

**DESARROLLO DE UNA GUÍA ENFOCADA A MEDIDORES DE ENERGÍA Y
CONEXIONES DE MEDIDORES**

DIANA MARCELA HEREDIA LONDOÑO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

ESCUELA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

PEREIRA

Abril de 2013

**DESARROLLO DE UNA GUÍA ENFOCADA A MEDIDORES DE ENERGÍA Y
CONEXIONES DE MEDIDORES**

DIANA MARCELA HEREDIA LONDOÑO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTRICIDAD**

DIRECTOR:

INGENIERO JORGE HUMBERTO SANZ

DOCENTE PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

ESCUELA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

PEREIRA

Abril de 2013

Nota de aceptación:

Director

Jurado

Pereira, Abril de 2013

DEDICATORIA

Este trabajo conto con el apoyo de numerosas personas, sin las cuales no se hubiese llegado a una feliz culminación; este pequeño pero sincero reconocimiento esta dirigido a cada una de ellas pero de una manera muy especial a mi amigo Aníbal Arango Sotelo.

AGRADECIMIENTOS

La generación y ejecución de este proyecto se debió al aporte de un sinnúmero de personas sin las cuales no hubiese sido posible llevarlo a feliz termino; de igual manera agradezco el apoyo de mi familia, ya que ellos fueron parte vital de mi formación como persona y profesional, gracias mamá Olga Lucia Londoño y mi papá Hernán de Jesús Heredia.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO.....	15
INTRODUCCIÓN.....	17
1. MEDIDORES DE ENERGÍA, SU FUNCIONAMIENTO, DIFERENTES TIPOS, Y CLASES DE MEDICIONES EXISTENTES	18
1.1 MEDIDORES DE ENERGÍA.....	18
1.1.1 Principio de funcionamiento de los medidores.	18
1.2 MEDIDORES	20
1.2.1 Según el principio de funcionamiento.....	20
1.2.1.1 Medidores electromecánicos:.....	20
1.2.1.2 Medidores estáticos (electrónicos):	24
1.2.2 Según su construcción (elementos de tensión y de corriente).	25
1.2.2.1 Medidor monofásico bifilar (una fase y un neutro):.....	25
1.2.2.2 Medidor monofásico trifilar (dos fases):.....	26
1.2.2.3 Medidor bifásico trifilar (dos fases y un neutro):	26
1.2.2.4 Medidor trifásico tetrafilar (tres fases y un neutro):.....	27
1.2.3 Según la disposición de bobinas y la distribución de fases de entrada y salida.	28
1.2.4 Según la energía a medir.....	28
1.2.5 Según su conexión a la red.....	29
1.2.5.1 De conexión directa.	29
1.2.5.2 De conexión semi-directa (también llamada semi-indirecta).....	29
1.2.5.3 De conexión indirecta.....	29
1.2.6 Según el número de elementos.	30
1.2.7 Según su fijación (caja, muro o tablero).	30
1.2.8 De acuerdo con la exactitud.....	30
1.3 medidores electrónicos de energía activa clase 0,5 y 0,2	32
1.3.1 Especificaciones generales.....	32

2. CONEXIONES DE MEDIDORES DE ENERGÍA SEGÚN EL TIPO DE TRANSFORMADOR, TIPO DE RED Y CARGA A ALIMENTAR.....	35
2.1 SEGÚN EL TIPO DE TRANSFORMADOR.....	35
2.1.1 Transformador monofásico	35
2.1.2 Transformador trifásico	39
2.2 SEGÚN EL TIPO DE RED.....	41
2.2.1 Red monofásica tres hilos (dos fases y un neutro).....	41
2.2.2 Red monofásica dos hilos (fase y neutro)	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3 Red trifásica cuatro hilos (tres fases y un neutro).....	42
2.3 SEGÚN LA CARGA A ALIMENTAR.	42
2.3.1 Carga tipo monofásica	42
2.3.2 Carga tipo bifásica trifilar.....	42
2.3.3 Carga tipo trifásica tetrafilar.	42
CONCLUSIONES	51
BIBLIOGRAFIA.....	52
ANEXOS	53
Anexo A.....	53
Anexo B.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema funcionamiento medidor electromecánico	18
Figura 2 Esquema funcionamiento medidor electrónico	19
Figura 3 Medidor electromecánico	20
Figura 4 Disco	22
Figura 5 Bobina de corriente	23
Figura 6 Medidor electrónico	24
Figura 7 Medidor monofásico bifilar	26
Figura 8 Medidor bifásico trifilar	27
Figura 9 Medidor trifásico tetrafilar	27
Figura 10 Medidor activa-reactiva	28
Figura 11 Medidor para conexión semi-directa	29
Figura 12 Medidor activa-reactiva clase 0.5	33
Figura 13 Medidor neutro directo	35
Figura 14 Conexión medidor monofásico, conexión simétrica (1)	36
Figura 15 Conexión medidor monofásico, conexión asimétrica (1)	36
Figura 16 Conexión medidor monofásico trifilar, conexión simétrica (1)	37
Figura 17 Conexión medidor monofásico trifilar, conexión asimétrica (1)	37
Figura 18 Conexión medidor bifásico trifilar, conexión simétrica (1)	38
Figura 19 Conexión medidor bifásico trifilar, conexión asimétrica (1)	38
Figura 20 Medidor trifásico para conexión semi-directa e indirecta	39
Figura 21 Conexión medidor trifásico tetrafilar, conexión simétrica (1)	40
Figura 22 Conexión medidor trifásico tetrafilar, conexión asimétrica (1)	40
Figura 23 Red aérea monofásica abierta	41
Figura 24 Red aérea monofásica trenzada	41
Figura 25 Conexión medidor trifásico trifilar, conexión simétrica para medición semi-directa (1)	45
Figura 26 Conexión con medidor trifásico trifilar dos elementos, conexión simétrica (1) ..	47
Figura 27 Conexión medidor trifásico trifilar dos elementos, conexión asimétrica (1)	48
Figura 28 Conexión medidor trifásico tetrafilar dos elementos, conexión simétrica (1)	49
Figura 29 Conexión medidor trifásico tetrafilar tres elementos, conexión simétrica (1)	50
Figura 30 Conexión medidor trifásico trifilar. Conexión asimétrica (1)	54
Figura 31 Conexión medidor trifásico tetrafilar. Conexión simétrica (1)	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características técnicas de los medidores electrónicos clase 1 (4).....	31
Tabla 2 Características técnicas de los medidores clase 2 (4).....	32
Tabla 3 Especificaciones generales medidores de energía clase 0,5 y 0,2 (4)	34
Tabla 4 Relación de transformación de TC para medición semi-directa.....	44
Tabla 5 Relación de transformación de TC para medición indirecta	46
Tabla 6 Selección de los medidores de energía	53

GLOSARIO

Acometida: para el caso de los servicios públicos es aquella parte de la instalación formada por los conductores o cables que conectan el sistema de distribución eléctrica del comercializador al punto de entrega del cliente. (2)

Acometida Aérea: la que se deriva en forma aérea y visible desde la red de distribución hasta el punto de medida del cliente. (2)

Acometida fraudulenta: cualquier derivación de la red local, o de otra acometida, efectuada sin autorización del prestador del servicio. Siempre la energía de una acometida fraudulenta no es registrada por el medidor. (2)

Acometida Secundaria: es la que se deriva de la red de distribución de baja tensión o desde los bornes secundarios de un transformador de distribución. Puede ser de 208/120, 240/120, 220/127, 440/254 V. (2)

Acometida Subterránea: conjuntos de ductos subterráneos, cajas de inspección, conductores, accesorios y canalizaciones que conectan un cliente a un transformador o red de distribución. (2)

Cable: conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas posee varios hilos. (2)

Carga instalada: es la suma de las capacidades nominales de todos los equipos que consumen energía eléctrica y que se encuentran conectados a la instalación de un inmueble. (2)

Circuito Eléctrico: camino cerrado de la corriente eléctrica compuesto por una fuente de voltaje, conductor y receptor ó carga. También se define como la red o tramo de red eléctrica monofásica o trifásica que sale de una subestación, un transformador de distribución o una red que suministra energía eléctrica a un área específica. (2)

Conductor: es el nombre dado a aquellos materiales a través de los cuales se transporta la energía eléctrica. (2)

Consumo: es la cantidad de energía absorbida por el cliente en un intervalo dado. (2)

Cliente, usuario, abonado o suscriptor: toda persona, natural o jurídica, a cuyo nombre se suministra el servicio de energía eléctrica, y este se hace responsable por la cuenta del consumo de energía del predio. (3)

Derivación: empalme de un conductor principal con uno secundario. (2)

Medidor de energía: equipo compuesto de elementos electromecánicos o electrónicos que se utiliza para medir el consumo de energía, activa y/o reactiva y en algunos casos demanda máxima; la medida es realizada en función del tiempo y puede o no incluir dispositivos de transformación de datos.

Medidor de energía con conexión directa: es aquel cuya conexión se hace directamente a la acometida de baja tensión.

Medidor de energía con conexión indirecta: es aquel cuya conexión se hace en media tensión por medio de transformadores de corriente y potencial.

Medidor de energía con conexión semi-directa: es aquel cuya conexión se hace en baja tensión por medio de transformadores de corriente.

Placa de características: la fijada sobre una máquina, medidor o aparato en el cual se especifican los valores nominales en el servicio normal (tipo, tensión, potencia, corriente, etc.). (3)

INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XIX la electricidad se empezó a usar de forma práctica y a estudiarse formalmente y los principios de la electricidad se empezaron a comprender gradualmente:

En 1820, Hans Christian Orsted descubrió que la corriente eléctrica crea un campo magnético.

En 1879, Thomas Edison inventó el foco eléctrico.

En 1882, Thomas Edison encendió el primer sistema de distribución de energía eléctrica en el mundo.

En 1888, George Westinghouse y Oliver Shallenget desarrollaron el medidor de energía.

El medidor de energía es un instrumento utilizado para la medida del consumo de energía.

Existen varios tipos de medidores dependiendo de su construcción, tipo de energía que mide, clase de precisión y conexión a la red eléctrica.

Cada persona que desee tener un servicio tan vital o necesario como es el servicio de energía eléctrica, debe pertenecer a una empresa prestadora de este, en donde la empresa, le instalara un equipo de medida (medidor), el cual registrara la energía consumida por el predio, para ser facturada. Y desde entonces con la construcción del medidor y su utilización, nace el fraude. Que se puede dar por una manipulación en la red secundaria o una alteración en el equipo de medida, de tal forma que resulte beneficiado el consumidor y en contra de las finanzas de la empresa prestadora del servicio, ya que de la mano del fraude crecen las pérdidas.

Con esta guía se pretende dar una información clara acerca de los medidores de energía, los más comunes, diferentes tipos de construcción, como funcionan, y en general todo lo relacionado con ellos y sus tipos de conexión.

1. MEDIDORES DE ENERGÍA, SU FUNCIONAMIENTO, DIFERENTES TIPOS, Y CLASES DE MEDICIONES EXISTENTES

1.1 MEDIDORES DE ENERGÍA

Un medidor de energía eléctrica es el conjunto de elementos electromecánicos o electrónicos que se utilizan para medir el consumo de energía, tanto activa como reactiva y en algunos casos su demanda máxima. En otras palabras, es un instrumento destinado a medir la energía mediante la integración de la potencia activa o reactiva en función del tiempo, y consta de dos partes:

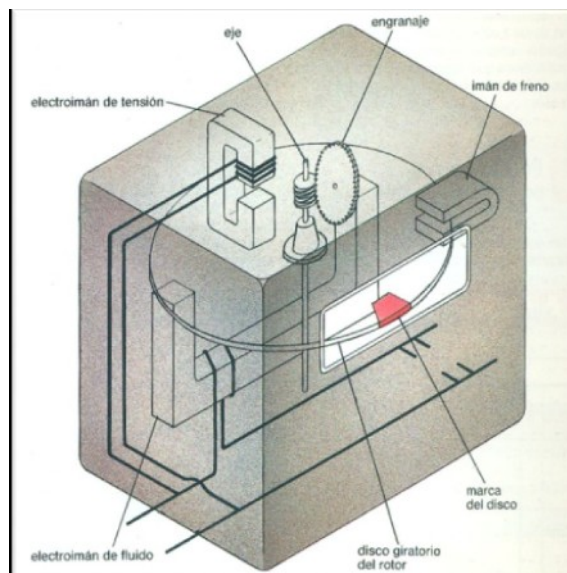
Caja principal o verificadora: Es donde se encuentra el mecanismo del medidor, compuesta por: bobina de tensión, bobina de corriente, el disco giratorio y el numerador.

Caja de conexiones o bornera: Como lo indica su nombre es donde se realizan las conexiones del medidor.

1.1.1 Principio de funcionamiento de los medidores.

Esquema de funcionamiento del medidor electromecánico

Figura 1. Esquema funcionamiento medidor electromecánico

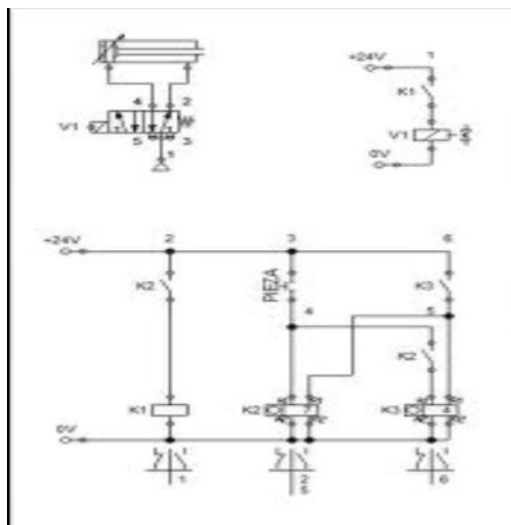


Tomado de Bricologe-pvc.com

El principio de funcionamiento es el de un par motor. Si la bobina de corriente es recorrida por una corriente y la bobina de tensión alimentada por una tensión, se crea un campo magnético. En este campo se encuentra un disco con eje, soportado en unos cojinetes o joyas; la velocidad del disco va de acuerdo a la magnitud de la carga que se encuentre conectada. El eje tiene un sinfín que hace contacto con un piñón y este a su vez se conecta con otros hasta llegar al numerador o registro. En otras palabras es un sistema de transmisión mecánica. El numerador generalmente tiene 5 dígitos y la mayoría un adicional que corresponde a los decimales. La integración depende del fabricante, el cual nos dice en la constante cuantos giros tiene que dar para integrar un kWh. La constante puede ser kh que está dada en Wh por revolución, y el kd revoluciones por kWh. (4)

En la Figura 2, se muestra el esquema de funcionamiento del medidor electrónico.

Figura 2 Esquema funcionamiento medidor electrónico



Tomado de afinidadelectrica.com.ar/articulo

Un procesador se encarga de convertir los datos analógicos de corriente y tensión recibidos a una señal digital, calculando la potencia consumida por el cliente. (4)

1.2 MEDIDORES

1.2.1 Según el principio de funcionamiento.

1.2.1.1 Medidores electromecánicos:

A continuación se muestra la imagen de un medidor electromecánico.

Figura 3 Medidor electromecánico



Tomada directamente de un Medidor Huabang tipo DD862

Partes de un medidor de inducción o electromecánico:

Tapa principal: cubierta frontal del medidor, hecha completamente de material transparente u opaco, provisto con ventanas que permiten ver el movimiento del rotor y leer la energía registrada. Sus partes son:

- Tornillos.
- Mordaza.
- Empaque.

Base: es la parte posterior del medidor que sirve para fijarlo y al cual se fijan el chasis, los terminales, el bloque de terminales y la tapa del medidor.

Caja de conexiones o bornera: también llamado bloque de terminales, soporte fabricado de material aislante en el cual están agrupados todos o algunos de los terminales del medidor. Consta de:

- Tornillos de fijación de los bornes a la base.

- Tornillo externo de tensión.
- Tornillos de los bornes.
- Bornes o terminales.
- Puente interno de Tensión.
- Puente de neutro.
- Bornes internos.
- Lamina de fijación de la tapa principal y la tapa bornera al bloque de terminales.

Tapa bornera: tapa que cubre los terminales del medidor, y generalmente los extremos de los conductores externos o cables conectados a los terminales. Tiene tornillos de fijación.

Placa de características: parte que define o agrupa todas las características técnicas del medidor. La placa de características puede ser fijada a través de una lámina o un tornillo. Consta de:

- Marca.
- Numero de fases e hilos.
- Tipo.
- Clase.
- Diagrama de conexión.
- Tensión.
- Corriente.
- Constante (kh o kd).
- Frecuencia.
- Año de fabricación.
- Modelo.
- Número de Serie.

Cojinete superior: elemento de fijación del eje del disco que permite el desplazamiento del mecanismo del rotor, es generalmente de tipo aguja. Consta de:

- Cabezote.
- Tornillo o lámina de fijación del cojinete.
- Aguja.

Cojinete inferior: elemento de fijación del eje del disco que permite el desplazamiento del mecanismo de rotor, puede ser de tipo doble joya o de repulsión magnética.

Registrador o numerador: es la parte del medidor que hace posible la determinación del valor medido. También recibe el nombre de fichero. Consta de:

- Tornillos de fijación del registrador: son los que fijan ajustan el registrador al chasis y el eje del disco.
- Chasis del registrador.
- Piñones de transferencia y ejes de los piñones: los piñones se cuentan del piñón de ataque hacia afuera.
- Piñón de ataque y eje del piñón.
- Tambores y ejes de los tambores: los tambores deberán ser cinco enteros y un decimal, todos los tambores tendrán diez divisiones, además la quinta parte de cada división deberá estar resaltada. Los tambores se cuentan de derecha a izquierda.
- Trinquetes y ejes de los trinquetes: se cuentan de izquierda a derecha.
- Topes de los ejes.

Disco: parte móvil del medidor sobre el cual actúan los flujos magnéticos de los elementos de freno, como se observa en la Figura 4. El rotor es aquel que mueve el registrador y consta de un eje y un sinfín del eje. El disco tiene los siguientes componentes:

- Eje del disco
- Sinfín del eje
- Soportes del eje del disco
- Marca estroboscópica
- Lengüeta de retenida del eje del disco o espolón de frenado

Figura 4 Disco



Tomada directamente de un Medidor Krizi tipo eje914

Imán de freno: parte del medidor que produce un par de freno, por la acción de su flujo magnético sobre las corrientes inducidas por este en el elemento móvil. Y posee uno o más imanes con sus dispositivos de ajuste y consta de:

- Tornillos de fijación del imán.
- Tornillo de regulación del imán.
- Polos magnéticos (imanes).

Bobina de corriente: es el arrollamiento del elemento motor y las conexiones internas del medidor a través de las cuales fluye la corriente del circuito al cual está conectado el medidor, como se observa en la Figura 5. Y consta de:

- Encapsulado.
- Núcleo.
- Tornillos de fijación del núcleo.
- Aislamiento de la bobina.
- Resistencia de Constantano.

Figura 5 Bobina de corriente



Tomada directamente de un Medidor Krizi tipo eje914

Bobina de tensión: arrollamiento del elemento motor y las conexiones internas del medidor, alimentado con la tensión del circuito al cual está conectado el medidor. Consta de:

- Núcleo.
- Conductor de tensión y neutro.

- Devanado.
- Mecanismo de marcha en vacío y arranque (lengüeta de retenida).
- Tornillo de fijación del núcleo.
- Tornillo de regulación de bajas cargas.

Chasis: parte a la cual están unidos los elementos motrices, los cojinetes del rotor, el registrador, usualmente el elemento de freno y algunas veces los dispositivos de ajuste.

Sello de seguridad: elemento de seguridad que se coloca al medidor para evitar que pueda ser intervenido por parte de extraños.

1.2.1.2 Medidores estáticos (electrónicos):

Los medidores estáticos son también llamados medidores electrónicos. En la Figura 6, se puede observar un medidor estático.

Figura 6 Medidor electrónico



Tomada directamente de un Medidor CHINT Tipo DDS666P

Partes del medidor electrónico:

El medidor electrónico al igual que el electromecánico se compone de dos partes principales, una caja principal o verificadora y la caja de conexiones o bornera. Pero se diferencia del electromecánico en que tiene los siguientes elementos:

Circuito electrónico: el procesador ó chip se encarga del procesamiento de los datos de corriente y tensión recibidos de los convertidores de señal análoga a digital, para calcular la potencia consumida por el cliente.

Shunt: en electrónica es una carga resistiva a través de la cual se deriva una corriente eléctrica. Siempre se debe conocer la resistencia de un shunt es conocida con precisión y es utilizada para determinar la intensidad de la corriente eléctrica que fluye a través de una carga, mediante medición de la diferencia de potencial en sus terminales, valiéndose para esto de la ley de Ohm ($I=V/R$).

Registrador: el registrador es de tipo tambor o ciclométrico no lubricado, la unidad principal es el kWh, los materiales de los engranajes son de material duroplástico resistente a los rayos ultravioleta, con alta resistencia a la deformación y al desgaste, resistentes a las temperaturas de funcionamiento. Por ser una unidad compacta con el motor paso a paso no requiere ajustes adicionales durante su vida útil.

Dadas las características de diseño el registrador solo se mueve en sentido positivo aun cuando las conexiones se encuentren invertidas lo cual le da una característica ANTIFRAUDE. Adicionalmente cuenta con un protector contra campos magnéticos externos y un protector contra perforaciones desde el exterior.

Protector de campos magnéticos y electrostáticos: evita influencias de campos externos normales o provocados intencionalmente por el cliente. (4)

1.2.2 Según su construcción (elementos de tensión y de corriente).

1.2.2.1 Medidor monofásico bifilar (una fase y un neutro):

Es el medidor de uso más frecuente en instalaciones residenciales. Está compuesto por una bobina de tensión y una de corriente. Su capacidad esta normalmente entre 15 A y 60 A. En la Figura 7 se observa un medidor monofásico bifilar de uso mas frecuente.

Figura 7 Medidor monofásico bifilar



Tomada directamente de un Medidor Meter tipo Home

1.2.2.2 Medidor monofásico trifilar (dos fases):

Está compuesto por dos bobinas de tensión y dos bobinas de corriente. Se usa para medir la energía consumida por aparatos que funcionan a 220 V principalmente en la zona rural y aparatos que funcionan a 120 V.

1.2.2.3 Medidor bifásico trifilar (dos fases y un neutro):

Está compuesto por dos bobinas de tensión y dos bobinas de corriente. Se usa para medir la energía consumida por aparatos que requieran para su funcionamiento dos fases a 208 V ó 220 V, como por ejemplo motores de menos de 10 HP o aires acondicionados hasta 12000 BTU/h. con este medidor se puede medir la energía consumida por otros aparatos conectados a la misma instalación que funcionen a 120 V. Ver Figura 8.

Figura 8 Medidor bifásico trifilar



Tomada directamente de un Medidor Elster tipo A1100

1.2.2.4 Medidor trifásico tetrafilar (tres fases y un neutro):

Está compuesto por tres bobinas de tensión y tres bobinas de corriente. Se utiliza para medir la energía consumida por aparatos que requieran funcionar con tres fases a 208 V, como por ejemplo motores de más de 10 HP. Ver Figura 9.

Figura 9 Medidor trifásico tetrafilar



Tomada directamente de un Medidor Elster tipo A1100 de display

1.2.3 Según la disposición de bobinas y la distribución de fases de entrada y salida.

Según la disposición de las bobinas y la distribución de las fases de entrada y salida (conexión interna del medidor), se dividen en:

- Monofásico bifilar asimétrico
- Monofásico bifilar simétrico
- Bifásico trifilar asimétrico
- Bifásico trifilar simétrico
- Trifásico tetrafilar asimétrico
- Trifásico tetrafilar simétrico

Ver Figuras 14, 15, 18, 19, 21 y 22 de los esquemas de cada conexión.

1.2.4 Según la energía a medir.

Energía activa: corresponde a la potencia activa y se mide en kWh.

Energía reactiva: corresponde a la potencia reactiva y se mide en kVARh.
En la Figura 10 se observa un medidor de activa-reactiva.

Figura 10 Medidor activa-reactiva



Tomada directamente de un Medidor Elster tipo A1052

1.2.5 Según su conexión a la red.

1.2.5.1 De conexión directa.

Las bobinas de tensión y de corriente se conectan directamente a la red. Se utilizan para corrientes máximas de 100 A. Pueden ser monofásicos, bifásicos o trifásicos.

1.2.5.2 De conexión semi-directa (también llamada semi-indirecta).

Las bobinas de corriente se conectan a la red por medio de transformadores de corriente (TC). Se utilizan cuando la corriente de la instalación es superior a 100 A. Las bobinas de tensión se conectan directamente a la red. Normalmente son medidores trifásicos. Se conectan con tensiones hasta 440 V y están diseñados para una medida de corriente de 1 a 10 A, también llamados medidores de 5 A, los cuales son utilizados para medida semi-directa e indirecta. En la Figura 11 se puede identificar un medidor para conexión semi-directa.

Figura 11 Medidor para conexión semi-directa



Tomada directamente de un Medidor Elster tipo A1800

1.2.5.3 De conexión indirecta.

Las bobinas de corriente y de tensión se conectan a la red por intermedio de transformadores de corriente y transformadores de tensión. Se utilizan para medir la energía en circuitos de alta tensión, generalmente en subestaciones eléctricas.

1.2.6 Según el número de elementos.

De un elemento: conformado por una bobina de tensión y una de corriente. Se pueden encontrar de tecnología americana y tecnología europea.

De elemento y medio: conformado por dos bobinas de corriente que comparten una bobina de tensión. Son medidores para ser conectados a 240 V, de tecnología exclusivamente americana.

De dos elementos: conformado por dos bobinas de corriente y dos bobinas de tensión. Pueden ser de tecnología americana o europea.

De dos elementos y medio: conformado por tres bobinas de corriente, que comparten dos bobinas de tensión. Son exclusivamente de tecnología americana.

De tres elementos: conformados por tres bobinas de corriente y tres bobinas de tensión. Puede ser de tecnología europea o americana.

1.2.7 Según su fijación (caja, muro o tablero).

De sobreponer: son los que se instalan sobre una caja, un muro o un tablero y la acometida se conecta directamente a la caja de conexiones.

Tipo socket: primero se instala una base o receptáculo y allí se conecta la acometida y luego se empotra el medidor. Es un sistema muy común para los medidores de tecnología americana que se instalan especialmente en centro américa.

1.2.8 De acuerdo con la exactitud.

Clase 2: garantiza que el error se encuentra entre más o menos el 2%.

Clase 1: garantiza que el error se encuentra entre más o menos el 1%.

Clase 0,5: garantiza que el error se encuentra entre más o menos el 0,5%.

Clase 0,2: garantiza que el error se encuentra entre más o menos el 0,2%.

En la tabla 1, se suministra información general de las características técnicas de los medidores clase 1 y en la tabla 2, las características técnicas de los medidores clase 2.

Tabla 1 Características técnicas de los medidores electrónicos clase 1 (4)

	Monofásicos	Bifásicos	Trifásicos
DESCRIPCION	REQUERIMIENTO	REQUERIMIENTO	REQUERIMIENTO
Norma de fabricación	NTC 4052, IEC 687, IEC 1036	NTC 4052, IEC 687, IEC 1036	NTC 4052, IEC 687, IEC 1036
Clase de exactitud	1 o mejor	1 o mejor	1 o mejor
Numero de hilos	2	3	4
Frecuencia de referencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Corriente básica A (Ib)	15	20	20, 30, 40, 50, semidirecta 5A
Corriente máxima A (Imax)	60	80	80, 90, 100, 120, 150, 160, semidirecta 10A
Tensión de prueba NTC 2288	2 kV	2 kV	2 kV
Tensiones nominales de referencia			Multirango 63,5 y 200 V
Numero de bobinas de elementos	1	2	3
Localización de los puentes de tensión	Interna	Interna	Interna
Tipo de mecanismo registrador	Ciclotrimetro	Electrónico	Electrónico
Lectura del registrador	5 enteros 1 decimal	5 enteros 1 decimal	5 enteros 1 decimal
Unidad principal de lectura	kWh	kWh	kWh y kVARh
Material de los terminales	Bimetálicos	Bimetálicos	Bimetálicos
Principio de funcionamiento	Procesamiento de señales digitales	Procesamiento de señales digitales	Procesamiento de señales digitales
Sistema de ajuste	Red resistiva	Red resistiva	Red resistiva
Pérdidas totales	< 0.8	< 0.8	< 0.8
Curvas de error adjuntas al suministro para factor de potencia 1 y 0.5	Si	Si	Si
Diagrama de conexiones	Grabado en la placa de características	Grabado en la placa de características	Grabado en la placa de características
Código de barras	Con serial y año de fabricación	Con serial y año de fabricación	Con serial y año de fabricación
Tensión de referencia V	120, 127	2 * 120, 2 * 127	3 * 127(220), 3 * 120(208)
Consumo propio del medidor por elemento VA	0.04	0.04	0.04
Capacidad de memoria			140 para un canal de 15 minutos
Numero de tarifas propagadas			De acuerdo al esquema tarifario (máximo 4 más la total)
Aplicación del elemento del medidor	Efecto hall o tecnología shunt	Efecto hall o tecnología shunt	Efecto hall o tecnología shunt
Máxima temperatura que soporta	Máximo 85°C sobre componentes electrónicos	Máximo 85°C sobre componentes electrónicos	Máximo 85°C sobre componentes electrónicos

Tabla 2 Características técnicas de los medidores clase 2 (4)

	Monofásicos	Bifásicos	Trifásicos
DESCRIPCION	REQUERIMIENTO	REQUERIMIENTO	REQUERIMIENTO
Norma de fabricación	NTC 2288 (IEC 521)	NTC 2288 (IEC 521)	NTC 2288 (IEC 521) NTC 2148 Y NTC 2233
Clase de exactitud	2 o mejor	2 o mejor	2 o mejor
Numero de hilos	2	3	4
Frecuencia de referencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Corriente básica (Ib)	15	20	20, 30, 40, 50
Corriente máxima (Imax)	60	80	80, 90, 100, 120, 150, 160
Tensión de prueba NTC 2288	2 kV	2 kV	2 kV
Números de bobinas de tensión	1	2	3
Localización de los puentes de tensión	Interna	Interna	Interna
Tipo de mecanismo registrador	Ciclométrico	Ciclométrico	Ciclométrico
Lectura del registrador	5 enteros 1 decimal	5 enteros 1 decimal	5 enteros 1 decimal
Unidad principal de lectura	kWh	kWh	kWh
Material de los terminales	Bimetálicos	Bimetálicos	Bimetálicos
Tipo de cojinete superior	Aguja	Aguja	Aguja
Tipo de cojinete inferior	Suspensión magnética	Suspensión magnética	Suspensión magnética
Material del disco	Aluminio puro	Aluminio puro	Aluminio puro
Color de marca visible en el disco	Negro	Negro	Negro
Eje del disco	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Tapa principal	Vidrio o policarbonato	Vidrio o policarbonato	Vidrio o policarbonato
Tapa cubre bornes	Transparente	Transparente	Transparente
Base	Una pieza que no permita perforaciones	Una pieza que no permita perforaciones	Una pieza que no permita perforaciones
Diagrama de conexiones	Grabado en la placa de característica	Grabado en la placa de característica	Grabado en la placa de característica
Principio de funcionamiento	Inducción	Inducción	Inducción
Código de barras	Con serial y año de fabricación	Con serial y año de fabricación	Con serial y año de fabricación
Pérdidas totales	< 0.8	< 0.8	< 0.8
Corriente de arranque	Menor a 0.5% Ib	Menor a 0.5% Ib	Menor a 0.5% Ib
Tensión de referencia V	120, 127	2 * 120, 2 * 127	3 * 127(220), 3 * 120(208)
Consumo propio del medidor por elemento	1 VA	2 VA	2 VA

1.3 medidores electrónicos de energía activa clase 0,5 y 0,2

1.3.1 Especificaciones generales

A continuación se mencionan algunas especificaciones ó características mínimas que deben reunir los medidores de energía trifásicos del tipo estático para conexión a transformadores de medida con clase de precisión 0,5 ó 0,2 para controlar y programar las funciones de energía activa, reactiva, demanda de activa, demanda de reactiva, potencia aparente, valores instantáneos de potencia

activa, reactiva y aparente, corriente, tensión y factor de potencia. En la figura 12 se muestra un medidor de activa-reactiva clase 0,5. (4)

Figura 12 Medidor activa-reactiva clase 0.5



Tomada directamente de un Medidor Cirwattb tipo 410D

- Los medidores deben ser utilizados para medir en forma indirecta el consumo de energía eléctrica en circuitos de 13.2Kv, 13.8Kv, 34.5Kv, y 115Kv, tensión secundaria 115/66V y corriente nominal secundaria de 5A.
- Se deben cumplir las pruebas y requisitos establecidos en las normas NTC 2147 (IEC 687) “medidores estáticos de corriente alterna para energía activa, clase 0.2 y 0.5”, NTC 2148 (IEC 145) “medidores de energía activa”, NTC 2149 (IEC 514) “Control de recepción para medidores de energía activa”, NTC 2288 (IEC 521) “Medidores de energía activa de corriente alterna clase 2, 1 y 0,5.
- De acuerdo con los diseños de los fabricantes pueden emplearse otras normas internacionales reconocidas equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se tenga el certificado de homologación expedido por el CIDET el ICONTEC.
- Los medidores del tipo estático para conexión a transformadores de medida, con clase de precisión 0,5 y 0,2, se utilizaran en aquellos puntos donde existan usuarios de grandes volúmenes de energía para que con solo un medidor se puedan controlar y programar las variables de energía activa (kWh), reactiva (kVARh), aparente (kVAh), demanda máxima y acumulada (kW), corriente (A), tensión (V), factor de potencia por fase, distorsión de armónicos.
- Para fronteras comerciales con tensiones mayores o iguales a 115 kV. (4)

.A continuación se tiene la tabla 3, con la información general de las especificaciones de los medidores de energía clase 0,5 y 0,2.

Tabla 3 Especificaciones generales medidores de energía clase 0,5 y 0,2 (4)

DESCRIPCION	REQUERIMIENTO
Norma de fabricación	NTC 4052, IEC 687, IEC 1036
Clase de exactitud	0.5 y 0.2
Numero de hilos	3 o 2 2n 2l secundarios
Frecuencia de referencia	60 Hz
Corriente básica A (Ib)	5
Corriente máxima A (Imax)	15
Tensión de prueba NTC 2288	2 kV
Tensión nominales de referencia	Multirango 63,5 y 200 V
Numero de bobinas de elementos	2 o 3
Localización de los puentes de tensión	Interna
Tipo de mecanismo registrador	Electrónico
Lectura del registrador	5 enteros 2 decimales
Unidad principal de lectura	kWh y kVARh
Material de los terminales	Bimetálicos
Principio de funcionamiento	Procesamiento de señales digitales
Sistema de ajuste	Red resistiva
Pérdidas totales	<0.8
Curvas de error adjuntas al suministro para factor de potencia 1 y 0.5	Si
Diagrama de conexiones	Grabado en la placa de características
Código de barras	Con serial y año de fabricación
Numero de tarifas programadas	De acuerdo al esquema tarifario
Aplicación del elemento del medidor	Efecto hall o tecnología shunt
Máxima temperatura que soporta	Máximo 85°C sobre componentes electrónicos
Peso neto del medidor	2 kg

2. CONEXIONES DE MEDIDORES DE ENERGÍA SEGÚN EL TIPO DE TRANSFORMADOR, TIPO DE RED Y CARGA A ALIMENTAR

2.1 SEGÚN EL TIPO DE TRANSFORMADOR

2.1.1 Transformador monofásico

Las conexiones de medidores que se pueden realizar según este tipo de transformador son conexiones de medida directa para: medidores monofásicos, medidores bifásicos y medidores neutro directo y conexiones de medida semi-directa e indirecta. En la Figura 13 se observa un medidor neutro directo clase 1.

Figura 13 Medidor neutro directo



Tomada directamente de un Medidor CHINT tipo DDS666P

En las Figuras 14, 15, 16, 17, 18 y 19, se observan los esquemas de medición directa mas utilizados:

Figura 14 Conexión medidor monofásico, conexión simétrica (1)

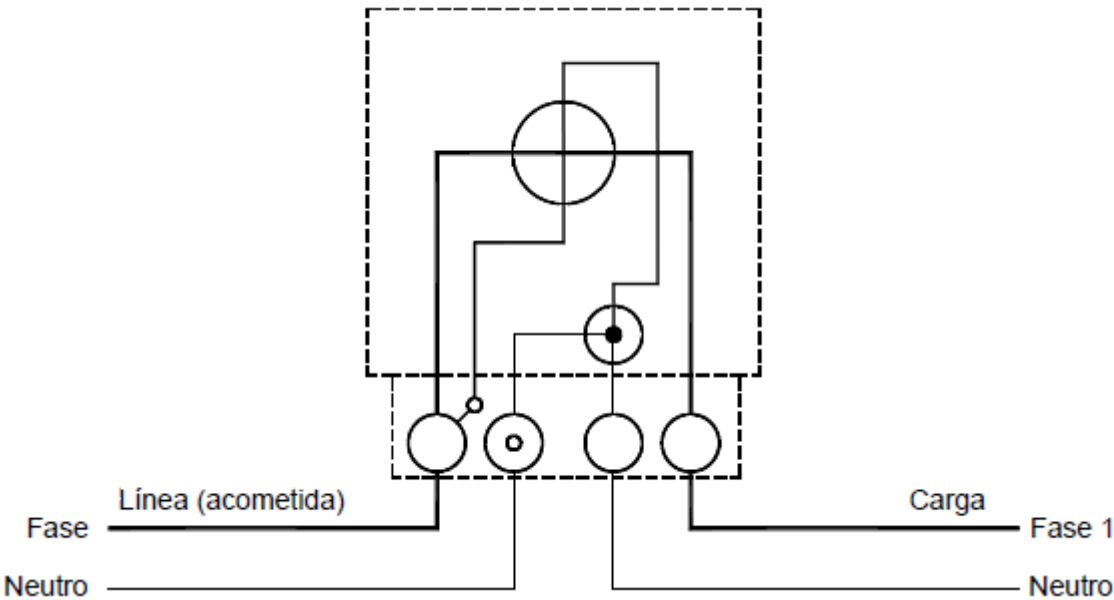


Figura 15 Conexión medidor monofásico, conexión asimétrica (1)

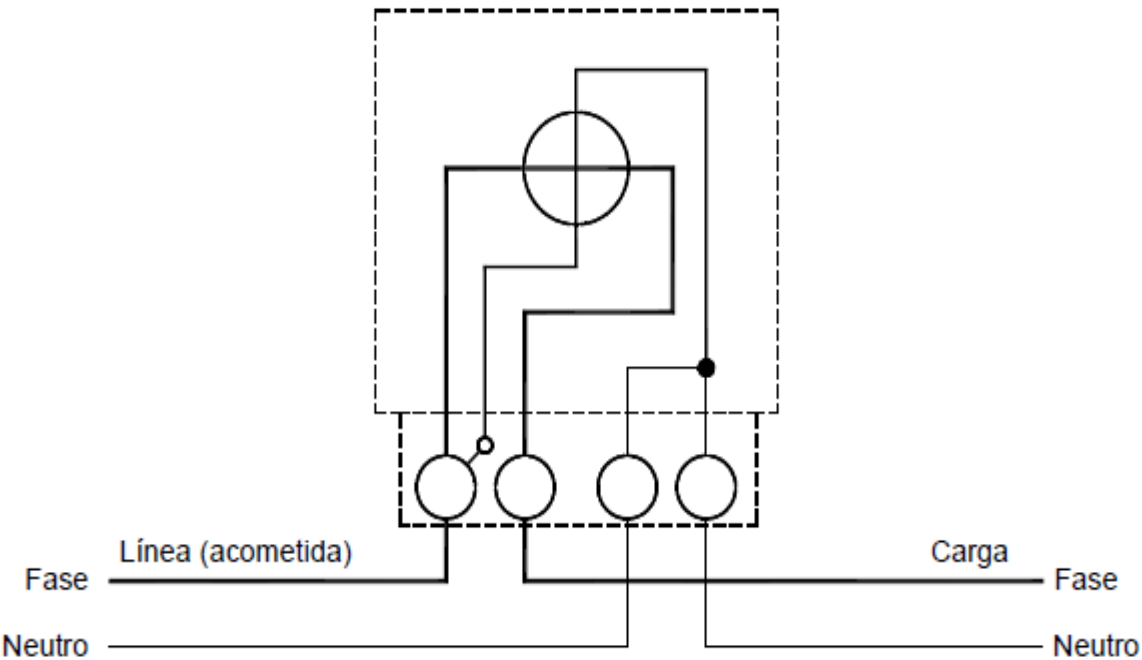


Figura 16 Conexión medidor monofásico trifilar, conexión simétrica (1)

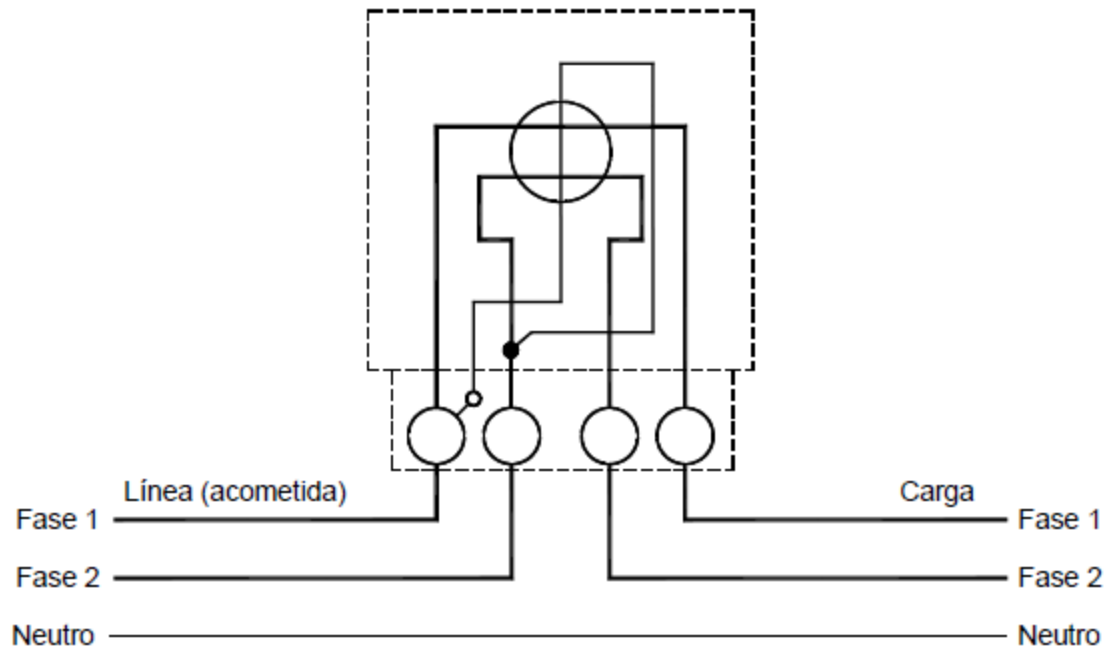


Figura 17 Conexión medidor monofásico trifilar, conexión asimétrica (1)

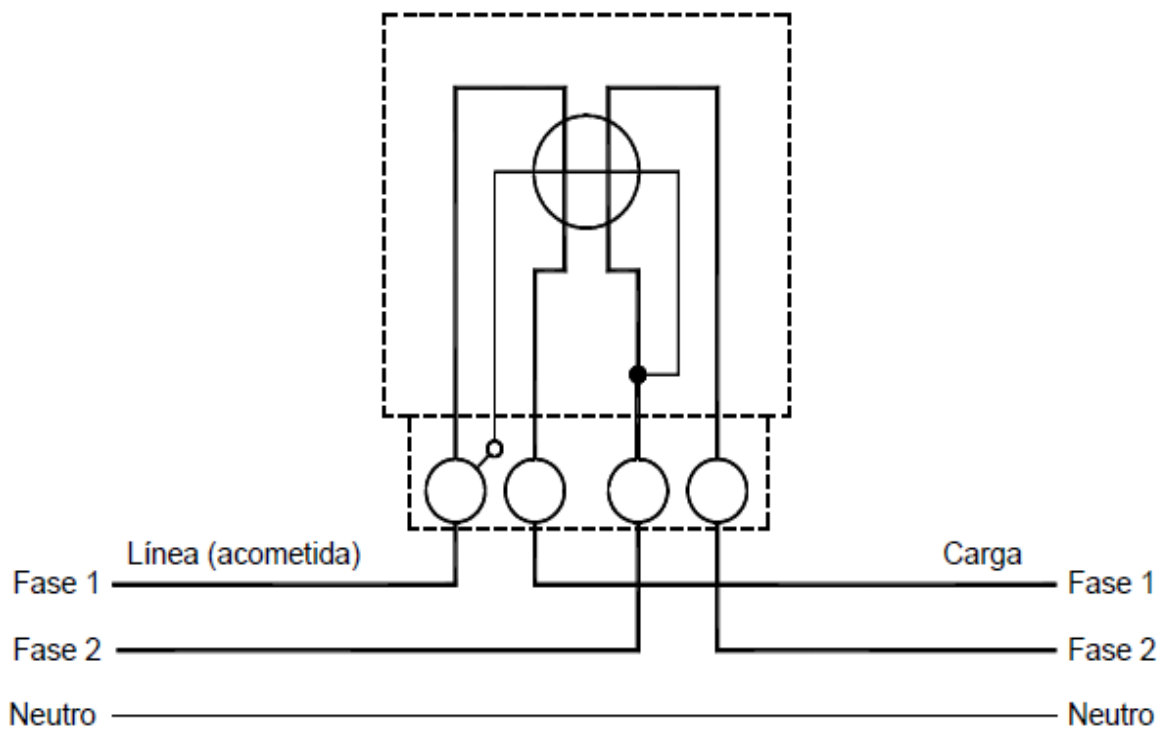


Figura 18 Conexión medidor bifásico trifilar, conexión simétrica (1)

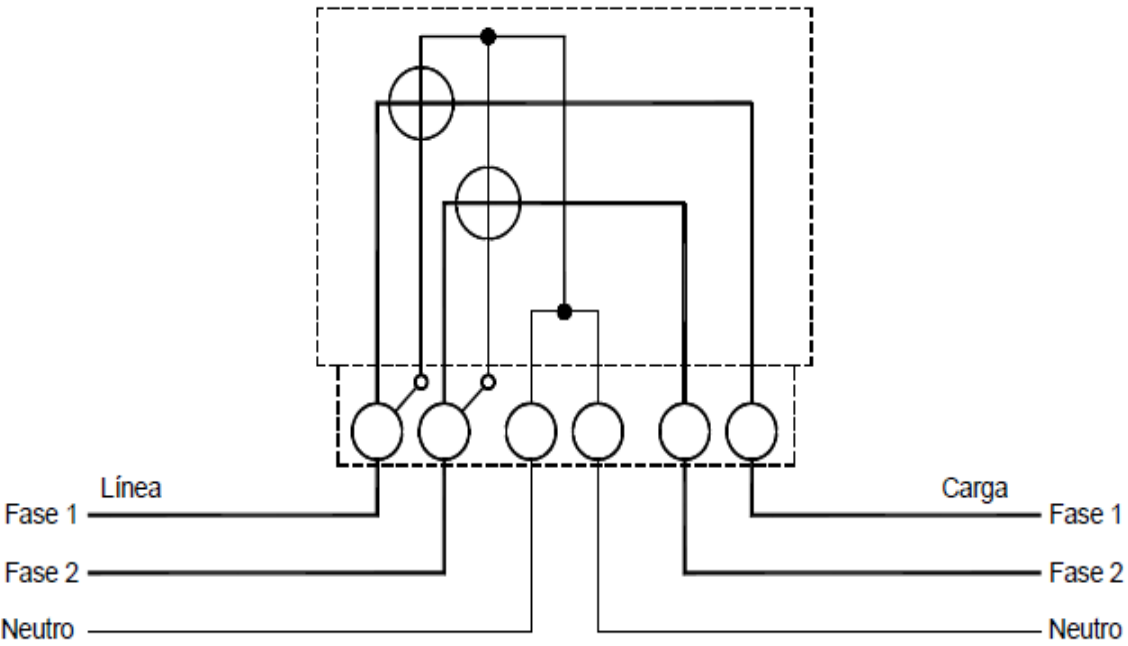
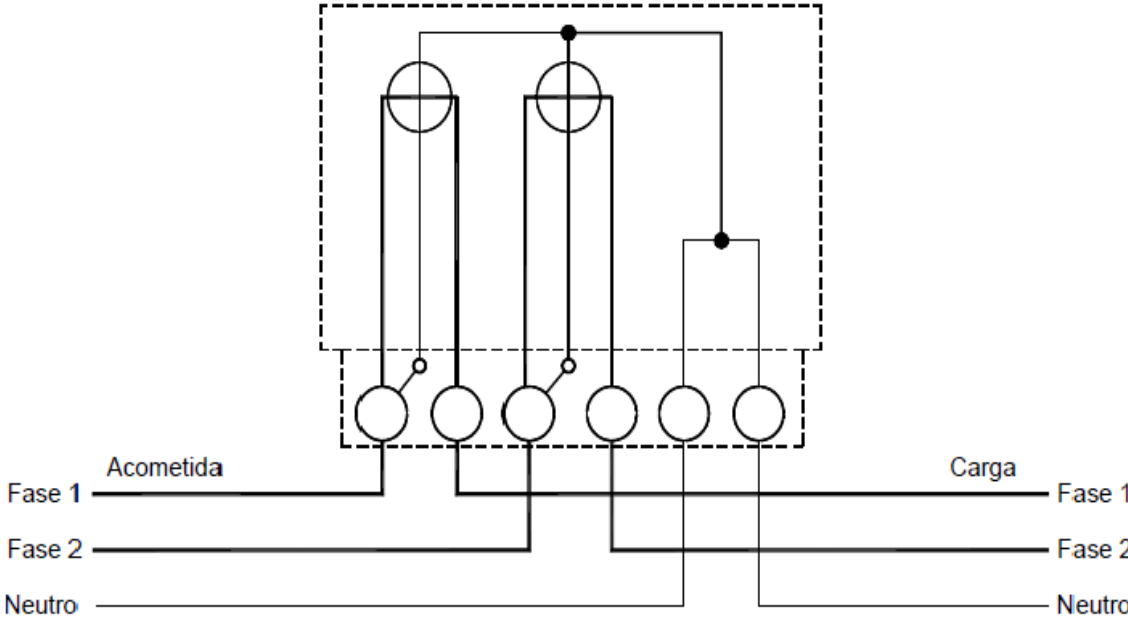


Figura 19 Conexión medidor bifásico trifilar, conexión asimétrica (1)



2.1.2 Transformador trifásico

Para este tipo de transformador se pueden realizar conexiones de medida directa utilizando medidores: monofásicos, bifásicos, trifásicos. Y medidores generalmente trifásicos para medición Semi-directa e Indirecta, uno de los medidores que se utiliza con mas frecuencia se observa en la figura 20.

Se debe tener en cuenta que no se pueden instalar medidores neutro directo con este tipo de transformador, ya que la medición de la energía entregada al suscriptor representa un 25% menos que lo que debería registrar, lo que ocasiona pérdidas para la empresa comercializadora del servicio de energía.

Figura 20 Medidor trifásico para conexión semi-directa e indirecta



Tomada directamente de un Medidor Elster tipo A1800

En las Figuras 21 y 22 se observan los esquemas de medición directa mas utilizados:

Figura 21 Conexión medidor trifásico tetrafilar, conexión simétrica (1)

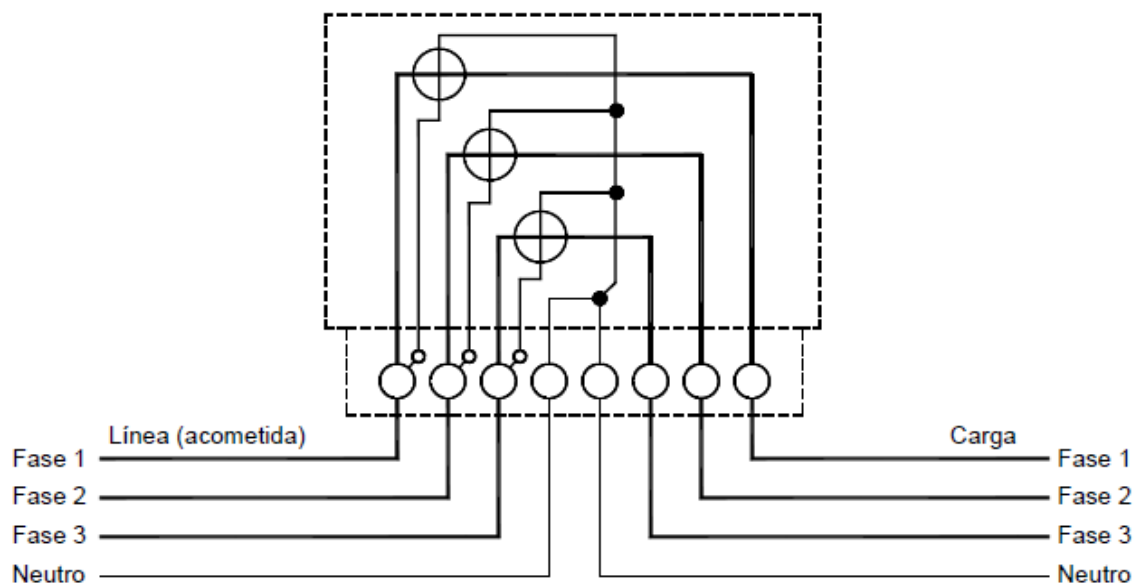
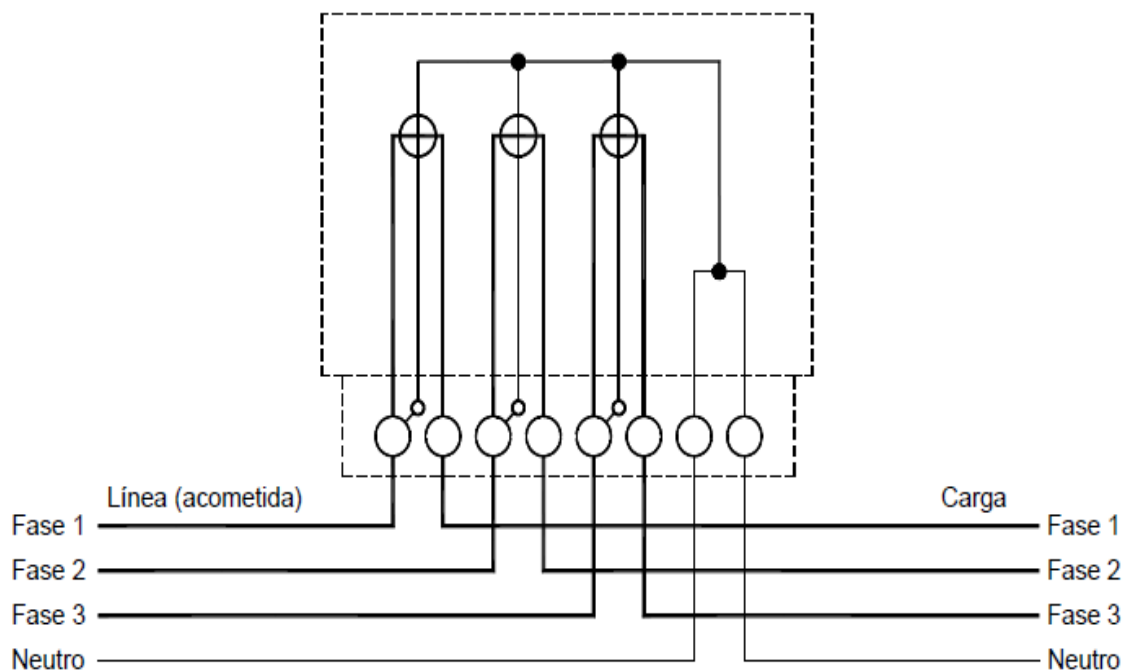


Figura 22 Conexión medidor trifásico tetrafilar, conexión asimétrica (1)



2.2 SEGÚN EL TIPO DE RED.

2.2.1 Red monofásica tres hilos (dos fases y un neutro)

La red monofásica puede ser abierta o trenzada, y aérea o subterránea. En la Figura 23 se observa la red abierta y en la Figura 24 la red trenzada. Se pueden utilizar medidores monofásicos y medidores bifásicos trifilares.

Figura 23 Red aérea monofásica abierta



Tomada directamente a una red de baja tensión en la ciudad de Pereira

Figura 24 Red aérea monofásica trenzada



Tomada directamente a una red de baja tensión en la ciudad de Pereira

2.2.2 Red trifásica cuatro hilos (tres fases y un neutro)

La red trifásica cuatro hilos esta compuesta por tres fases y un neutro. Se pueden utilizar todo tipo de medidores, excepto los medidores neutro directo.

La red trifásica puede ser abierta o trenzada, aérea y/o subterránea.

2.3 SEGÚN LA CARGA A ALIMENTAR.

Para determinar el tipo de conexión que se realizara, se debe tener la información precisa y clara de la carga a alimentar, para determinar si corresponde a una conexión directa, semi-directa o indirecta. De igual manera la clase de servicio, si es residencial, comercial o industrial.

Es muy importante tener en cuenta estos requisitos, ya que el punto de partida para tener una correcta selección y conexión del equipo de medida parte de la carga que se tiene.

2.3.1 Carga tipo monofásica.

Este tipo de conexión se realiza generalmente para usuarios residenciales en estratos 1, 2 y 3, donde la carga instalada no supera los 7 kW. También se puede observar en servicios comerciales donde la actividad puede ser: papelerías, pequeñas tiendas de dulces, modisterías.

Para este tipo de conexión se instalan únicamente medidores monofásicos de clase 1 ó clase 2.

2.3.2 Carga tipo bifásica trifilar.

Este tipo de conexión se realiza generalmente en estratos 4, 5 y 6, donde la carga instalada no supera los 15 kW. También se pueden observar en servicios comerciales donde la actividad requiera equipos que funcionan a 220 V.

Para este tipo de conexión se pueden instalar medidores bifásicos clase 1 ó clase 2, y medidores neutro directo, particularmente en las zonas rurales.

2.3.3 Carga tipo trifásica tetrafilar.

En pocas ocasiones se encuentra este medidor instalado en servicios residenciales, es mas común en servicios comerciales e industriales donde la carga instalada supera los 15 kW, para una conexión directa.

Para la medición semi-directa se utiliza medidores de energía activa y/o reactiva y un transformador de corriente (T.C) por cada fase que alimenta la carga. En este tipo de medición, la conexión de las señales de corriente provenientes de los devanados secundarios de los T.C. y de las señales de tensión provenientes de la acometida al medidor, deben realizarse mediante un bloque de prueba, para garantizar una correcta medida de la energía consumida.

La corriente primaria nominal del transformador de corriente se debe seleccionar de tal forma que el valor de la corriente a plena carga en el sistema eléctrico al cual esta conectado el transformador de corriente, esté comprendida entre el 80 % de la corriente nominal y la corriente nominal multiplicada por el factor de cargabilidad del T.C, es decir:

$$0,8I_{pn} < I_{pc} < I_{pn} * FC$$

En donde:

I_{pc} = es la corriente a plena carga del sistema eléctrico en el punto donde será conectado el transformador de corriente.

I_{pn} = es la corriente primaria nominal del transformador de corriente seleccionado.

FC = es el factor de cargabilidad del transformador de corriente.

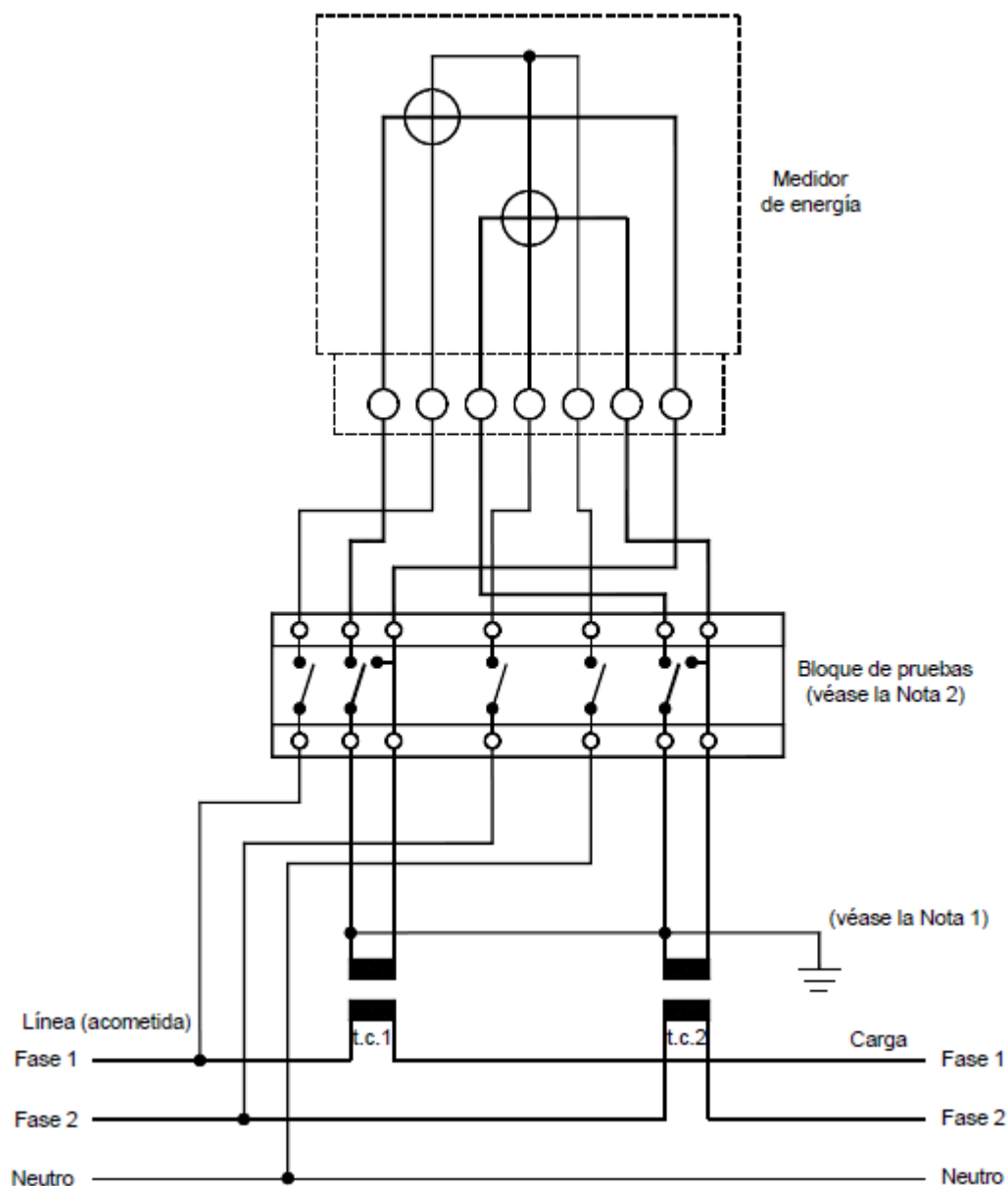
La relación de los transformadores de corriente se puede observar en la tabla 4, donde se establece la relación de transformación en función de la carga instalada y la tensión en el punto de conexión de los transformadores de corriente, y en la Figura 25, se observa un esquema de conexiones, con medidor monofásico trifilar de elemento y medio, conexión simétrica, en un servicio de energía monofásico trifilar. (1)

Tabla 4 Relación de transformación de TC para medición semi-directa

Circuitos a 3 x 120/208 V		Circuitos a 3 x 127/220 V		Circuitos a 3 x 254/440 V		Circuitos a 120/240 V	
Capacidad instalada (kVA)	Relación de los TC	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los TC	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los TC	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los TC
28 A 43	100/5	30 A 45	100/5	60 A 91	100/5	30 A 43	100/5
44 A 65	150/5	46 A 68	150/5	92 A 137	150/5	30 A 43	150/5
66 A 86	200/5	69 A 91	200/5	138 A 183	200/5	44 A 57	200/5
87 A 129	300/5	92 A 137	300/5	184 A 274	300/5	58 A 86	300/5
130 A 162	400/5	138 A 182	400/5	275 A 365	400/5	87 A 108	400/5
163 A 194	500/5	183 A 228	500/5	366 A 457	500/5	109 A 129	500/5
195 A 259	600/5	229 A 274	600/5	458 A 548	600/5	130 A 172	600/5
260 A 324	800/5	275 A 365	800/5	549 A 731	800/5	173 A 216	800/5
325 A 389	1 000/5	366 A 457	1 000/5	732 A 914	1000/5	217 A 259	1 000/5
390 A 467	1 200/5	458 A 548	1 200/5	915 A 1097	1200/5	260 A 311	1 200/5
468 A 648	1 600/5	549 A 731	1 600/5	1 098 A 1463	1600/5	312 A 438	1 600/5

Tomada de Norma Técnica Colombiana 5019

Figura 25 Conexión medidor trifásico trifilar, conexión simétrica para medición semi-directa (1)



NOTA 1 la conexión a tierra en cada T.C puede ser realizada en cualquiera de los bornes terminales del devanado secundario del T.C; sin embargo solo puede ser puesto a tierra uno de los bornes de cada T.C.

NOTA 2 la disposición de terminales del bloque de pruebas solo se da a nivel ilustrativo, la disposición definitiva debe ser según el bloque a utilizar.

Para la conexión indirecta las señales de corriente son provenientes de los devanados secundarios de los T.C y de las señales de tensión provenientes de los devanados secundarios de los T.P al medidor, debe realizarse mediante un bloque de pruebas. La relación de los transformadores de corriente se puede observar en la tabla 5, donde se establece la relación de transformación en función de la carga instalada y la tensión en el punto de conexión de los transformadores de corriente.

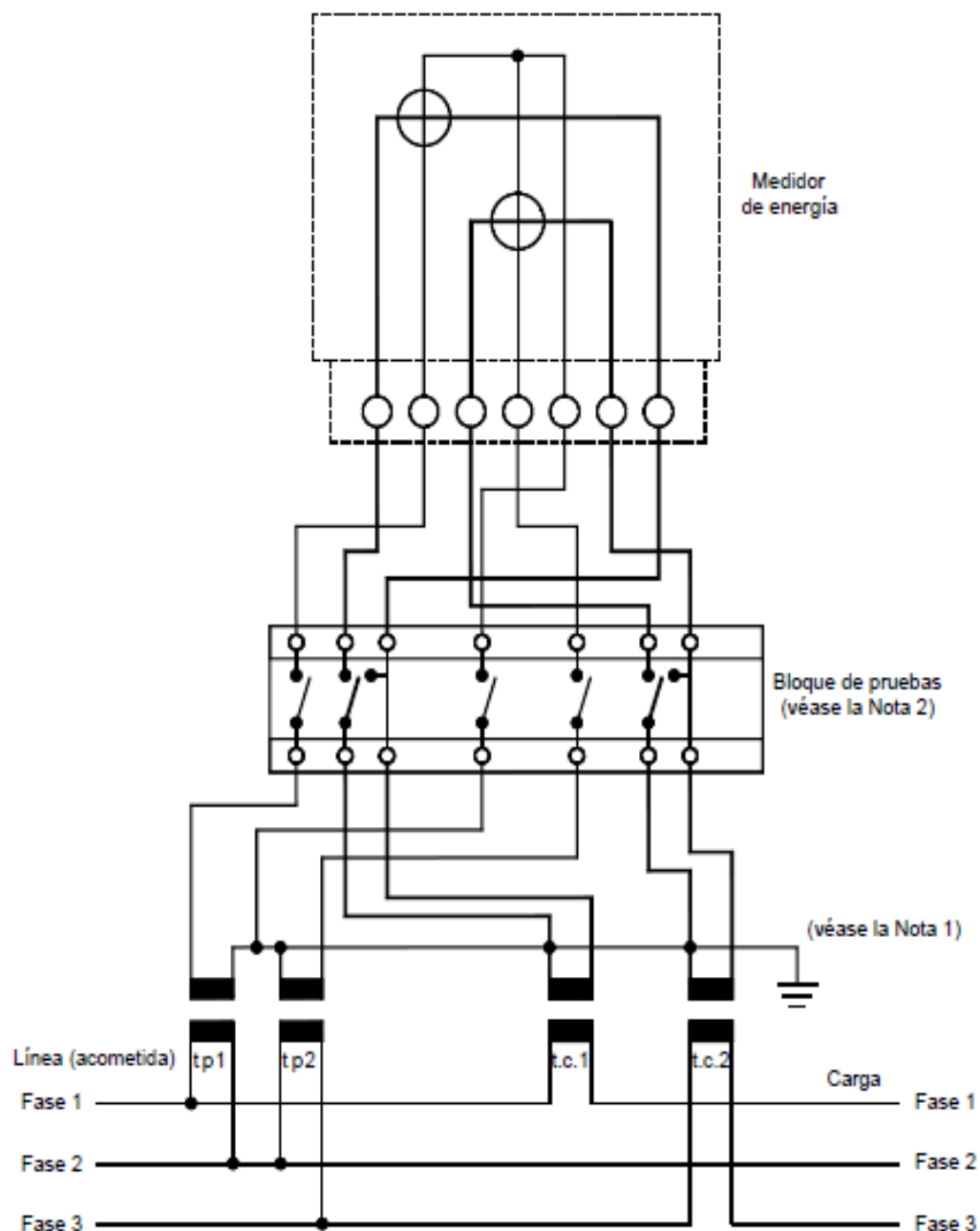
Tabla 5 Relación de transformación de TC para medición indirecta

Circuitos a 11,4 kV		Circuitos a 13,2 kV		Circuitos a 34,5 kV	
Capacidad instalada (kVA)	Relación de los TC	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los TC	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los TC
79 a 118	5/5	91 a 137	5/5	239 a 358	5/5
158 a 237	10/5	183 a 274	10/5	478 a 717	10/5
238 a 355	15/5	275 a 411	15/5	718 a 1 075	15/5
356 a 473	20/5	412 a 503	20/5	1 076 a 1 314	20/5
474 a 592	25/5	504 a 617	25/5	1 315 a 1 613	25/5
593 a 710	30/5	618 a 823	30/5	1 614 a 2 151	30/5
711 a 947	40/5	824 a 1 029	40/5	2 152 a 2 689	40/5
948 a 1 184	50/5	1 030 a 1 234	50/5	2 690 a 3 226	50/5
1 185 a 1 421	60/5	1 235 a 1 554	60/5	3 227 a 4 063	60/5
1 422 a 1 829	75/5	1 555 a 1 829	75/5	4 064 a 4 780	75/5
1 830 a 2 369	100/5	1 830 a 2 743	100/5	4 781 a 7 170	100/5
2 370 a 3 554	150/5	2 744 a 4 115	150/5	7 171 a 10 756	150/5
3 555 a 4 739	200/5	4 116 a 5 144	200/5	10 757 a 13 445	200/5

Tomada de Norma Técnica Colombiana 5019

Para una conexión indirecta se tiene diversos tipos de esquemas, algunos de ellos se pueden observar en las Figuras 26, 27, 28 y 29.

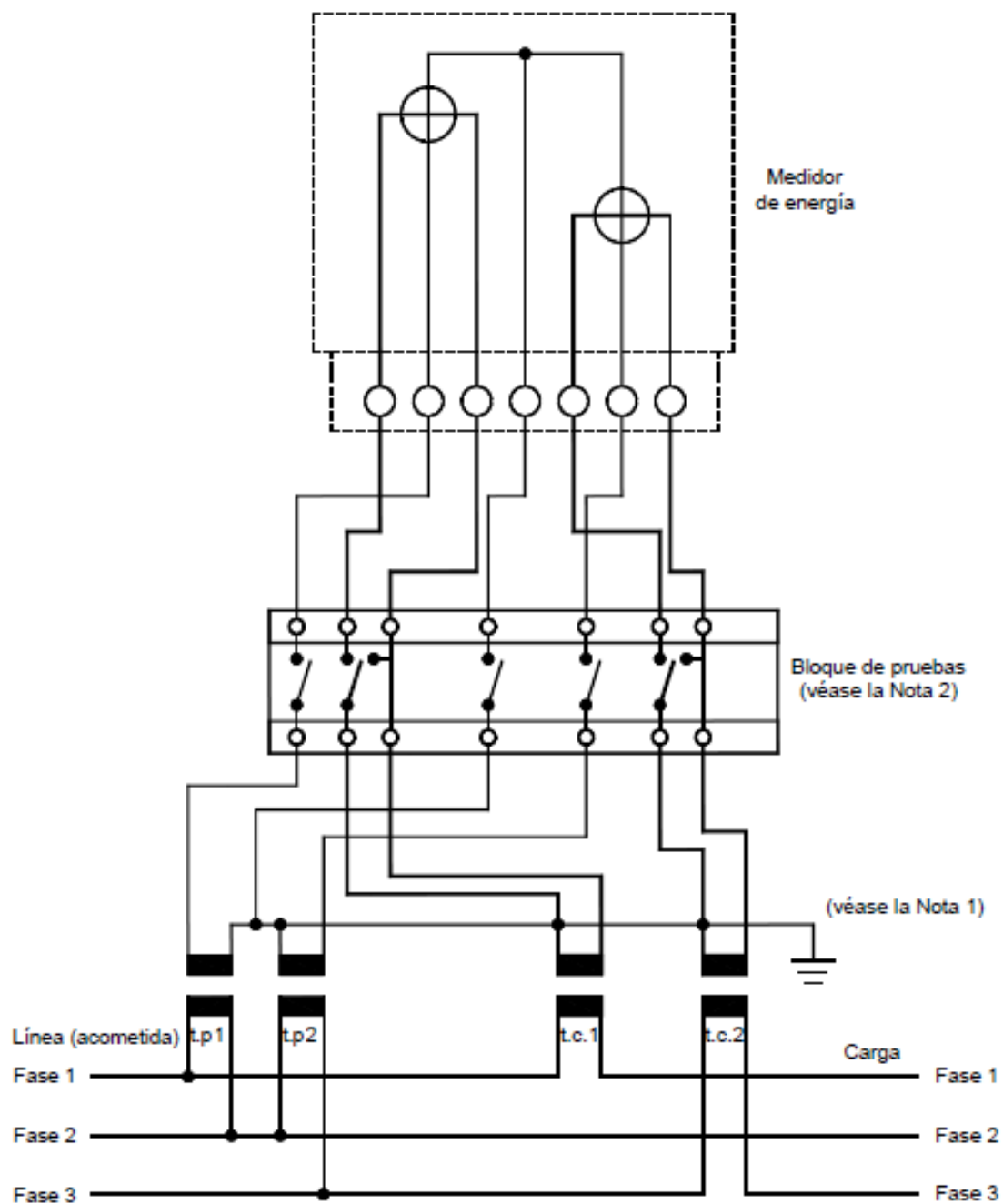
Figura 26 Conexión con medidor trifásico trifilar dos elementos, conexión simétrica (1)



NOTA 1 la conexión a tierra en cada T.C puede ser realizada en cualquiera de los bornes terminales del devanado secundario del T.C; sin embargo solo puede ser aterrizado uno de los bornes de cada T.C.

NOTA 2 la disposición de terminales del bloque de pruebas solo se da a nivel ilustrativo, la disposición definitiva debe ser según el bloque a utilizar.

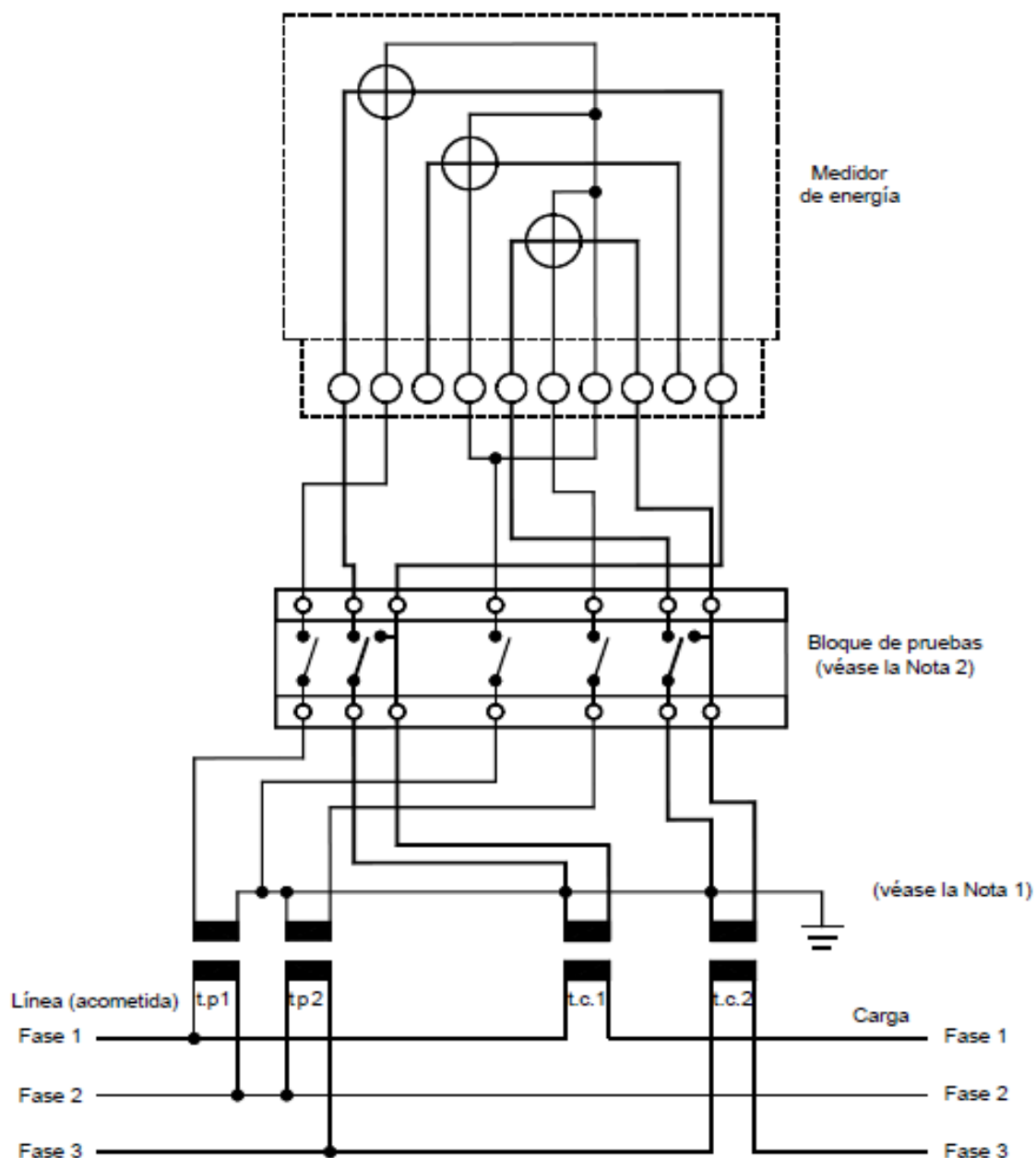
Figura 27 Conexión medidor trifásico trifilar dos elementos, conexión asimétrica (1)



NOTA 1 la conexión a tierra en cada T.C puede ser realizada en cualquiera de los bornes terminales del devanado secundario del T.C; sin embargo solo puede ser puesto a tierra uno de los bornes de cada T.C.

NOTA 2 la disposición de terminales del bloque de pruebas solo se da a nivel ilustrativo, la disposición definitiva debe ser según el bloque a utilizar.

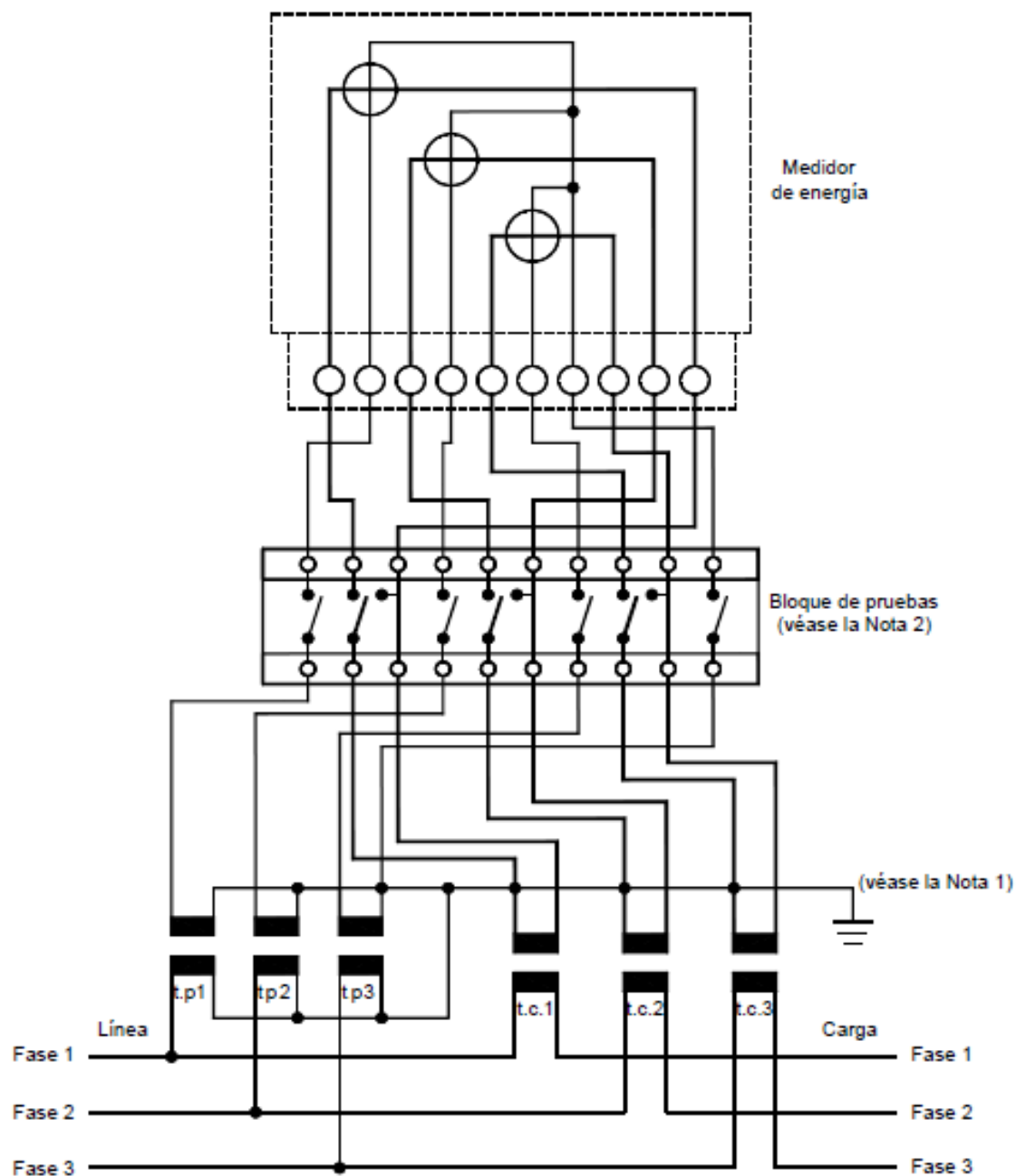
Figura 28 Conexión medidor trifásico tetrafilar dos elementos, conexión simétrica (1)



NOTA 1 la conexión a tierra en cada T.C puede ser realizada en cualquiera de los bornes terminales del devanado secundario del T.C; sin embargo solo puede ser puesto a tierra uno de los bornes de cada T.C.

NOTA 2 la disposición de terminales del bloque de pruebas solo se da a nivel ilustrativo, la disposición definitiva debe ser según el bloque a utilizar.

Figura 29 Conexión medidor trifásico tetrafilar tres elementos, conexión simétrica (1)



NOTA 1 la conexión a tierra en cada T.C puede ser realizada en cualquiera de los bornes terminales del devanado secundario del T.C; sin embargo solo puede ser puesto a tierra uno de los bornes de cada T.C.

NOTA 2 la disposición de terminales del bloque de pruebas solo se da a nivel ilustrativo, la disposición definitiva debe ser según el bloque a utilizar.

CONCLUSIONES

- Se presentan los diferentes tipos de medidores comercialmente más usados por las diversas empresas prestadoras del servicio, y a su vez se delinear los fundamentos teóricos que conllevan a una mejor selección del instrumento de medida.
- Mediante esta guía se busca determinar basándose en los criterios técnicos, cual es el instrumento de medida más acorde a los requerimientos de las empresas prestadoras del servicio, así como las necesidades propias de los usuarios, dependiendo de la configuración típica de las redes de distribución.
- Como se evidencia en el desarrollo de la guía, vemos que un factor preponderante en la selección del equipo de medida es la carga (potencia) a ser medida.
- En los sectores residenciales, la utilización de medidores de lectura directa, está directamente relacionada con los electrodomésticos y la iluminación de las viviendas de los usuarios, lo cual se traduce en una reducción significativa de los costos del equipo de medida.
- Para los sectores comerciales e industriales el uso de medición semi-directa e indirecta implica mayores costos, sin embargo esto garantiza la correcta medición.
- El objetivo final de esta guía es concientizar a todas aquellas personas que instalan o planifican instalaciones de equipos de medida, a hacer una selección basada en criterios técnicos.

BIBLIOGRAFIA

1. **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.** *Selección de equipos para medición de energía eléctrica.* Bogotá. ICONTEC, 2007.
2. **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.** *Código Eléctrico Colombiano.* Bogotá. ICONTEC, 2002.
3. **Ministerio de Minas y Energía.** *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE,* Bogotá, CIDET, 2007.
4. **Orjuela, Hernando.** *Electricidad para NO electricistas.* Bogota : Orjuela, 2008.

ANEXOS

Anexo A.

A continuación se observar la tabla 6 para la selección de los medidores de energía.

Tabla 6 Selección de los medidores de energía

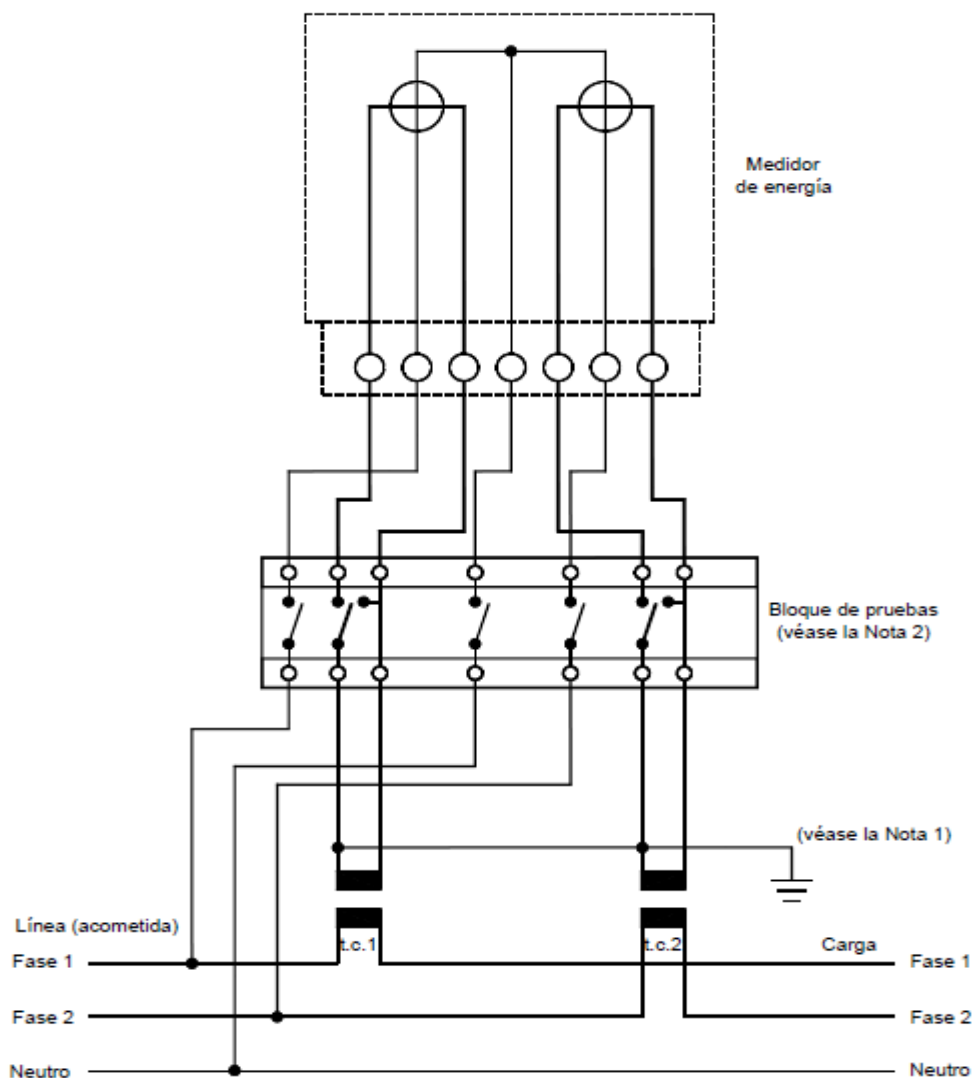
Tipo de medición	Tipo de servicio	Capacidad instalada (CI) en kVA	Descripción del medidor ¹⁾²⁾				
			Medidor	Energía ³⁾	Clasificación ⁴⁾	Clase ⁵⁾	
						Electromecánico	Estático ⁶⁾
Directa	Monofásico bifilar	≤ 12	Monofásico bifilar	Activa	Básico	2	1
	Monofásico trifilar	≤ 24	Monofásico trifilar ó Bifásico trifilar	Activa	Básico	2	1
				Activa y Reactiva	Multienergía	--	1 2
	Bifásico trifilar	≤ 24	Bifásico trifilar	Activa	Básico	2	1
				Activa y Reactiva	Multienergía	--	1 2
	Trifásico tetrafilar	≤ 36	Trifásico tetrafilar	Activa	Básico	2	1
				Activa y Reactiva	Multienergía	--	1 2
Semi-directa	Monofásico trifilar	> 24	Monofásico trifilar ó Trifásico trifilar	Activa y Reactiva	Multifunción	--	1 2
	Trifásico tetrafilar	> 36	Trifásico tetrafilar	Activa y Reactiva	Multifunción	--	1 ó 0,5S ¹⁰⁾ 2
Indirecta	Trifásico trifilar	>112.5	Trifásico trifilar ⁷⁾ ó Trifásico tetrafilar ⁸⁾	Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,5S 2
			Trifásico tetrafilar ⁹⁾	Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,2S 2

Tomada de Norma Técnica Colombiana 5019

Anexo B.

Para mayor información se observa la figura 30 y la figura 31, donde se muestra otros esquemas de conexiones de medida semi-directa.

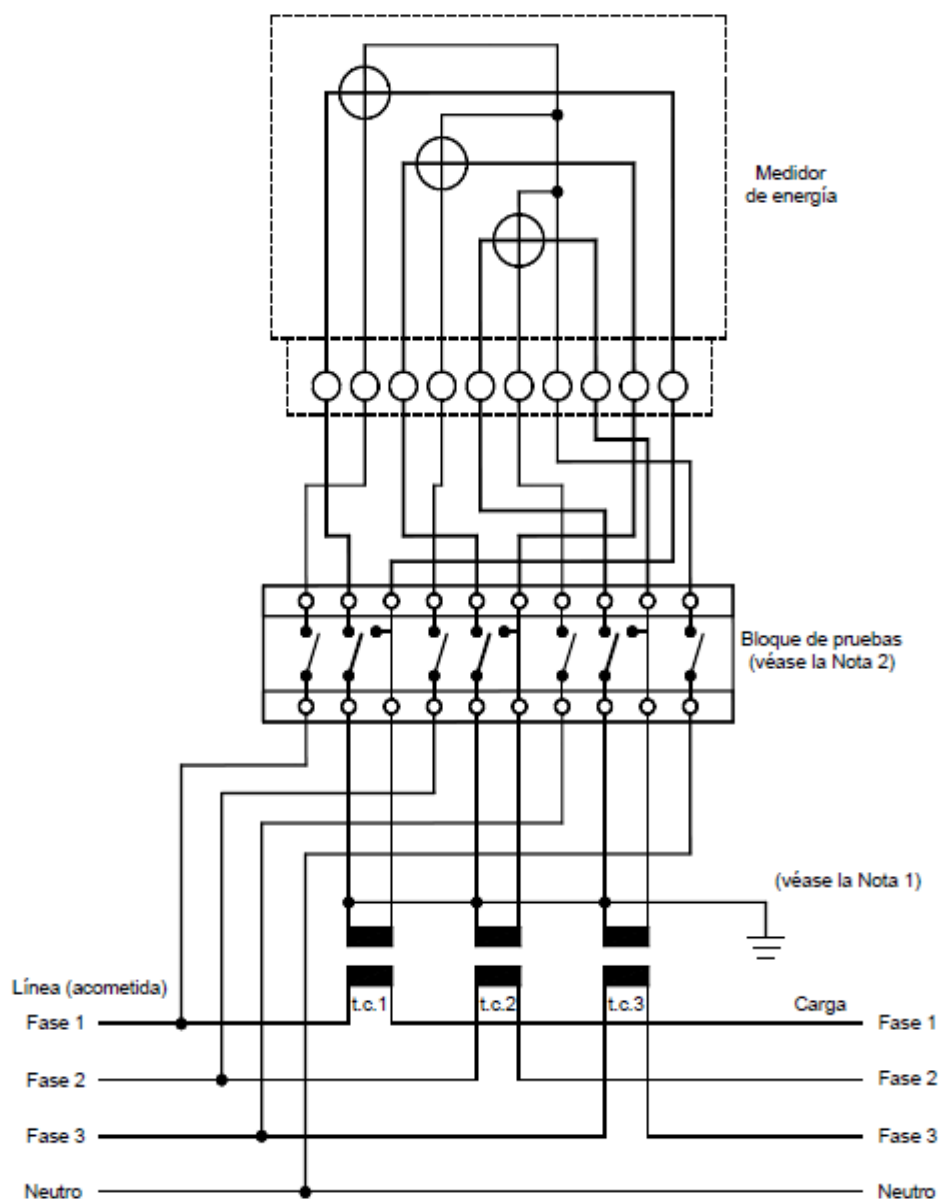
Figura 30 Conexión medidor trifásico trifilar. Conexión asimétrica (1)



NOTA 1 la conexión a tierra en cada T.C puede ser realizada en cualquiera de los bornes terminales del devanado secundario del T.C; sin embargo solo puede ser puesto a tierra uno de los bornes de cada T.C.

NOTA 2 la disposición de terminales del bloque de pruebas solo se da a nivel ilustrativo, la disposición definitiva debe ser según el bloque a utilizar.

Figura 31 Conexión medidor trifásico tetrafilar. Conexión simétrica (1)



NOTA 1 la conexión a tierra en cada T.C puede ser realizada en cualquiera de los bornes terminales del devanado secundario del T.C; sin embargo solo puede ser puesto a tierra uno de los bornes de cada T.C.

NOTA 2 la disposición de terminales del bloque de pruebas solo se da a nivel ilustrativo, la disposición definitiva debe ser según el bloque a utilizar.