

**Tabla 1. Clasificación del medidor de energía eléctrica por su complejidad**

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Básicos	Medidores de energía sencillos, sin dispositivos internos de control de carga o tarifa; con o sin salida de impulso; con o sin puerto de comunicación óptico
Multienergía	Medidores que, en una única carcasa, miden más de un tipo de energía, con o sin salida de impulso; con o sin puerto de comunicación óptico
Multifunción	Medidores básicos o de multienergía, que incluyen funciones adicionales a las metrológicas básicas, tales como registro de demanda máxima, registro de tiempo de uso, dispositivo de control de tarifa y/o carga, como un interruptor horario o un receptor de telemando centralizado
Medidores con funciones adicionales	Medidores con otras unidades funcionales como PLC, comunicación telefónica o por radio, lectores de bonos de pago, etc...

## **6. CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA**

### **6.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEDIDA**

#### **6.1.1 Equipo para medición directa**

Para la medición directa se utiliza únicamente el (los) medidor(es) de energía (activa y/o reactiva).

#### **6.1.2 Equipo para medición semi-directa**

Para la medición semi-directa de energía se utiliza el (los) medidor(es) 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, debe realizarse mediante un bloque de pruebas.

#### **6.1.3 Equipo para medición indirecta**

Para la medición indirecta de energía se utiliza un medidor estático multifuncional de energía y un juego de transformadores de medida compuesto por transformadores de corriente (t.c.) y transformadores de tensión (t.t.). El número de t.c. y de t.t. se selecciona con base en el número de fases, el número de hilos y el nivel de tensión de la red en el punto en el cual se realiza la medida.

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 los devanados secundarios de los t.t., al medidor, debe realizarse mediante un bloque de pruebas excepto para aquellos medidores que tienen incorporado un mecanismo similar a este.

### **6.2 NORMAS DE FABRICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA**

Los medidores de energía, los transformadores de tensión (t.t.) y los transformadores de corriente (t.c.) se ajustarán a lo establecido en las siguientes normas técnicas o aquellas que las modifiquen o sustituyan:



### **6.2.1 Normas de fabricación de los medidores de energía**

Dependiendo del tipo de medición los medidores deberán cumplir con lo establecido en las siguientes NTC:

- NTC 4052, *Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares, medidores estáticos de energía activa Clases 1 y 2.* (IEC 62053-21)
- NTC 2147, *Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares, medidores estáticos de energía activa Clases 0,2S y 0,5S.* (IEC 62053-22)
- NTC 4569, *Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares, medidores estáticos de energía reactiva Clases 2 y 3.* (IEC 62053-23)
- NTC 2288, *Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares, medidores electromecánicos de energía activa (Clases 0,5, 1 y 2).* (IEC 62053-11)
- NTC 2148, *Electrotecnia. Medidores de energía reactiva.* (IEC 60145)
- Serie IEC 62055, *Electricity Metering. Payment Systems*

El Sistema de Medición Centralizado debe cumplir con los requisitos establecidos en las normas de fabricación de medidores de energía eléctrica.

El sistema de comunicación debe cumplir con los requisitos establecidos en las normas que conforman la serie IEC 62056 o ANSI/IEEE (que aplique) y otras complementarias.

### **6.2.2 Normas de fabricación de los transformadores de medida**

- NTC 2205, *Transformadores de medida. Transformadores de corriente.* (IEC 60044-1)
- NTC 2207, *Transformadores de medida. Transformadores de Tensión inductivos.* (IEC 60044-2)
- NTC 4540, *Transformadores de medida. Transformadores combinados.* (IEC 60044-3)
- IEC 60044-5, *Instrument transformers. Part 5: Capacitor Voltage Transformers.*
- ANSI/IEEE 57.13, *IEEE Standard for instrument Transformers.*

## **6.3 SELECCIÓN DE MEDIDORES DE ENERGÍA**

Los medidores de energía se seleccionarán de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2; las características eléctricas de los medidores se indican en la Tabla 3.

## **6.4 SELECCIÓN DE TRANSFORMADORES DE MEDIDA**

### **6.4.1 Selección de transformadores de corriente**

#### **6.4.1.1 Corriente primaria nominal**

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 está

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:

$$0,8I_{pn} \leq I_{pc} \leq I_{pn} \times FC$$

en donde

- |          |   |  |
|----------|---|--|
| $I_{pc}$ | = | es la corriente a plena carga (véase el numeral 4.1.7) 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 t.c. (véase el numeral 4.4.6)   |

Las Tablas 4 y Tabla 5, a manera de ejemplo, definen la relación de transformación de los t.c. para mediciones semi-directas y para mediciones indirectas respectivamente. Estas tablas establecen la relación de transformación en función de la carga instalada y la tensión en el punto de conexión de los t.c.

Se permitirá la selección de un transformador de corriente donde  $I_{pc}$  esté por fuera del rango anteriormente establecido siempre y cuando se cuente con un informe de calibración expedido por un laboratorio acreditado que garantice la exactitud en dichos valores y la seguridad para los equipos asociados a este.

#### **6.4.1.2 Corriente secundaria nominal**

El valor normalizado de corriente secundaria nominal es 5 A. En casos especiales se permite la instalación de t.c. con corriente nominal secundaria de 1 A.



Tabla 2. Selección de los medidores de energía

Tipo de medición	Tipo de servicio	Capacidad instalada (CI) en kVA	Descripción del medidor <sup>1) 2)</sup>				
			Medidor	Energía <sup>3)</sup>	Clasificación <sup>4)</sup>	Clase <sup>5)</sup>	
						Electromecánico	Estático <sup>6)</sup>
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 <sup>10)</sup> 2
Indirecta	Trifásico trifilar	>112.5	Trifásico trifilar <sup>7)</sup> ó Trifásico tetrafilar <sup>8)</sup>	Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,5S 2
			Trifásico tetrafilar <sup>9)</sup>	Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,2S 2

**Tabla 2. (Final). Selección de los medidores de energía**

- 1) En la medición de energía eléctrica en plantas de generación y en puntos de conexión con tensiones superiores a 230 kV, se requiere la instalación de un medidor principal y uno de respaldo; ambos medidores (principal y de respaldo) deberán cumplir los criterios de selección indicados en la Tabla 1.
- 2) Para los casos definidos por el ente regulador, el medidor seleccionado podrá ser un Medidor Prepago.
- 3) Se debe instalar medidor de energía reactiva cuando la Capacidad Instalada (CI) sea mayor de 15 kVA, excepto para los casos que el ente regulador especifique.
- 4) Para toda instalación eléctrica con capacidad instalada (CI) mayor que 300 kVA el medidor debe ser multifunción con funciones adicionales. En el numeral 10 se definen los aspectos relacionados con la funcionalidad para la parametrización, en el numeral 11 los aspectos relacionados con los dispositivos de salida y en el numeral 12 los aspectos relacionados con el intercambio de datos.
- 5) Los índices de clase especificados corresponden a valores máximos; es decir, que se pueden instalar medidores con índices de clase de menor valor a lo exigido, por ejemplo, donde se especifica un índice de clase 2 se puede instalar un medidor Clase 1.
- 6) Para medición indirecta se debe seleccionar el menor índice de clase de exactitud normalizado para energía reactiva. En el momento de la publicación de esta norma el menor índice de clase normalizado para energía reactiva es 2.
- 7) Para puntos de conexión en el nivel de media tensión (MT) en las cuales el primario del transformador de potencia es una delta.
- 8) Para puntos de conexión con tensiones menores a 57,5 kV o transferencias promedio horarias durante los últimos seis meses menores a 20 MWh, para cualquier conexión del primario del transformador de potencia.
- 9) Para puntos de conexión con tensiones mayores a 57,5 kV o transferencias promedio horarias durante los últimos seis meses mayores a 20 MWh, para cualquier conexión del primario del transformador de potencia.
- 10) En medición semi-directa, Cuando la capacidad Instalada (CI) sea mayor de 112,5 kVA el medidor de energía activa debe ser Clase 0,5S.
- 11) Para la medición de energía se puede seleccionar Sistemas de Medición Centralizada.



**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5019 (Segunda actualización)**

**Tabla 3. Medidores de energía y sus características eléctricas**

Tipo de medición	Medidor de energía	Características del medidor										
		No. F	No. H	No. E	V <sub>r</sub> (V) <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> (Hz)	I <sub>b</sub> (A)		I <sub>n</sub> <sup>2)</sup> (A)	I <sub>máx</sub> <sup>3)</sup> (A)	CM (%)	
							Medidor Electromecánico	Medidor estático			Medidor electromecánico	Medidor estático
Directa	Activa, monofásico bifilar	1	2	1	120	60	≤ 15	≤ 10	-	≥ 60	≥ 400	≥ 600
	Activa, monofásico trifilar	1	3	1½	240							
	Activa, bifásico trifilar	2	3	2	2x120/208		≤ 30					
	Reactiva y/o activa, trifásico tetrafilar	3	4	3	3x120/208							
Semi-directa	Activa, monofásico trifilar	1	3	1½	240				5	≥ 6	-	-
	Activa y/o reactiva, trifásico trifilar	3	3	2	3x120		-	-				
	Activa y/o reactiva, trifásico tetrafilar	3	4	3	3x120/208							
Indirecta	Activa y/o reactiva, trifásico trifilar	3	3	2	3x120							
	Activa y/o reactiva, trifásico tetrafilar	3	4	3	3x69,2/120							
CONVENCIONES												
No. F	Número de fases	No. H	Número de hilos	No. E: Número de elementos	V <sub>r</sub>	Tensión de referencia						
F <sub>r</sub>	Frecuencia de referencia	I <sub>b</sub> :	Corriente básica	I <sub>n</sub> Corriente nominal	I <sub>máx</sub>	Corriente máxima						
CM	Cargabilidad del medidor											
<p>1) Las tensiones de referencia indicadas en la Tabla 2 corresponden a las requeridas para medidores a conectar en un sistema con tensiones entre líneas de 208 V o 240 V y tensiones línea a neutro de 120 V. En general la tensión de referencia del medidor debe corresponder a la tensión nominal del sistema eléctrico en el punto de conexión del medidor. También se permite la instalación de medidores multi-rango de tensión, siempre y cuando la tensión nominal del sistema eléctrico, en el punto de conexión del medidor esté dentro de los rangos de tensiones para los cuales se garantiza la exactitud del medidor.</p> <p>2) En casos especiales la corriente nominal puede ser de 1 A y en dicho caso la corriente máxima debe ser mayor o igual a 2 A.</p> <p>3) Para medición directa, la corriente máxima del medidor debe ser superior a la corriente a plena carga en el punto de conexión. Para las mediciones semi-directas e indirectas la corriente máxima del medidor debe ser mayor o igual al valor resultante de multiplicar la corriente nominal del t.c. por su factor de sobrecarga</p>												



**Tabla 4. Relación de transformación de t.c. para mediciones semi-directas**

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 t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c
28 A 43	100/5	30 A 45	100/5	60 A 91	100/5	19 A 28	100/5
44 A 65	150/5	46 A 68	150/5	92 A 137	150/5	29 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

**Tabla 5. Relación de transformación de t.c. para mediciones indirectas**

Circuitos a 11,4 kV		Circuitos a 13,2 kV		Circuitos a 34,5 kV	
Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c
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

NOTA Para las Tablas 4 y Tabla 5, los rangos de capacidad instalada han sido definidos considerando un Factor de Cargabilidad del t.c. del 120 %. Para el caso de rangos de carga no contemplados en la Tabla 4 (por ejemplo 119 kVA a 157 kVA para circuitos a 11,4 kV puede especificarse un t.c. con Factor de cargabilidad del 150 % o del 200 % según sea el valor de la carga, o utilizarse un t.c. de relación 7,5/5 A.

#### 6.4.1.3 Carga nominal

La carga nominal (*Burden*) del transformador de corriente debe seleccionarse de tal forma que la carga real del circuito secundario (incluyendo los cables de conexión del transformador al medidor) esté comprendido entre el 25 % y el 100 % de su valor.



Para las Clases 0,2S y 0,5S el error de corriente porcentual (relación) y el desplazamiento de fase en la frecuencia nominal no deben exceder los límites de error establecidos en la NTC 2205, cuando la carga secundaria es cualquier valor entre el 25 % y 100 % de la carga nominal.

Para transformadores de corriente de exactitud Clase 0,1; 0,2 y 0,2 S y con una carga nominal que no exceda 15 VA, se puede especificar un rango de carga extendida. El error de corriente porcentual (relación) y el desplazamiento de fase no deben exceder los límites de error establecidos en la NTC 2205, cuando la carga secundaria es cualquier valor entre 1 VA y 100 % de la carga nominal.

NOTA Para los transformadores de corriente con una corriente secundaria nominal de 1 A, se puede acordar un límite de rango inferior a 1 VA.

Se permitirá que la carga conectada al transformador de corriente sea inferior al 25 % de la carga nominal siempre y cuando se cuente con un informe de calibración de laboratorio que garantice la exactitud en dichos valores.

#### 6.4.1.4 Clase de exactitud

La clase de exactitud de los transformadores de corriente se debe seleccionar de acuerdo al nivel de tensión del punto de conexión en el sistema eléctrico y a la magnitud de la carga a la cual se desea efectuar medición de potencia y/o energía consumida, tal como se indica en la Tabla 6.

Tabla 6. Selección de transformadores de medida

Tipo de medición	Tipo de servicio	Nivel de tensión	Relación del t.c. (RTC) <sup>1)</sup>	Transformadores de medida		
				Tipo	Cantidad	Clase <sup>2)</sup>
Semi-directa	Monofásico trifilar o Trifásico tetrafilar	BT	RTC ≤ 400/5 A	t.c.	2 ó 3	0,5 ó 0,6
			RTC > 400/5 A			0,5S
Indirecta	Trifásico trifilar	MT (1 kV < V ≤ 30 kV)	RTC ≤ 15/5 A	t.c.	2 ó 3	0,5 ó 0,6
				t.t.		0,5S
			RTC > 15/5 A	t.c.		0,5 ó 0,6
				t.t.		0,5S
		MT (30 kV < V < 57,5 kV)	Para todas las RTC	t.c.	2 ó 3	0,5 ó 0,6
				t.t.		0,5S
		AT y EAT	Para todas las RTC	t.c.	3	0,2S
				t.t.		0,2 ó 0,3

1) La relación de transformación de los transformadores de corriente en función de la carga instalada y del nivel de tensión se especifica en las Tablas 4 y 5.

2) Las clases de exactitud normalizadas son:

0,2, 0,2S, 0,5 y 0,5S para transformadores de corriente fabricados bajo la NTC 2205 (IEC 60044-1)  
 0,2 y 0,5 para transformadores de tensión fabricados bajo la NTC 2207 (IEC 60044-2)  
 0,3 y 0,6 para transformadores fabricados bajo la norma ANSI / IEEE C57.13

Los índices de clase especificados corresponden a valores máximos; es decir, que se pueden instalar transformadores con índices de clase inferior a lo exigido, por ejemplo, donde se especifica un índice de Clase 0,5 se puede instalar un transformador Clase 0,5S ó Clase 0,2.



**6.4.1.5 Corriente térmica nominal de corta duración ( $I_{th}$ )**

La corriente térmica nominal de corta duración ( $I_{th}$ ) deberá seleccionarse de tal forma que:

$$I_{th} \geq I_{cc} \times t^{1/2}$$

en donde

$I_{cc}$         =        corriente máxima de cortocircuito en el punto del sistema donde va a ser conectado el transformador de corriente.

$t$             =        el tiempo de duración del cortocircuito en segundos

**6.4.1.6 Corriente dinámica nominal ( $I_{dyn}$ )**

La corriente dinámica nominal ( $I_{dyn}$ ) debe ser como mínimo 2,5 veces la corriente térmica nominal de corta duración ( $I_{th}$ ); es decir:

$$I_{dyn} \geq 2,5 I_{th}$$

**6.4.1.7 Niveles de aislamiento**

Los niveles de aislamiento para transformadores deben seleccionarse teniendo en cuenta que estos no sean inferiores a la tensión nominal primaria que establecen las tablas sobre niveles de aislamiento nominales según cada una de las normas de fabricación de los transformadores de medida correspondientes.

**6.4.2 Selección de transformadores de tensión**

Los criterios para la selección de los transformadores de tensión son las siguientes:

**6.4.2.1 Tensión primaria nominal**

La tensión primaria nominal de un transformador de tensión debe corresponder a la tensión nominal del sistema eléctrico al cual va a ser conectado.

En caso de que la tensión nominal del sistema sea inferior a la tensión primaria nominal del transformador de potencial seleccionado, se permitirá su instalación siempre y cuando se cuente con un informe de laboratorio que garantice la exactitud en la medida en estas condiciones.

**6.4.2.2 Tensión secundaria nominal**

La tensión secundaria nominal del transformador de tensión debe corresponder a los rangos de operación del medidor conectado a éste.

La tensión secundaria nominal normalizada es 120 V. Otras tensiones secundarias tales como 100 V, 110 V, y 115 V podrán ser utilizadas cuando se utilizan medidores multirango de tensión.

En los transformadores destinados a ser instalados entre fase y tierra en las redes trifásicas para las que la tensión primaria nominal es un número dividido por  $\sqrt{3}$ , la tensión secundaria nominal debe ser uno de los valores antes indicados divididos por  $\sqrt{3}$ .



#### **6.4.2.3 Relación de transformación**

La relación de transformación debe ser un número entero o en su defecto tener máximo un dígito decimal.

#### **6.4.2.4 Carga nominal**

La carga nominal (*Burden*) del transformador de potencial debe seleccionarse de tal forma que la carga real del circuito secundario (incluyendo los cables de conexión del transformador al medidor) esté comprendida entre el 25 % y el 100 % de su valor.

Se permitirá que la carga conectada al transformador de potencial sea inferior al 25 % de la carga nominal siempre y cuando se cuente con un informe de Laboratorio que garantice la exactitud en dichos valores.

Para transformadores de tensión de clase de exactitud 0,1 y 0,2 que tengan una carga nominal menor de 10 VA, puede ser especificado un rango extendido de carga. El error de tensión (relación) y de desplazamiento de fase no debe exceder los valores dados en la NTC 2207, cuando la carga secundaria es cualquier valor comprendido entre 0 VA y el 100 % de la carga nominal a factor de potencia igual a 1.

#### **6.4.2.5 Clase de exactitud**

La clase de exactitud de los transformadores de potencial debe seleccionarse de acuerdo al nivel de tensión del punto de conexión en el sistema eléctrico y a la magnitud de la carga a la cual se desea efectuar medición de potencia y/o energía consumida, tal como se indica en la Tabla 5.

#### **6.4.3 Transformadores combinados**

Cuando se utilizan transformadores combinados, aplican los criterios del numeral 6.4.1 para la selección del transformador de corriente y el numeral 6.4.2 para la selección del transformador de tensión. Adicionalmente, el transformador debe cumplir los requerimientos de la NTC 4540.

### **6.5 EQUIPOS AUXILIARES**

#### **6.5.1 Bloque de puebas**

El bloque de prueba debe ser usado en toda instalación que requiera medición semi-directa o medición indirecta, para garantizar la operación independiente de cada una de las señales provenientes de los transformadores de medida, así:

- cortocircuitando el secundario de cada transformador de corriente y
- abriendo las señales de tensión provenientes de cada una de las fases de la acometida en las mediciones semi-directas o del secundario de cada transformador de potencial en las mediciones indirectas, cuando se opera el elemento correspondiente.

El bloque de pruebas se selecciona de acuerdo al número de elementos de la medición. Para una medición de dos elementos se utiliza un bloque de pruebas de siete polos y para una medición de tres elementos se utiliza un bloque de pruebas de diez polos; también se permite utilizar bloques de pruebas de diez polos en mediciones de dos elementos.