 A, factor de potencia $\cong 0,3$ inductivo, y un circuito resistivo trifásico formado por tres calefactores de 1200 W de potencia cada uno, conectados en estrella. Dé el resultado de la medición acotado con los correspondientes errores límites.

2.1.2. Medición de tipo industrial de potencia activa y reactiva en un sistema trifásico tetrafilar de generador perfecto, de 380 V (50 Hz) de tensión de línea, que alimenta una carga trifásica desequilibrada. En este caso las corrientes de línea no superarán los 5 A. También en este caso plantee el estudio de los errores límites que se cometerán.

2.2. Determinación de los parámetros de una Impedancia en Corriente Alterna

Se pretenden determinar los parámetros característicos de la impedancia equivalente del primario de un transformador toroidal, de 1000 VA, 220 V, 50 Hz. La corriente de vacío de este transformador, previsto para colocarle diferentes secundarios, es de alrededor de 0,3 A, con factor de potencia 0,6 inductivo. Se deberán hallar los valores equivalentes de Z, factor de potencia, R y X, con sus correspondientes errores.

2.2.1. Proponga un circuito para realizar las mediciones mencionadas, seleccionando los instrumentos del Anexo 1.

2.2.2. Identifique los errores que se cometen con el circuito propuesto. ¿Puede ser desafectado alguno de ellos? Obtenga las expresiones de los parámetros a determinar y la de sus correspondientes errores.

2.3. Medición de potencia activa y reactiva de una carga no lineal

Analizar detalladamente las características principales del analizador de potencia marca Fluke, modelo 41B, con el que se medirán los parámetros de una carga no lineal (corriente de régimen permanente de un equipo de iluminación con tubo fluorescente, de 220 V, 105 W, con dispositivo de arranque y limitación de corriente electrónicos).

ANEXO 1

Elementos disponibles

A.1.1. Vatímetros de Tablero (cantidad: 3)

Marca: PROTOMAX
Clase: 1,5
Sistema de medida: Electrodinámico
Tensiones nominales: 220/380 V
Corriente nominal: 5 A
Posición de uso: Vertical
Rigidez dieléctrica: 2 kV
Rv: 12,5 kΩ - 21,2 kΩ
Consumo del circuito amperométrico a 5 A: 1 VA a $\cos \varphi = 0,8$

A.1.2. Amperímetros de Tablero (cantidad: 3)

Marca: PROTOMAX
Clase: 1,5
Sistema de medida: Hierro Móvil
Alcance: 5 A
Posición de uso: Vertical
Rigidez dieléctrica: 2 kV
Consumo a 5 A: 1 VA a $\cos \varphi = 0,8$

A.1.3. Voltímetros de Tablero (cantidad: 3)

Marca: PROTOMAX
Clase: 1,5
Sistema de medida: Hierro Móvil
Alcances: 250 / 500 V
Posición de uso: Vertical
Rigidez dieléctrica: 2 kV
Rv: 17,8 kΩ - 35,1 kΩ

A.1.4. Transformadores de Corriente (cantidad: 3)

Marca: Nöllmann
Clase: 0,5
Prestación nominal: 10 VA
Relación de transformación: 15/5 A
Factor de seguridad de instrumentos: $2 < F_s < 5$
Tensión de aislación: 3000 V

A.1.5. Analizadores de Potencia

Marca: FLUKE

Modelo: 41B

Se trata de un instrumento digital que permite medir valor eficaz verdadero de tensión y corriente, potencias activa, reactiva y aparente, factor de potencia, frecuencia y armónicos, entre los parámetros más importantes, además de visualizar formas de onda.

A continuación se presenta un extracto de las características principales de este instrumento, cuyo Manual de Uso completo puede obtenerse en la página web de la asignatura.

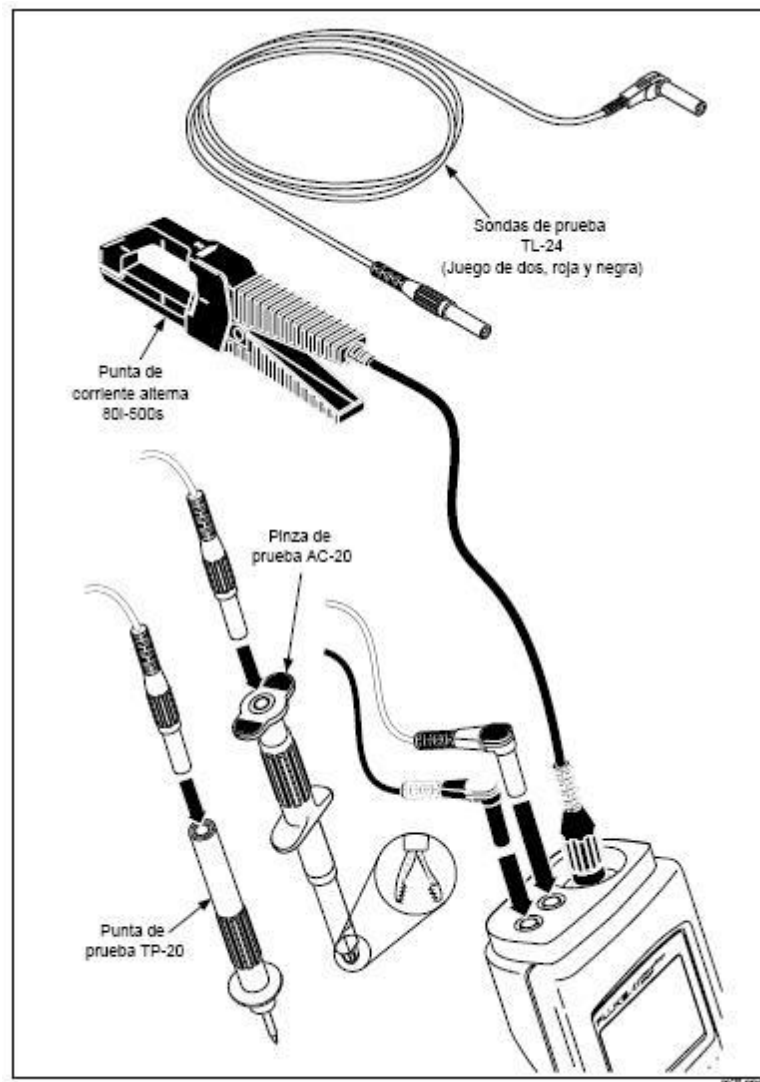


Figura 1. El probador y los accesorios














Terminología utilizada en este manual

En este manual se utiliza la siguiente terminología estándar:

- “Línea” es tensión o frecuencia de línea.
- “ $\phi 1$ ”, “ $\phi 2$ ”, y “ $\phi 3$ ” se refiere a las tres fases del suministro de corriente.
- “Delta” \triangle .
- “Estrella” Y .
- “N” es neutro.
- \perp es masa (tierra).
- “Punta de corriente alterna” o “Punta” se refiere a la 80i-500s, la que también puede denominarse “mordaza de corriente”.

Familiarizándose con el probador

Pulse las teclas como se explica a continuación, haciendo referencia a la figura 3, para familiarizarse con la operación básica del probador.

1.  para encender el Probador.
2.  (pulse brevemente) y  o  para cambiar el contraste de la pantalla.
-  (mantenga pulsado durante 1 segundo) para encender y apagar la retroiluminación.
3.  para seleccionar la función de medición (voltios, amperios o vatios).
4.  para seleccionar el modo de la pantalla (forma de onda, armónicas, texto).
5.  para empezar a registrar las mediciones
 o  para seleccionar el registro NOW, MAX, AVG, o MIN.
 para seleccionar una función diferente de medición al estar registrando.
 para salir del registro.
6.  para apagar el Probador.

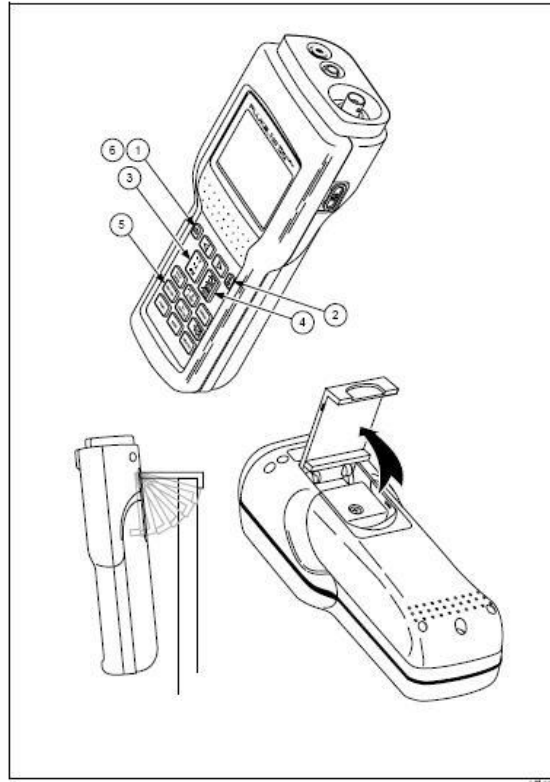


Figura 3. Familiarizándose con el Probador

Conexiones de entrada

Consulte la figura 4 para ver la forma de medición de dos entradas. Para medir tensión, inserte la sonda de prueba roja en "V" y la sonda de prueba negra en "COM." Para las mediciones de corriente se usa un conector BNC conectado a "CURRENT PROBE". Conecte "V" y "COM" para medir sólo tensión; conecte "CURRENT PROBE" para medir sólo corriente. Haga las tres conexiones para mediciones de potencia.

Observe los siguientes lineamientos de conexión:

- Corriente

Encierre con la mordaza el conductor neutro o de la fase que desea medir. Verifique que la flecha en la punta señala hacia la carga (fase) o hacia la fuente (neutro). El Probador está preparado para usarse con una Punta de corriente 80i-500s. Si usa otra punta, debe efectuar un cambio de selección en la pantalla de configuración.
- Tensión: 3 fases, 4 conductores

Conecte la sonda de prueba roja a la tensión de fase deseada; conecte la sonda de prueba negra a un neutro.
- Tensión: 3 fases, 3 conductores, ejemplo Δ

Conecte la sonda roja de prueba al conductor de fase utilizado por la Punta de corriente; conecte la sonda de prueba negra a otra fase.

Cómo usar las sondas de prueba de tensión


Es preferible usar la combinación de la sonda de prueba TL-24 y la pinza de prueba AC-20 (figura 1), lo que permite medición de tensión sin intervención de las manos, cuando se usa también la Punta de corriente.

Nota

La figura 4 muestra la forma sugerida de usar la sonda de prueba y la punta de corriente.

Cómo usar la Punta de corriente

La precisión de las lecturas de potencia y de corriente dependen del uso correcto de la Punta de corriente 80i-500s. Las especificaciones de precisión en este manual suponen el uso correcto de la Punta de corriente.

- Siempre cierre la mordaza de la Punta de corriente 80i-500s con la flecha apuntando hacia la carga (contraria a la fuente) para mediciones de fase, o apuntando hacia la fuente para mediciones un neutro. Pulse  para verificar la orientación de la punta de corriente. Si la pantalla resultante de comprobación de VA (VA Check Screen) generalmente se extiende de la parte inferior izquierda a la superior derecha de la pantalla, significa que la Punta de corriente está conectada correctamente.
- Siempre cierre la mordaza de la Punta de corriente alrededor de un conductor individual o de conductores paralelos que llevan corriente de la misma fase.
- Siempre ponga a centro el conductor con las marcas de alineación de la Punta de corriente.

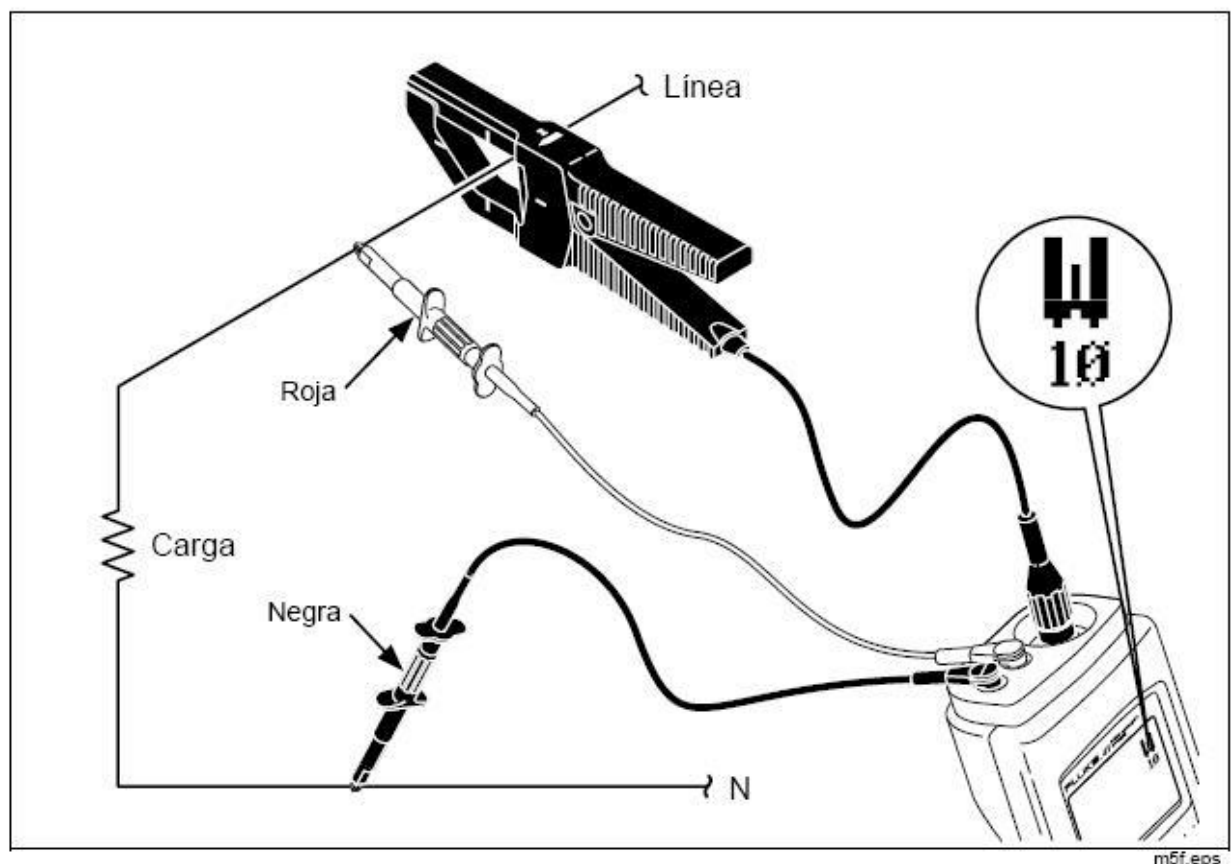


Figura 4. Conexiones de medición (1Ø)

Teclado

Consulte la figura 8 y la tabla 1 para conocer la operación del teclado.

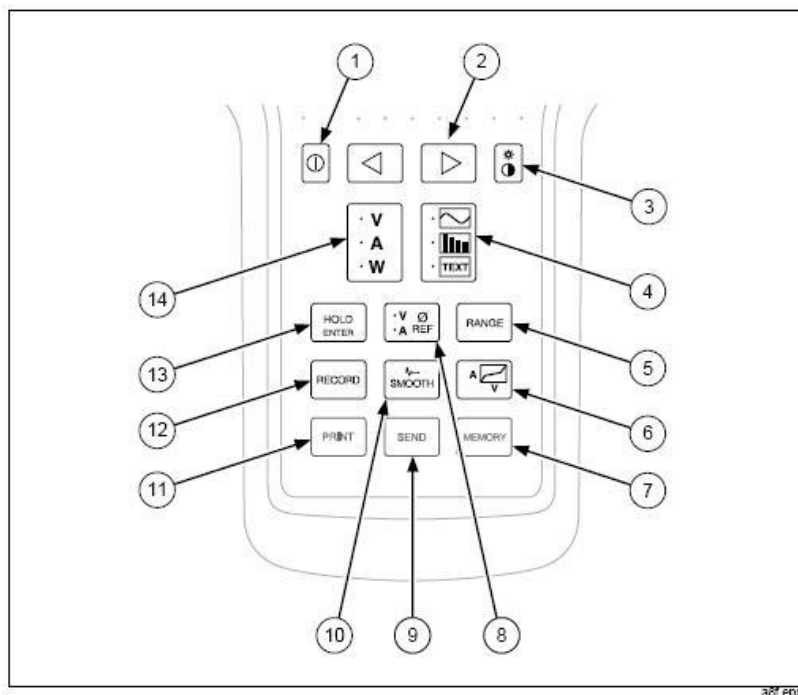


Figura 8. El teclado

Tabla 1. Descripción de las teclas

Número	Símbolo	Nombre y descripción
1		Encendido/apagado Pulse una vez para encender el Probador; se visualiza brevemente un patrón de prueba. (El patrón se visualiza mientras permanece pulsada la tecla). Pulse de nuevo para apagar el Probador. El Probador asume la configuración al encendido cada vez que se enciende.
2		Teclas de flechas Estas teclas tienen varios usos. Vea las demás áreas para las descripciones específicas y .
3		Contraste/retroiluminación Toque brevemente para ajustar el contraste (con); toque de nuevo para guardar la configuración y regresar a la operación normal. Pulse y sostenga pulsado durante 1 segundo aproximadamente para encender y apagar la retroiluminación.
4		Modo de la pantalla Pulse para pasar el Probador por los modos Forma de onda, Armónicas y Pantalla de texto. La función de medición (voltios, amperios o vatios) se selecciona independiente del modo de la pantalla.

Tabla 1. Descripciones de las teclas (continuación)










Número	Símbolo	Nombre y descripción
5		<p>Rango (Forma de onda y Texto)</p> <p>Pulse  momentáneamente para iniciar el rango manual (MAN) para todas las funciones de medición (V, A, μ). Siga pulsando momentáneamente para pasar por los rangos para la función de medición seleccionada solamente. (Los rangos no cambian para las otras dos funciones de medición). Pulse y mantenga pulsado durante 1 segundo aproximadamente para regresar a rango automático (AUTO) para todas las funciones de medición (V, A, μ). El Probador siempre inicia con rango automático al encendido.</p> <p>Rango (Armónicas)</p> <p>Pulse  momentáneamente para pasar de 100% a 10%, 20%, 50% y de regreso a 100%. Otros rangos de pantalla de armónicas y rangos de medición de tensión o corriente no cambian al estar en la pantalla de armónicas.</p>
6		<p>Comprobación de VA (VA Check)</p> <p>Pulse en cualquier momento para revisar los voltios comparados con la corriente en el punto de prueba. Pulse  por segunda vez para regresar a la operación normal. Vea también la sección "Comprobación de VA".</p>
7		<p>Memoria (modelo 41B)</p> <p>Pulse para tener acceso a la pantalla de almacenaje de formas de onda. Pulse  por segunda vez para regresar a la operación normal. También puede borrar todas las formas de onda guardadas manteniendo pulsada la tecla  mientras encienda al pulsar . Vea también la sección "Cómo guardar y recordar mediciones."</p>

Tabla 1. Descripción de las teclas (continuación)






















Número	Símbolo	Nombre y descripción
8		<p>Referencia de fase</p> <p>Pulse para seleccionar voltios o amperios para la referencia de fase de visualización. La configuración estándar es referencia de tensión. Para mediciones de corriente solamente, pulse  para establecer \hat{A}. Para cambiar la referencia de fase al encendido, vea la sección "Configuración al encendido" posteriormente en este manual.</p>
9		<p>Enviar (modelo 41B)</p> <p>Pulse para imprimir un informe de prueba de las mediciones calculadas a una impresora o PC. (En el Probador se visualiza SEND.) No pulse  al estar usando el programa de aplicación FlukeView 41. Vea la sección "Envío a un PC".</p>
10		<p>Suavizar</p> <p>Suavizar permite promediar las formas de onda, dando como resultado una pantalla más estable y mayor precisión de los cálculos (Vea la sección "Especificaciones"). Pulse  cuatro veces para pasar por cada una de las selecciones de Suavizar ($\sqrt{2}$s, $\sqrt{5}$s, $\sqrt{10}$s, $\sqrt{20}$s en la línea superior de estado). Al pulsar  por quinta vez, el Probador regresa a la operación normal.</p>

Tabla 1. Descripción de las teclas (continuación)

Número	Símbolo	Nombre y descripción
11		Imprimir (modelo 41B) Pulse para imprimir el contenido de la pantalla. (En el Probador se visualiza ) Pulse cualquier tecla para detener la impresión. No pulse  al estar usando el programa de aplicación FlukeView 41. Vea la sección "Envío a un PC".
12		Registrar Pulse para empezar a registrar. Al pulsar  por segunda vez, se restablece la operación normal. También puede regresar el Probador a la configuración estándar (programada en la fábrica) manteniendo pulsada la tecla  mientras enciende al pulsar  .
13		Sostener Pulse  para congelar la pantalla. (H aparece en la línea superior.) Ahora ya puede observar todas las pantallas para una sola medición. Pulse  de nuevo para proseguir con la operación normal.  funciona como una tecla "INTRO" cuando se usa con algunas otras pantallas. Asimismo, se puede tener acceso a la pantalla de configuración al encendido pulsando  mientras enciende al pulsar  .
14		Measurement Function (Función de medición) Pulse para pasar el Probador por las funciones de medición de voltios, amperios y vatios. Se puede seleccionar el modo de pantalla (forma de onda, armónica o texto) independiente de la Función de medición.

Pantalla de visualización

La pantalla consiste de las tres áreas siguientes (vea la figura 9):

- Línea de estado: identifica las condiciones de operación del Probador. Vea la tabla 2.
- Área de medición: muestra la información como forma de onda, gráfico de barras de armónicas o conjunto de cálculos de texto. Consulte la tabla 3 para conocer las abreviaturas utilizadas en todos los modos de pantalla y funciones de medición.
- Mensajes especiales. Vea la tabla 4.

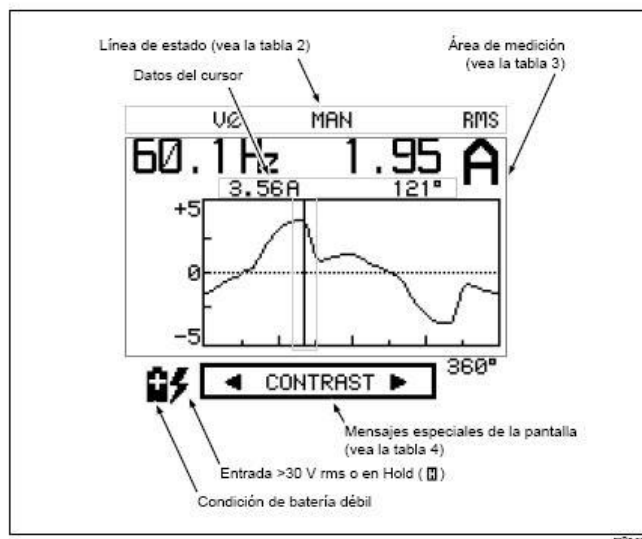


Figura 9. Pantalla de visualización

Tabla 2. Línea de estado


	Sostener (Hold) activo (pantalla congelada). $\$$ aparece en la esquina inferior izquierda para indicar una posible entrada de alta tensión no captada durante Hold.
V \emptyset	Selección de referencia de fase. La entrada de voltios o de corriente es la referencia para determinar el desfaseamiento.
A \emptyset	Seleccione A \emptyset al medir solamente corriente sin las sondas de prueba conectadas.
\wedge V-2s	Selección de Suavizar (Smooth). La selección Suavizar está activa con tiempos de promedio de 2, 5 10 ó 20 segundos.
\wedge V-5s	Cuanto más elevado sea el número, más estable será la lectura de la medición.
\wedge V-10s	
\wedge V-20s	
OL-V	Condición de tensión excedida (Volts Overload) para el rango seleccionado (más de 600 V si está en AUTO).
OL-A	Condición de corriente excedida (Amps Overload) para el rango seleccionado (excede 2 V cresta si está en AUTO). Ya que la entrada de la Punta de corriente es 1 mV/A, la máxima entrada de corriente es un valor cresta de 2000 A.
OL-VA	Se ha excedido tanto al máximo de tensión como de corriente.
<i>Nota</i>	
<i>Al ocurrir una sobrecarga, se debe suponer que todos los datos de medición y de cálculo son inválidos.</i>	
AUTO	El Probador conmuta automáticamente de rango para manejar las lecturas cambiantes de tensión, amperios o vatios.
MAN	El Probador no conmuta automáticamente de rango.
MEMX	La última ubicación de memoria (X) a la que se tuvo acceso (X = 1 a 8)
SEND	Enviar (Send) está activo (imprime informes de prueba, modelo 41B.)
PRNT	Imprimir (Print) está activo (imprime la información en la pantalla, modelo 41B.)

Tabla 3. Abreviaturas de la pantalla



Uso en la pantalla	Nombre y descripción
\circ 	Grados de ángulo de fase. ($\pm 180^\circ$) Mide el tiempo desde el cruce positivo por cero de la fundamental de la \emptyset REF de la tensión o corriente seleccionada. 360° representa un ciclo a la frecuencia fundamental o armónica seleccionada. Un signo positivo indica que el cruce por cero positivo del ciclo medido ocurre primero que el de la referencia (adelantado).
<i>Nota</i>	
<i>Para la pantalla de vatios (Watts)  , el ángulo de fase siempre muestra la relación de \emptyset REF de amperios a voltios a la misma frecuencia. Los cálculos de $\cos\phi$ se basan en esta definición.</i>	
A RMS	Amperios rms (incluye el componente de cc si se está utilizando una punta de corriente con capacidad de cc).
A PK	Valor cresta de la corriente (1/2 del valor cresta a cresta).
A DC	Amperios de cc.
A HM	Para una forma de onda de corriente, A HM identifica la corriente armónica total que está presente.
A LEAD	Corriente adelantada a la tensión Evidencia de una reactancia capacitiva en el sistema; la forma de onda de la corriente antecede a la forma de onda de la tensión.
A LAG	Corriente retrasada a la tensión Evidencia de reactancia inductiva en el sistema; la forma de onda de corriente ocurre después de la forma de onda de tensión.
CF	Factor de cresta Razón del valor cresta al valor rms de la forma de onda.

Tabla 3. Abreviaturas de la pantalla (continuación)

Uso en la pantalla	Nombre y descripción
DPF	<p>Cosφ fundamental del factor de potencia de desplazamiento</p> <p>La razón de potencia activa (vatios) a potencia aparente (VA rms) a la frecuencia fundamental. Es equivalente al cosφ a esa frecuencia. Es el factor de potencia tradicional para cargas lineales.</p>
HZ	<p>Pantallas de formas de onda: Frecuencia fundamental en hertzios</p> <p>Pantallas de armónicas: Frecuencia de la armónica seleccionada en hertzios</p>
KF	<p>Factor-K</p> <p>Un cálculo de clasificación de forma de onda de corriente de carga que clasifica la capacidad de la forma de onda de producir pérdidas por calor relacionadas a las armónicas en transformadores y otros componentes magnéticos. Se utiliza para seleccionar la clasificación K de los transformadores que iguale las mediciones del factor K de la corriente de carga.</p>
PF	<p>Factor de potencia</p> <p>Razón de la potencia activa a la potencia aparente (incluyendo todas las armónicas). El factor de potencia real para todas las cargas, lineales y no lineales.</p>
% THD-F	<p>Distorsión armónica total - THD (como un % de la fundamental)</p> <p>Define la cantidad de distorsión armónica como un porcentaje de la forma de onda a la frecuencia fundamental.</p> <p>$\% \text{ THD - F} = \frac{\text{rms de las armónicas (menos la fundamental)}}{\text{rms de la fundamental}}$</p>
% THD-R	<p>Distorsión armónica total (como un % del rms total)</p> <p>Define la cantidad de distorsión armónica como un porcentaje del valor rms de las formas de onda a todas las frecuencias (fundamental y armónicas).</p> <p>$\% \text{ THD - R} = \frac{\text{rms de las armónicas (menos la fundamental)}}{\text{rms total}}$</p>

Tabla 3. Abreviaturas de la pantalla (continuación)

Uso en la pantalla	Nombre y descripción
V RMS	Tensión rms (incluye el componente de cc).
COS φ	Coseno del ángulo entre la tensión y la corriente a cualquier frecuencia individual.
V FK	Valor cresta de la tensión (1/2 del valor cresta a cresta).
V DC	Tensión de cc.
V HM	Tensión rms de las armónicas
	Para una forma de onda de tensión, V HM identifica la tensión armónica total presente.
VA, KVA	<p>(Kilo) Voltios amperios</p> <p>Potencia aparente: un valor que el Probador calcula multiplicando el valor rms de la corriente por el valor rms de la tensión.</p>
VAR, KVAR	<p>(Kilo) voltios amperios reactivos</p> <p>El componente de potencia reactiva de la frecuencia fundamental.</p>
W, KW	<p>Potencia activa</p> <p>La potencia promedio que se disipa (denominada también potencia real).</p>

Especificaciones

Las especificaciones eléctricas básicas se definen en un rango de temperatura de 18°C a 28°C para un periodo de un año después de la calibración.

La precisión se especifica como \pm (% de la lectura) + [cantidad de unidades en el dígito menos significativo].

Rango de frecuencia, fundamental

6-65 Hz y cc

Niveles mínimos de entrada

5 V rms o 1 A rms

Mediciones de tensión (rms real)

Rango de entrada: 5,0 V a 600 V rms (ca + cc)
5,0 V a +/-933 V cresta

Precisión básica*:
rms (ca + cc): +/- (0,5% + 2 dígitos)
cresta, cc: +/- (2% + 3 dígitos)

* < 15 V rms, añadir 2 dígitos

Impedancia de entrada: 1 M Ω , equilibrada

Factor de cresta: > 3,0 a menos de 300 V, 1,56 a 600 V

Medición de amperios (rms real)

Entrada aislada (1 mV/A)

Rango de entrada: 1,00 mV (A) a 1000 mV rms (A) (ca + cc)
1,0 mV (A) a +/- 2000 mV (A) cresta

Precisión básica:
rms (ca + cc): +/- (0,5% + 3 dígitos) + especific. de la punta
cresta, cc: +/- (2% + 4 dígitos) + especific. de la punta

Impedancia de entrada: 1 M Ω || 47 pF

Factor de cresta: > 3,0 a menos de 600 mV, 2,0 a 1000 mV

Mediciones de vatios (Voltios-Amperios)

Entrada aislada (1 mV/A)

Rango: 0 W (VA) a 600 kW (kVA), promedio
0 W (VA) a 2000 kW (kVA), cresta

Precisión (ca + cc):
W activos (VA): +/- (1% + 4 dígitos) + especific. de la punta

Precisión de la medición de armónicas (Datos del cursor)

(Nivel de armónica > 5% Utilizando Smooth ~20)

Voltios:

De la fundamental a la 13ª armónica: +/- (2% + 2 dígitos)
13ª a la 31ª armónica: 13ª +/- (2% + 2 dígitos) -----
----- 31ª +/- (8% + 2 dígitos)

Amperios* o vatios:

De la fundamental a la 13ª armónica: +/- (3% + 3 dígitos) + especific. de la punta
13ª a la 31ª armónica: 13ª +/- (3% + 3 dígitos) + especific. de punta ----- 31ª +/- (8% + 3 dígitos) + especific. de la punta

* < 20 A, añadir 3 dígitos

Fase:

Fundamental: (\pm 2 grados) + especific. de la punta
2ª a 31ª armónica: 2ª (\pm 5 grados) -- 31ª (\pm 20 grados) + especific. de la punta

Precisión de la medición de frecuencia

(Fundamental, 6,0 Hz - 99,9 Hz)

6,0 Hz - 99,9 Hz: +/- 0,3 Hz

Especificaciones de otras mediciones

Función de medición	Rango/ Resolución	Precisión
Ancho de banda de entrada: (-0.5 dB):	cc 6 Hz a 2,1 kHz	
Factor de cresta (CF): (Usando Smooth $\sqrt{v} \sim 20$)	1,00 a 5,00	$\pm 4\%$
Factor de potencia (PF):	0,00 a 1,00	$\pm 0,02$
Desplazamiento del factor de potencia (DPF):	0,00 a 0,29	sin especificar
	0,30 a 0,69	$\pm 0,04$
	0,70 a 0,89	$\pm 0,03$
	0,90 a 1,00	$\pm 0,02$
Rango de medición de fase:	-179 a 180 grados	
Factor K (KF)	1,0 a 30,0	$\pm 10\%$
Distorsión armónica total (THD)		
%THD-F:	0,0 a 799,9	$\pm(0,03 \times \text{Lectura} + 2,0\%)$
%THD-R:	0,0 a 99,9	$\pm(0,03 \times \text{Lectura} + 2,0\%)$

Especificaciones generales

Dimensiones: 234 x 100 x 64 mm (9.2 x 3.9 x 2.5 pulgadas)

Peso: 1 kg (2.0 lbs)

Conectores de entrada:

Tensión: 2 receptáculos con gualdera tipo banano (4 mm)

Punta de corriente: 1 receptáculo con gualdera BNC

Batería:

Tipo: 4 celdas alcalinas "C" ANSI/NEDA-14A, IEC-LR14 (provisas)

Tiempo de operación: 48 horas, típico (continuas, sin retroiluminación)

Batería alterna:

4 celdas de níquel-cadmio, provistas por el cliente; para carga exterior. El Probador previene la inversión de la batería apagándose a sí mismo si la tensión de la batería es menor de 4,0 Vcc.

Temperatura:

Operación: 0 a 50°C (32 a 122°F)

Almacenaje: -20 a 60°C (-4 a 140°F)

Coefficiente de temperatura:

0,1 x precisión especificada por grado C
(0 a 18 grados C, 28 a 50 grados C)

Humedad (no condensación):

Operación:	0 - 30°C:	90%
	30 - 40°C:	75%
	40 - 50°C:	45%
Almacenaje:		90%

Altura:

Operación:	3 km (10000 pies)
Almacenaje:	12 km (40000 pies)

Golpes y vibración: según MIL-T-28800, clase 3, sinusoidal, sin operación

Compatibilidad electromagnética:

Emisiones de RF: Límites comerciales EN 50081-1,
VFG 243-1991

Susceptibilidad a RF: Límites comerciales EN 50082-1

Directiva de consejo: Directiva de compatibilidad electromagnética
(89/336/EEC)

Estuche a prueba de polvo y goteo: según IEC 529, Sección 3;
Protección de polvo, a prueba de goteo
IP 52f

FLUKE

80i-500s

*AC CURRENT PROBE FOR
OSCILLOSCOPES*

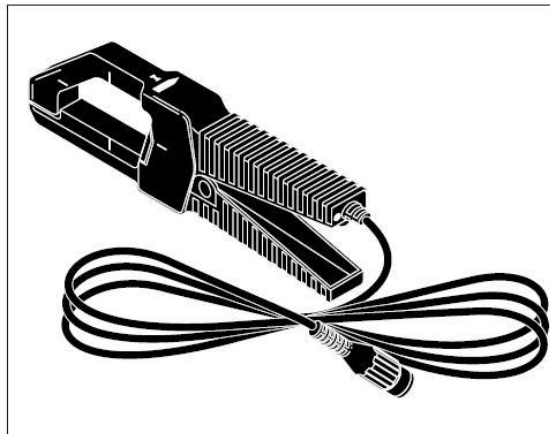


Figure 1. 80i-500s AC Current Probe

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Current Range: 1A to 500A ac rms.

AC Current Over Range Limit: Up to 700A ac rms for maximum of 10 minutes, followed by removal from current carrying conductor for at least 30 minutes.

Output Signal: 1 mV ac/A ac

Influence of Temperature on Accuracy: <0.15% per 10°C (18°F) for temperatures from -10 to 18°C (14 to 64°F) and from 28 to 50°C (82 to 122°F).

Basic Accuracy (45 to 65 Hz):

Input Current:	Error:	Phase Shift:
1 to 20A	5% of rdg + 0.3A	Not Specified
20 to 100A	5% of rdg	±3°
100 to 500A	2% of rdg	±1°

Extended Accuracy:

For other frequencies, refer to the appropriate input current range and **add the error listed below to the "Basic Accuracy" error.**

	Input Current:	Error:
(5 to 10 Hz):	1 to 500A	not specified*
(10 to 20 Hz):	1 to 300A	5%
	300 to 400A	15%
	400 to 500A	25%
(20 to 45 Hz):	1 to 500A	5%
(65 Hz to 3 kHz):	1 to 50A	5%+0.4A
	50 to 500A	5%
(3 kHz to 10 kHz):	1 to 500A	not specified*

**-3 db @ 5 Hz and 10 kHz typical*

Input Load Impedance (of host instrument): >1MΩ in parallel with up to 47 pF

dV/dt max: 0.24 mV/μsec

Rise or Fall Time: <40 μsec

⚠ Working Voltage: 600V ac rms, in compliance with IEC-1010-1.

⚠ Common Mode Voltage: 600V ac rms from earth ground, in compliance with IEC 1010-1.

Influence of Adjacent Conductor: <5 mA/A

Influence of Conductor Position in Jaw Opening: +/- (1.5% of reading +0.1A).

GENERAL SPECIFICATIONS

Dimensions: 66 x 195 x 34 mm (2.6 x 7.7 x 1.3 in.)

Weight: 420g (14.8 oz.)

Temperature: Operating: -10 to 50°C (14 to 122°F)
Storage: -40 to 71°C (-40 to 160°F)

Relative Humidity: 0 to 95% (10 to 30°C; 50 to 86°F)
0 to 75% (30 to 40°C; 86 to 104°F)
0 to 45% (40 to 50°C; 104 to 122°F)

Altitude: non-operating: 0 to 12000 meters (0 to 39370 ft.) operating: 0 to 2000 meters (0 to 6560 ft.)

A.1.6. Medidor Multifunción

Marca: Tecniarck, Modelo: DX-105



MEDIDOR MULTIFUNCION LINEA DX

Características generales

Los multimedidores de la serie DX son instrumentos analizadores para montaje en panel (96x96mm), que miden y calculan mediante microprocesadores los principales parámetros de redes eléctricas industriales trifásicas (equilibradas y desequilibradas).

Las mediciones se efectúan calculando el verdadero valor eficaz, mediante tres entradas de tensión y tres de intensidad (utilizando transformadores de corriente de relación /5 A o /1 A, o transductores de corriente tipo Rogowski de relación 150 mV.)

Los multimedidores DX permiten la visualización de los parámetros medidos, mediante una pantalla LCD color de 3,5" de gran definición con ángulo de visión de 180°, retroiluminación led, sistema de ahorro de energía y teclas de sensado táctil capacitivas.

Los parámetros, textos y unidades de medición están claramente identificados, siendo de muy fácil lectura y operación; de manejo intuitivo, tomando al equipo totalmente amigable con el usuario.

Las unidades y escalas se parametrizan automáticamente en función de las magnitudes a medir, por lo que no es necesario realizar ninguna programación previa (Auto scale). Los registros de cada parámetro se indican en tiempo real (True RMS), y los valores máximos quedan grabados en memoria asociados a la fecha y hora del evento. Todas las pantallas registran las mediciones en forma: Digital numérica (4 ½ dígitos) y Analógica, mediante una barra progresiva (vúmetro) con indicación porcentual referida al fondo de escala.

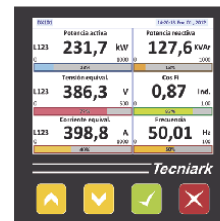
Tanto los circuitos electrónicos (hardware) como los programas de software, fueron desarrollados procurando optimizar la máxima confiabilidad tecnológica y los últimos avances en adquisición y procesamiento de datos, que sólo se encuentran en equipos de alta gama. Los ensayos de desarrollo, calibración y homologación fueron certificados en el LEME UNLP (Laboratorio de Mediciones Eléctricas de la Univ. Nacional de La Plata).

Modelos de multimedidores DX

Están disponibles varios modelos de multimedidores que combinan diversas variantes de equipamiento que posibilitan seleccionar un modelo adecuado para cada necesidad.

- **Serie DX-100:** Modelo básico que permite la medición integral de parámetros eléctricos: Tensiones, corrientes, potencias y energías. Al ser activado, el instrumento adopta la pantalla principal de medición con los seis parámetros fundamentales que posibilita supervisar el estado general del sistema trifásico:

P	Potencia activa total.
Vm	Tensión media equivalente trifásica
Im	Corriente media equivalente trifásica
Q	Potencia reactiva total
Cos Fi	Factor de potencia total
F	Frecuencia de red



La navegación por las sucesivas pantallas muestra en forma simple y sencilla las mediciones de cada parámetro individual del sistema trifásico, (Corrientes de fase, Tensiones de fase y línea, Potencias: Activa, Aparente, Reactiva; Cos. Fi, Corriente de demanda y Energías), junto con los valores máximos registrados en memoria asociados a la fecha y hora del evento. En la pantalla específica de medición se señala el flujo de energía activa y reactiva, (entrante o saliente) para utilización en sistemas de generación.

- **Serie DX-200:** Integra adicionalmente al modelo DX-100: Comunicación RS-485, Mod-bus RTU, 2 alarmas configurables a relé y 2 entradas digitales opto-acopladas.
- **Serie DX-300:** Integra adicionalmente al modelo DX-100 un regulador automático de potencia reactiva de 6 pasos (Coseno Fi), que permite controlar un banco de capacitores sin necesidad de instalar un equipamiento adicional.
- **Serie DX-400:** Combina las características de los modelos DX-200 y DX-300, integrando Comunicación RS-485 y el Regulador automático de potencia reactiva de 6 pasos (coseno Fi).
- **Serie DX-500:** Integra al modelo DX-200: medición de armónicos de tensión y corriente en display y por comunicación, hasta el orden 31.
- **Serie DX-600:** Integra al modelo DX-400, medición de armónicos de tensión y corriente hasta el orden 31.

Aplicaciones

- Supervisión y medición de circuitos trifásicos de BT y MT.
- Instrumentación de panel, medición de variables del sistema.
- Supervisión remota y monitoreo de instalaciones eléctricas.
- Supervisión de calidad de la energía.
- Programación de alarma en función de parámetros programables.
- Control de valores instantáneos y captura de máximos y mínimos

➔ Características Generales

Características eléctricas

Tipo de medida	Verdadero valor eficaz hasta armónica 31 en redes de C.A. (3P, 3P+N)
Clase de Precisión de medición	
Tensión y corriente	0,5% de la lectura +/- 1 dígito
Potencia	1% de la lectura +/- 1 dígito
Energía Activa	1% de la lectura +/- 1 dígito
Energía Reactiva	2% de la lectura +/- 1 dígito
Margen de Medida	5 a 150% de fondo de escala
Señales de Entrada	
Tensiones	3 Tensiones alternadas isofrecuenciales entre 45 y 65 Hz. 0 a 500 V (Directo F-F) modelo 0 (400/231 V.) 0 a 600 V (Directo F-F) modelo 6 (480/277 V.) 0 a 150 KV (Con transformadores de tensión) modelo 1 (110 /63 V.)
Corrientes	Transductores de corriente TR: Relación/150m V. (Regulación: 5 a 9.999 A) Sobrecarga adm. 3 In. Continuo Transformadores de corriente TC: Relación/5A o /1A. (Regul.: 5 a 9.999 A) Sobrecarga adm. 3 In. Continuo
Frecuencia	50/60 Hz (Rango medición de 45 a 65 Hz)
Tensión de Alimentación	Autoalimentados desde Tensión de Entrada
Consumo	4 VA
Entradas /Salidas	2 Salidas digitales a rele. Características: 0-250 Vca. / 3 A; Carga resistiva 30 Vcc. /3 A; 110 Vcc. /0,1 A. 2 Entradas opto acopladas de 6 a 24 Vcc.
Datos técnicos electrónicos	
Display	LCD color (3.5"), 320 x 240 pixels, Visualización angular 180° (Hor./Vert.)
Muestreo	12,8 kS /seg.
Período de refresco	1 seg.
Comunicación	RS-485 Modbus

Condiciones ambientales

Temperatura de Operación	-20 / +60° C
Humedad relativa ambiente	5 % a 95 % (Sin condensación)
Temperatura almacenamiento	-30 / +80° C
Grado de contaminación	2
Categoría de instalación	III, para sistemas de distribución hasta 600 V. F-F / 347 V. F-N
Altitud	Hasta 3000 Metros

Características mecánicas

Peso	0,35 Kg.
Sección Terminales	2.5 mm ² , Corriente = 4 mm ²
Grado de Protección	IP-30
Dimensiones	96 x 96 x 100 mm (Profundidad en panel 95 mm)
Conexión	Por regletas enchufables
Material Caja	Plastico VO Autoestinguible

Normativa

Normas	IEC 664, VDE 0110, UL 94, IEC 801, IEC 348, IEC 571-1
--------	---

Características adicionales

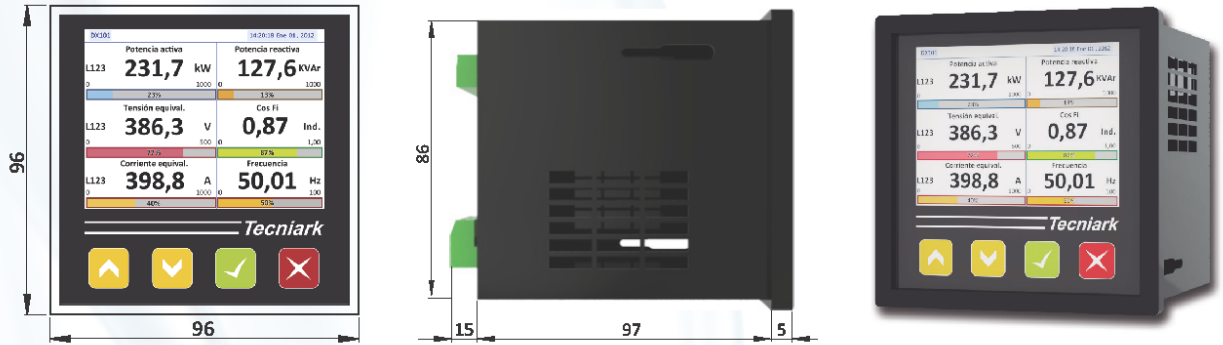
- Vúmetro (Progress Bar) de indicación porcentual
- Comunicación RS 485. Protocolo ModBus RTU
- Dos Contactos de alarma programables
- Dos entradas digitales opto-acopladas
- Regulador automático de potencia reactiva de 6 pasos (coseno Fi).
- Medición de armónicos de corriente y tensión, THD, (Hasta armónica orden 31)



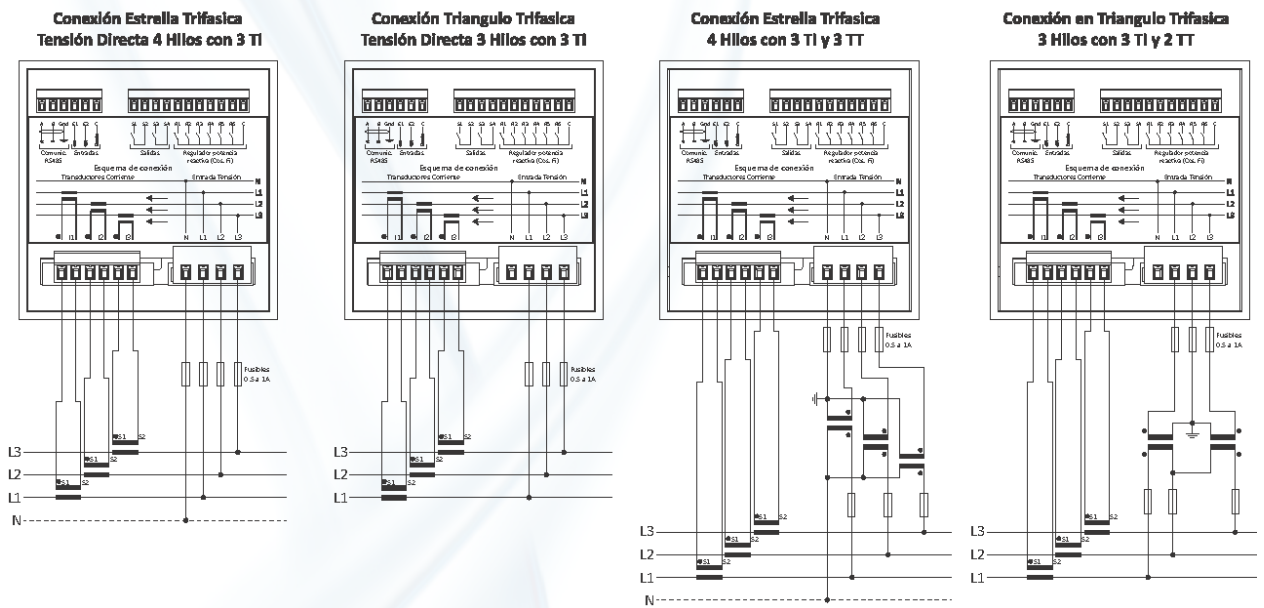
Impedancia del circuito de Corriente (por fase): $< 0,02 \Omega$.

Impedancia del circuito de Tensión (por fase): $> 0,5 M\Omega$.

→ Dimensiones



→ Esquemas de Conexión



A.1.7. Autotransformador variable monofásico

Marca: Variostat

U_{entrada} : 220V

U_{salida} : 0 - 250 V

Imáxima: 6A

Potencia: 1,5 kVA

UNIDAD TEMÁTICA Nro, 3 - PROBLEMAS PROPUESTOS

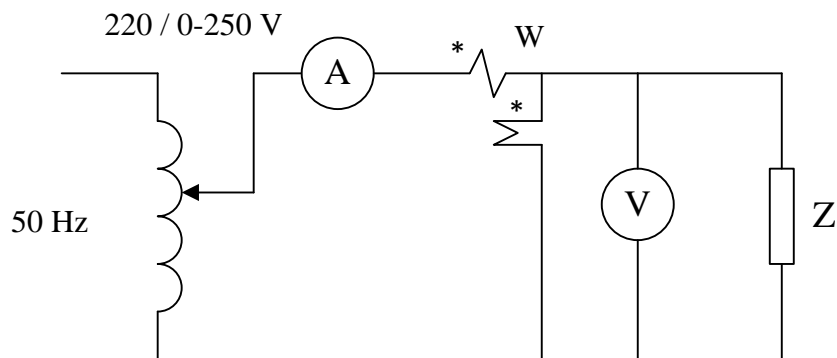
Medición de Potencia en Sistemas Monofásicos y Trifásicos de Corriente Alterna. Caracterización de Impedancias.

Problema Nro. 3.1:

Se armó el circuito de la figura para la medición de la impedancia Z . Los elementos utilizados, y los respectivos valores leídos, fueron los siguientes:

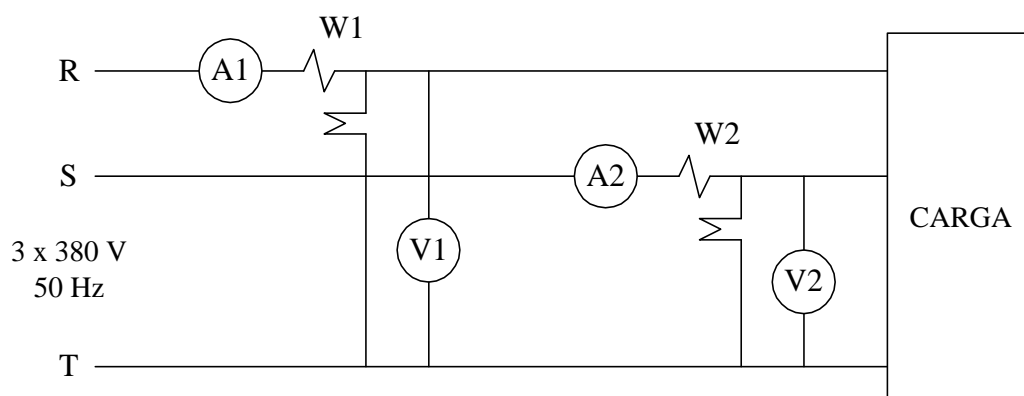
- Amperímetro: alcance 5 A, 100 divisiones, $R_A = 0,2 \Omega$, clase 0,5. Valor leído: 62,5 divisiones.
- Vatímetro: $U_n = 150 \text{ V}$, $I_n = 5 \text{ A}$, 150 divisiones, factor de potencia nominal: 0,2, clase 0,2, consumo del circuito de corriente a 5 A: 2 VA a $\cos \varphi = 0,8$, $R_V = 3048 \Omega$, consumo propio compensado. Valor leído: 117,0 divisiones.
- Voltímetro: alcance 150 V, 100 divisiones, $R_V = 1227 \Omega$, clase 0,5. Valor leído: 96,7 divisiones.

Obtener el valor de Z , X y R , acotados correctamente.



Problema Nro. 3.2:

Se armó el circuito de la figura para medir la potencia activa total de una carga trifilar equilibrada, con un error del orden del 5 %. Se sabe que dicha carga tiene una potencia aparente de aproximadamente 2 kVA y un factor de potencia del orden de 0,1 (inductivo).



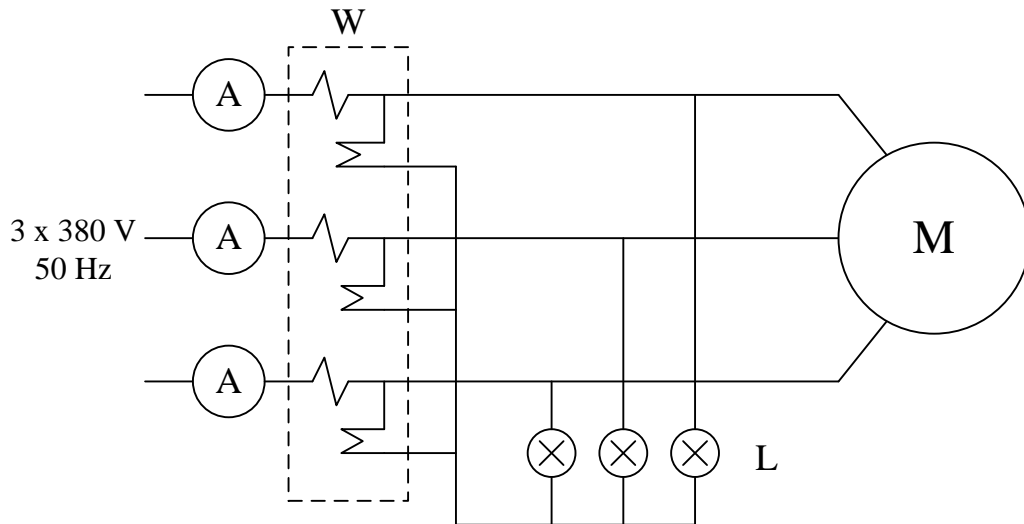
Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

- A_1 y A_2 : amperímetros de alcance 5 A, clase 0,5, consumo a 5 A: 1 VA a $\cos \varphi = 0,7$.
- V_1 y V_2 : voltímetros de alcance 400 V, clase 0,5, $133 \Omega/V$.
- W_1 y W_2 : vatímetros de $U_n = 220$ y 380 V, $I_n = 5$ A, clase 0,5, consumo del circuito de corriente a 5 A: 2 VA a $\cos \varphi = 0,8$, $56 \Omega/V$.

- Obtener la lectura de cada vatímetro y la potencia activa total de la carga con su correspondiente error. ¿Cómo deberán ubicarse los puntos homólogos?
- ¿Considera adecuado el resultado de la medición? En caso negativo, proponga una solución alternativa y estime el error que obtendrá. (Puede utilizar mayor cantidad de instrumentos de las mismas características que los empleados antes, e inclusive vatímetros similares a los dados pero para con deflexión a fondo de escala para $\cos \varphi_n = 0,2$).

Problema Nro. 3.3:

En el siguiente circuito trifásico se ha conectado un vatímetro de tres sistemas de la forma indicada:



Donde:

- M: Motor trifásico, $U_n = 380$ V, $P_n = 3$ HP, $\eta = 0,8$, $\cos \varphi = 0,85$.
- L: Carga resistiva, 50Ω .

- ¿Considera adecuada la conexión del vatímetro, para la medición de la potencia activa total consumida por el circuito? ¿Por qué?
- ¿Cuál será la potencia indicada por el vatímetro?
- Accidentalmente una de las cargas "L" queda en circuito abierto. En estas condiciones: ¿La indicación del vatímetro será la potencia total consumida por la carga? Indique el valor medido.

Nota 1: La potencia eléctrica del motor puede calcularse como P_n/η , donde P_n es la potencia útil en el eje del motor y η su rendimiento.

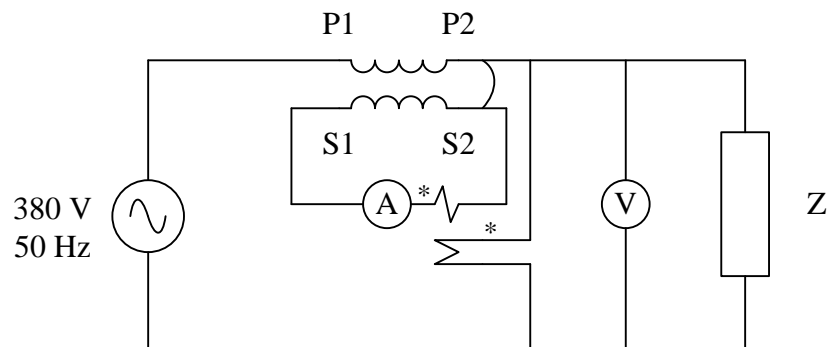
Nota 2: 1 HP = 746 W

Problema Nro. 3.4:

Se armó el circuito de la figura para medir la potencia activa de una carga monofásica, de aproximadamente 640 VA de potencia aparente y $\cos \varphi \approx 0,3$ (inductivo).

Los elementos utilizados fueron los siguientes:

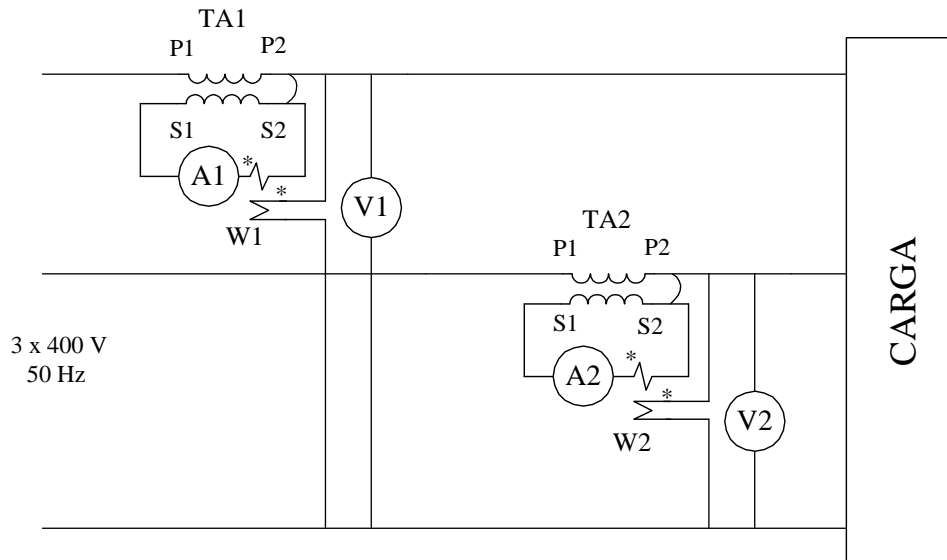
- Transformador de corriente: relación 5/1 A, clase 0,5, 5 VA, $U_n = 500$ V.
- Amperímetro: alcance 1 A, clase 0,5, consumo a 1 A: 1 VA a $\cos \varphi = 0,8$.
- Voltímetro: alcance 500 V, clase 0,5, $100 \Omega/V$. Valor leído: 380 V.
- Watímetro: $U_n = 400$ V, $I_n = 1$ A, factor de potencia nominal = 0,2, clase 0,5, consumo del circuito de corriente a 1 A: 1,5 VA a $\cos \varphi = 0,8$, $R_v = 15$ k Ω , consumo propio compensado.



Calcule las indicaciones del watímetro con y sin la compensación de su consumo propio. ¿Cuál de ellas sería la correcta y por qué?

Problema Nro. 3.5:

Un operador armó el circuito de la figura para medir la potencia activa total de la carga.



Los instrumentos utilizados fueron:

- Vatímetros (W1 y W2): $U_n= 400\text{ V}$, $I_n= 5\text{ A}$, $33,3\ \Omega/\text{V}$, impedancia del circuito de corriente: $R= 0,056\ \Omega$ y $L= 0,18\text{ mH}$, Nro. de divisiones: 100, clase 0,5.
- Amperímetros (A1 y A2): alcance 5 A, clase 0,5, consumo a 5 A: 1 VA a $\cos \varphi= 0,7$, Nro. de divisiones: 100.
- Voltímetros (V1 y V2): alcance 400 V, clase 0,5, $133\ \Omega/\text{V}$, Nro. de divisiones: 100.
- Transformadores de corriente (TA1 y TA2): 10/5 A, clase 0,5, $S_n= 10\text{ VA}$, $U_n= 500\text{ V}$.

Los conductores de conexión, desde cada uno de los transformadores de corriente hasta los instrumentos, son de cobre, de 6 mm^2 de sección y 10 m de longitud total. (Resistividad del $C_u=0,0175\ \Omega.\text{mm}^2/\text{m}$ a $20\text{ }^\circ\text{C}$)

Las indicaciones de los instrumentos fueron:

- W1= 100 div, W2= 86,6 div
- A1= A2= 100 div
- V1= V2= 100 div.

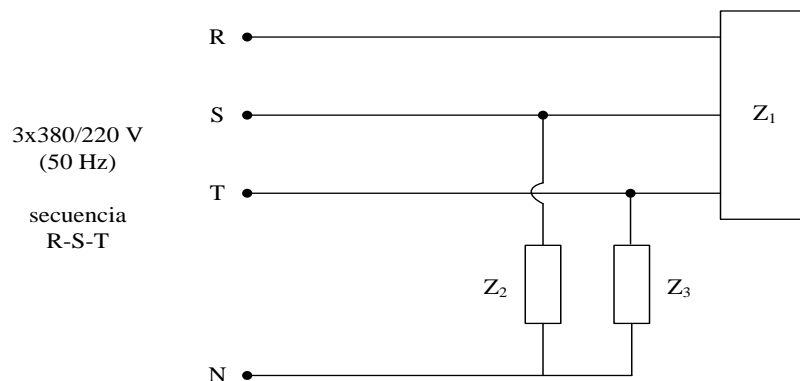
- Calcular la potencia activa total y su error, acotando correctamente el resultado.
- Un observador indica que la potencia calculada en a) coincide con la potencia de la carga siempre que el generador sea perfecto, mientras que el operador dice que el método es absolutamente general. ¿Quién tiene razón y por qué?
- Dibujar el circuito que utilizaría para medir la potencia reactiva total de la carga, indicando claramente la ubicación de los puntos homólogos y la expresión de Q_{total} en función de las lecturas obtenidas. ¿Tiene algún significado la indicación de cada vatímetro?

Problema Nro. 3.6:

Se tiene un sistema de alimentación que puede considerarse perfecto, de $3 \times 380/220\text{ V}$ (50 Hz).

La totalidad de las cargas conectadas al mismo pueden representarse por el esquema que se muestra en la figura, con los siguientes datos característicos:

- Z_1 : carga trifásica aproximadamente perfecta, de 5 kVA, $\cos \varphi = 0,9$ (inductivo);
- Z_2 : carga monofásica, de 0,5 kVA, $\cos \varphi = 1$;
- Z_3 : carga monofásica, de 1 kVA, $\cos \varphi = 0,6$ (inductivo).



En el sistema planteado, se debe medir, con el menor error posible, la potencia activa total suministrada a las cargas, disponiendo para ello de los siguientes elementos (hasta tres de cada uno):

- Amperímetros: $I_n = 6$ A, clase 1, consumo a 5 A: 1,5 VA a $\cos \varphi = 0,7$.
- Transformadores de corriente de relación 10/5 A, clase 1, $S_n = 10$ VA.
- Transformadores de corriente de relación 25/5 A, clase 1, $S_n = 10$ VA.
- Vatímetros: $U_n = 230$ V, $I_n = 6$ A, deflexión a fondo de escala para U_n , I_n y factor de potencia unidad, clase 1, consumo del circuito de corriente a 5 A: 1,5 VA a $\cos \varphi = 0,7$, resistencia del circuito de tensión 0,1 k Ω /V. Error de fase compensado.
- Vatímetros: $U_n = 400$ V, $I_n = 6$ A, deflexión a fondo de escala para U_n , I_n y factor de potencia unidad, clase 1, consumo del circuito de corriente a 5 A: 1,5 VA a $\cos \varphi = 0,7$, resistencia del circuito de tensión 0,1 k Ω /V. Error de fase compensado.
- Voltímetros: $U_n = 230$ V, clase 1, resistencia 0,1 k Ω /V.
- Voltímetros: $U_n = 400$ V, clase 1, resistencia 0,1 k Ω /V.

Nota: la distancia entre los puntos de acceso a las carga y el lugar donde se emplazarán los instrumentos es de 5 m, disponiéndose para la conexión de los mismos de conductores de cobre ($\rho = 1/57$ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) de 2,5 mm² de sección.

- a) Dibujar el circuito de medida propuesto, señalando claramente la ubicación de los puntos homólogos.
- b) Determinar cuánto indicará cada vatímetro, y cómo se obtiene y cuánto vale la potencia activa total. Expresar el resultado correctamente acotado utilizando propagación de errores límites.
- c) ¿Qué elementos emplearía, si lo que se pretendiese ahora fuera medir la potencia reactiva total de la carga, con el menor error posible? Dibujar el circuito propuesto para tal medición, indicando claramente la posición de los puntos homólogos. ¿Cómo haría para darse cuenta si la carga es inductiva o capacitiva?

Problema Nro. 3.7:

Una carga inductiva trifásica trifilar imperfecta, de aproximadamente 100 kVA de potencia aparente nominal ($\cos \varphi \approx 0,9$), está alimentada por un generador cuyas tensiones simples están desfasadas entre sí 120°, y sus módulos son: $U_{R0} = 6,9$ kV, $U_{S0} = 7,6$ kV, $U_{T0} = 8,2$ kV. Se desea medir la potencia activa total de dicha carga con un error del orden del 5 %, sabiendo que la corriente normal de funcionamiento por fase no excede los 5 A y la de cortocircuito en bornes de la carga no supera los 500 A.

- a) Dibuje un circuito que permita efectuar la medición utilizando la menor cantidad de elementos posible. Señale claramente la posición de los puntos homólogos y las conexiones de tierra donde lo crea necesario. ¿Influye el $\cos \varphi$ de la carga en la posición de los puntos homólogos?
- b) Indique los valores característicos sugeridos para cada uno de los elementos empleados para efectuar la medición. Justifique cada elección.
- c) Dé la expresión completa del error límite que afectará a la medición de la potencia activa total de la carga, indicando a qué corresponde y cómo se obtiene cada uno de sus términos.

d) ¿Podría dibujar un circuito que permita medir la potencia reactiva total de la misma carga utilizando sólo vatímetros? En caso de que la respuesta sea afirmativa, indique los errores que afectarían a tal medición. Justifique las respuestas.

Problema Nro. 3.8:

a) Se debe diseñar el sistema de medición de energía para un pequeño establecimiento industrial, alimentado por un sistema trifásico de 3 x 380/220 V, cuya carga está representada por consumos trifásicos equilibrados, que responden al esquema horario mostrado en la figura 1.

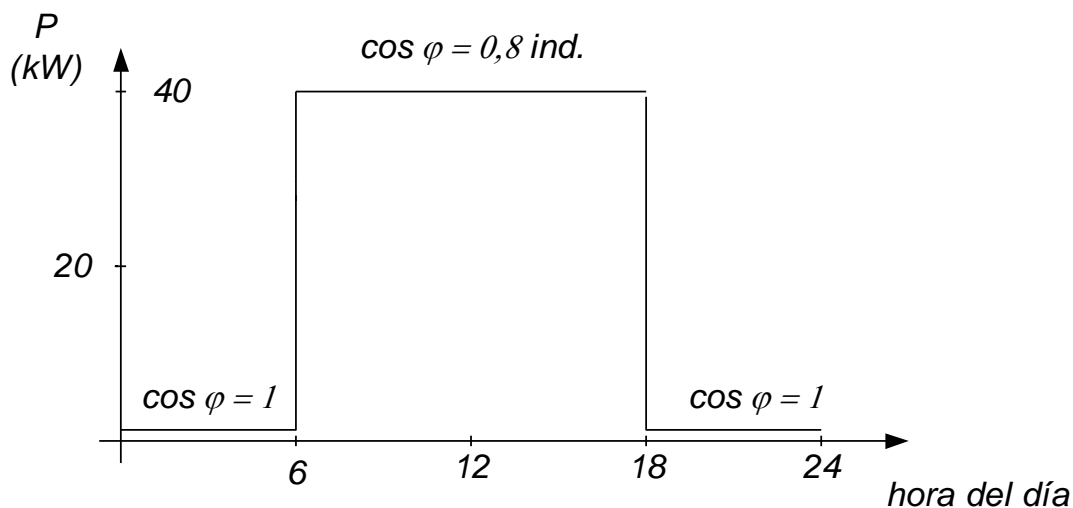


Figura 1: Esquema de variación en el tiempo de las cargas del problema 3.7

Se dispone en almacenes de los siguientes elementos, en cantidad suficiente:

- Medidores de inducción trifásicos clase 2, de 3x380/220 V, $I_b = 5 \text{ A}$, $I_{m\acute{a}x} = 40 \text{ A}$;
- Medidores de inducción trifásicos clase 2, de 3x380/220 V, $I_b = 15 \text{ A}$, $I_{m\acute{a}x} = 120 \text{ A}$;
- Medidores de inducción trifásicos clase 2, de 3x380/220 V, $I_b = 1,5 \text{ A}$, $I_{m\acute{a}x} = 6 \text{ A}$;
- Transformadores de corriente, clase 0,5, $S_n = 5 \text{ VA}$, relación 150/5 A, $U_n = 500 \text{ V}$;
- Transformadores de corriente, clase 0,5, $S_n = 5 \text{ VA}$, relación 150/1 A, $U_n = 500 \text{ V}$;
- Transformadores de corriente, clase 0,5, $S_n = 5 \text{ VA}$, relación 200/5 A, $U_n = 500 \text{ V}$;
- Transformadores de corriente, clase 0,5S, $S_n = 5 \text{ VA}$, relación 150/5 A, $U_n = 500 \text{ V}$;
- Transformadores de corriente, clase 0,5S, $S_n = 5 \text{ VA}$, relación 150/1 A, $U_n = 500 \text{ V}$;
- Transformadores de corriente, clase 0,5S, $S_n = 5 \text{ VA}$, relación 200/1 A, $U_n = 500 \text{ V}$;

El consumo del sistema amperométrico de los diferentes medidores puede estimarse de 1,5 VA, $\cos \varphi = 0,7$

Suponiendo que los costos de los dispositivos de un mismo género pero de distintas características son aproximadamente iguales, determinar los elementos que crea más adecuados para medir la energía con destino a su facturación. Justificar el por qué de la elección de los mismos.

b) Si la curva de carga mantuviese la forma pero los valores máximos y mínimos de potencia fuesen respectivamente 80 kW a $\cos \varphi = 0,9 \text{ Ind.}$, y 1,5 kW a $\cos \varphi = 1$, justificando su razonamiento ¿Por qué elementos de la lista optarías?