

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



“Propuesta de normas para mediciones de electricidad en El Salvador”

PRESENTADO POR

ERICK ALEXANDER BLANCO GUILLÉN  
JORGE ALBERTO GARAY DÍAZ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2002

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA : Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL : Licda. Lidia Margarita Muñoz Vela

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO : Ing. Alvaro Antonio Aguilar Orantes

SECRETARIO : Ing. Saúl Alfonso Granados

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR : Ing. Alvaro Antonio Aguilar Orantes  
(Director en funciones)

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:  
INGENIERO ELECTRICISTA

Título :  
“Propuesta de normas para mediciones de electricidad en El Salvador”

Presentado por :  
ERICK ALEXANDER BLANCO GUILLÉN  
JORGE ALBERTO GARAY DÍAZ

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :  
ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ

San Salvador, Octubre 2002

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director:

Ing. José Roberto Ramos López

Trabajo dedicado a:

Principalmente a Dios, por haberme brindado entre muchas bendiciones, la vida y la oportunidad de estudiar y culminar con éxito una carrera universitaria.

A mis padres por darme la vida, y con ello, la oportunidad de desarrollarme como persona; principalmente a mi madre que ha estado conmigo durante toda mi formación académica, persona a la cual dedico este trabajo como una muestra de mi admiración y gratitud.

Erick Alexander Blanco Guillén

Trabajo dedicado a:

A Dios por que sin Él nada hubiese sido posible.

A mi padre por su guía y apoyo a lo largo de mi vida.

A mi madre por su ayuda en todo momento.

A Mirna por todo el apoyo que me ha brindado siempre.

A mis hermanos con cariño por toda la ayuda que me han dado.

A Elizabeth por su paciencia y apoyo que me ha dado.

Jorge Alberto Garay Díaz

## ”AGRADECIMIENTOS”

Principalmente al Ing. José Roberto Ramos López por orientarnos desde un principio en este trabajo, y habernos apoyado en todas nuestras dudas y consultas, ayudándonos de esa manera a culminar este trabajo.

A todos los docentes de la escuela de ingeniería eléctrica y de otras escuelas que de una u otra forma colaboraron con la realización de este trabajo.

A nuestros familiares, compañeros y amigos por las muestras de apoyo recibidas a lo largo de este trabajo.

## PREFACIO

### JUSTIFICACIÓN:

Al momento de escribir este documento, no existen en El Salvador Normas ad-hoc para la medición de electricidad. Además el proyecto de laboratorio de Metrología legal para magnitudes Eléctricas se encuentra casi en fase de inicio de operaciones. Las normas a ser desarrolladas en este trabajo de graduación deben documentar los procedimientos de calibración a ser empleados por dicho laboratorio. También deben establecerse las definiciones de magnitudes eléctricas. Por último las normas deben servir de base para la elaboración del reglamento para el funcionamiento del laboratorio.

### OBJETIVO GENERAL:

Establecimiento del sistema de normas nacionales salvadoreñas para la medición de electricidad.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Elaborar los documentos de normas nacionales salvadoreñas para mediciones eléctricas en lo concerniente a la metrología legal.
- Elaborar documentos de normas nacionales salvadoreñas para mediciones eléctricas en temas de apoyo a la metrología legal (por ejemplo: definiciones de potencia y energía, transformadores de medida, etc.)
- Elaborar documentos de prácticas recomendadas para la aplicación de las normas nacionales salvadoreñas para mediciones eléctricas.

### ALCANCE DESARROLLADO:

Se cumplió con el alcance planteado al inicio del trabajo ya que se elaboraron en formato físico (papel) y en formato electrónico (PDF), las Normas o protocolos que documenten los procedimientos a utilizarse en El Salvador para la calibración de medidores de electricidad usados para propósitos de facturación.

## **RESUMEN DEL TRABAJO**

Este trabajo de graduación es fundamentalmente un trabajo de investigación en lo que respecta a los temas relacionados con metrología eléctrica legal, entre los cuales se pueden mencionar los términos y procedimientos empleados en metrología, los aparatos y dispositivos utilizados en dichos procedimientos, algunos métodos para designación y clasificación de los medidores de electricidad sin dejar del lado sus características y tipos, las definiciones de las magnitudes eléctricas en las cuales se basan las mediciones y el tipo de infraestructura necesaria para llevar a cabo la forma correcta de realizar mediciones de electricidad.

El objeto de estudio del trabajo esencialmente es la norma ANSI C12.1 así como en una serie de normas que la complementan. Además de una serie de documentos que brindan información, en lo que se refiere a procedimientos de calibración de medidores y dispositivos; manuales de fabricantes y especificaciones comerciales de algunos aparatos.

En el contenido se profundizan los términos mencionados en el primer párrafo, comenzando por el establecimiento del alcance y las referencias que complementan la norma, seguido de una serie de definiciones las cuales son las que se emplean en todo el documento por lo cual son de suma importancia; a continuación se describe la forma correcta de hacer la conexión de los aparatos para hacer mediciones de potencia, energía y factor de potencia. Conociendo lo anterior, se procede a profundizar en lo que se refiere a patrones y equipo utilizado para llevar a cabo las tareas de calibración y las pruebas que se le deben realizar a los medidores. Luego se presentan los requisitos de instalación para los distintos aparatos y dispositivos utilizados en la medición de electricidad, finalizando con una descripción más amplia de los dispositivos auxiliares que se pueden encontrar en las instalaciones eléctricas.

La metodología y procedimientos empleados en este trabajo de investigación se basan principalmente en consultas hechas en publicaciones a las cuales hace referencia la norma ANSI C12.1 para complementar los conceptos, ideas y procedimientos descritos en la misma. Luego de hacer las consultas en estos documentos y al no tener una claridad total de algún término o procedimiento en particular, las consultas se dirigieron a personas profesionales de distintas áreas que dominaran aquellos términos para poderlos aclarar, entre estas áreas están ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, personal de laboratorio de metrología legal así como personas que su idioma nativo es el inglés. Para finalizar las consultas y haciendo uso de las facilidades que brinda la tecnología hicimos consultas a personas, instituciones relacionadas con el tema en varios países con el fin de aclarar los aspectos que por su naturaleza en el país no son muy conocidos.

Los resultados obtenidos son documentos en formato físico y en formato electrónico, que además de brindar una norma nacional salvadoreña para servir de base a un reglamento del laboratorio de metrología eléctrica legal, son una ayuda por medio de la cual todas las personas interesadas en conocer lo relacionado con la medición de electricidad desde un punto de vista legal podrán consultarla y entenderla mejor con la ayuda que se brinda en los anexos que la complementan para su mejor comprensión.

## “TABLA DE CONTENIDOS”

<b>Capítulo</b>	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
ALCANCE Y REFERENCIAS	
1.1 ALCANCE. . . . .	1
1.2 REFERENCIAS. . . . .	1
<b>CAPÍTULO II</b>	
DEFINICIONES. . . . .	4
<b>CAPÍTULO III</b>	
MEDICIÓN DE POTENCIA, ENERGÍA Y MAGNITUDES RELACIONADAS	
3.1 MEDICIÓN DE POTENCIA. . . . .	16
3.2 MEDICIÓN DE ENERGÍA. . . . .	18
3.3 MEDICIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA. . . . .	25
3.4 MEDICIÓN DE ENERGÍA REACTIVA. . . . .	26
<b>CAPÍTULO IV</b>	
PATRONES Y EQUIPO NORMALIZADO	
4.1 GENERALIDADES. . . . .	29
4.2 AUTORIDAD FINAL. . . . .	29
4.3 PATRONES DE TRABAJO. . . . .	31
4.4 ESTABLECIENDO UN PATRÓN DE REFERENCIA LOCAL DE ENERGÍA. . . . .	31
4.5 CONDICIONES DE LABORATORIO. . . . .	32
4.6 PATRONES DE REFERENCIA DEL LABORATORIO. . . . .	33
4.7 LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS. . . . .	37
4.8 INSTRUMENTOS DE TALLER. . . . .	38
4.9 REGISTROS DE DESEMPEÑO. . . . .	39
4.10 CONDICIONES ANORMALES. . . . .	39
4.11 ESPECIFICACIÓN DE INSTRUMENTO. . . . .	39
4.12 DESEMPEÑO ACEPTABLE DE VATIHORÍMETROS PATRONES. . . . .	39
4.13 REQUISITOS DE DESEMPEÑO PARA VATIHORÍMETROS PATRONES. . . . .	43

## CAPÍTULO V

### DESEMPEÑO ACEPTABLE DE NUEVOS TIPOS DE MEDIDORES ELÉCTRICOS, TRANSFORMADORES DE MEDIDA, Y EQUIPO ASOCIADO. . . . .

5.1 VATIHORÍMETROS. . . . .	49
5.2 MEDIDORES Y REGISTROS DE DEMANDA. . . . .	76
5.3 REGISTRADORES DE PULSO. . . . .	87
5.4 TRANSFORMADORES DE MEDIDA. . . . .	91
5.5 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN ACOPLADOS POR CAPACITOR. . . . .	94

## CAPÍTULO VI

### MÉTODOS DE PRUEBA

6.1 VATIHORÍMETROS. . . . .	96
6.2 MEDIDORES DE DEMANDA, REGISTROS DE DEMANDA Y REGISTRADORES DE PULSO. . . . .	103
6.3 REGISTROS DE TIEMPO DE USO (TOU). . . . .	109
6.4 TRANSFORMADORES DE MEDIDA. . . . .	111
6.5 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN ACOPLADOS POR CAPACITOR. . . . .	112

## CAPÍTULO VII

### REQUISITOS DE INSTALACIÓN

7.1 VATIHORÍMETROS. . . . .	114
7.2 MEDIDORES DE DEMANDA, REGISTROS DE DEMANDA, Y REGISTRADORES DE PULSO. . . . .	116
7.3 TRANSFORMADORES DE MEDIDA. . . . .	116

## CAPÍTULO VIII

### NORMAS PARA DESEMPEÑO EN SERVICIO

8.1 VATIHORÍMETROS. . . . .	120
8.2 MEDIDORES DE DEMANDA, REGISTROS DE DEMANDA, Y REGISTRADORES DE PULSO. . . . .	126
8.3 TRANSFORMADORES DE MEDIDA. . . . .	128
8.4 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN ACOPLADOS POR CAPACITOR. . . . .	129

## CAPÍTULO IX

### DISPOSITIVOS DE PULSO

9.1 GENERALIDADES. . . . .	131
9.2 TIPOS DE DISPOSITIVOS DE PULSO. . . . .	131
9.3 ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN. . . . .	132
9.4 SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PULSO PARA PRUEBAS DE APROBACIÓN. . . . .	133

9.5	CONDICIONES DE PRUEBA. . . . .	134
9.6	REGLAS QUE GOBIERNAN LA ACEPTACIÓN DE TIPOS. . . . .	134
9.7	REQUISITOS DE DESEMPEÑO. . . . .	134
9.8	INSTALACIÓN Y REQUISITOS EN SERVICIO. . . . .	135

**CAPÍTULO X**

**DISPOSITIVOS AUXILIARES PARA MEDIDORES DE ELECTRICIDAD**

10.1	GENERALIDADES. . . . .	137
10.2	TRANSFORMADORES DE DESPLAZAMIENTO DE FASE. . . . .	137
10.3	COMPENSADORES DE PÉRDIDA EN TRANSFORMADOR. . . . .	140
	<b>APÉNDICES. . . . .</b>	<b>147</b>

**“LISTA DE TABLAS”**

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
1 <a href="#">Tabla 4.13</a>	VATIHORÍMETROS PATRONES. . . . .	45
2 <a href="#">Tabla 5.1.8.3</a>	PRUEBA DE ARRASTRE. . . . .	55
3 <a href="#">Tabla 5.1.8.4</a>	PRUEBA DE CARGA DE ARRANQUE. . . . .	55
4 <a href="#">Tabla 5.1.8.5</a>	PRUEBA DE DESEMPEÑO DE CARGA. . . . .	55
5 <a href="#">Tabla 5.1.8.6.1</a>	EFECTO DE VARIACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN MEDIDORES DE ESTATOR SENCILLO. . . . .	56
6 <a href="#">Tabla 5.1.8.6.2</a>	EFECTO DE VARIACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA MEDIDORES DE DOS ESTADORES: DE RED, TRIFÁSICOS TRES HILOS, TRIFÁSICOS CUATRO HILOS EN DELTA Y BIFÁSICOS CINCO HILOS. . . . .	57
7 <a href="#">Tabla 5.1.8.6.3</a>	EFECTO DE VARIACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA MEDIDORES DE DOS ESTADORES TRIFÁSICOS CUATRO HILOS EN ESTRELLA. . . . .	58
8 <a href="#">Tabla 5.1.8.6.4</a>	EFECTO DE VARIACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA MEDIDORES DE TRES ESTADORES TRIFÁSICOS CUATRO HILOS EN ESTRELLA. . . . .	58
9 <a href="#">Tabla 5.1.8.7</a>	EFECTO DE VARIACIÓN DE TENSIÓN. . . . .	59
10 <a href="#">Tabla 5.1.8.8</a>	EFECTO DE VARIACIÓN DE FRECUENCIA. . . . .	59
11 <a href="#">Tabla 5.1.8.9.1</a>	IGUALDAD DE CIRCUITOS DE CORRIENTE PARA MEDIDORES DE ESTATOR SENCILLO. . . . .	60
12 <a href="#">Tabla 5.1.8.9.2 (1)</a>	IGUALDAD DE CIRCUITOS DE CORRIENTE PARA MEDIDORES DE ESTATOR MÚLTIPLE TENIENDO UNO O MÁS ESTADORES DE TRES HILOS. . . . .	61

13	<a href="#">Tabla 5.1.8.9.2 (2)</a>	IGUALDAD DE CIRCUITOS DE CORRIENTE PARA MEDIDORES DE ESTATOR MÚLTIPLE. . . . .	62
14	<a href="#">Tabla 5.1.8.10</a>	EFFECTO DE CAMPO MAGNÉTICO EXTERNO. . . . .	63
15	<a href="#">Tabla 5.1.8.11</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE. . . . .	64
16	<a href="#">Tabla 5.1.8.12.1</a>	EFFECTO DE SOBRECARGAS TEMPORALES EN LA EXACTITUD. . . . .	65
17	<a href="#">Tabla 5.1.8.14</a>	ESPECIFICACIONES DE LA PRUEBA DE INCREMENTO DE TEMPERATURA. . . . .	67
18	<a href="#">Tabla 5.1.8.16</a>	EFFECTO DE CALENTAMIENTO INTERNO. . . . .	72
19	<a href="#">Tabla 5.1.8.17</a>	EFFECTO DE INCLINACIÓN. . . . .	73
20	<a href="#">Tabla 5.1.8.18</a>	EFFECTO DE CORRIENTE DE IMPULSO EN EL CONDUCTOR ATERRIZADO. . . . .	74
21	<a href="#">Tabla 5.1.8.20.1</a>	PRUEBA PARA INDEPENDENCIA DE ESTADORES EN MEDIDORES DE DOS ESTADORES. . . . .	75
22	<a href="#">Tabla 5.1.8.20.2</a>	PRUEBA PARA INDEPENDENCIA DE ESTADORES EN MEDIDORES DE TRES ESTADORES. . . . .	76
23	<a href="#">Tabla 5.2.9.4</a>	DESEMPEÑO DE CARGA, MEDIDORES Y REGISTROS DE DEMANDA DE INTERVALO DE BLOQUE. . . . .	81
24	<a href="#">Tabla 5.2.9.5</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TENSIÓN, MEDIDORES Y REGISTROS DE DEMANDA DE INTERVALO DE BLOQUE. . . . .	81
25	<a href="#">Tabla 5.2.9.6</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE FRECUENCIA, MEDIDORES Y REGISTROS DE DEMANDA DE INTERVALO DE BLOQUE. . . . .	82

26	<a href="#">Tabla 5.2.9.7</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE, MEDIDORES Y REGISTROS DE DEMANDA DE INTERVALO DE BLOQUE. . . . .	82
27	<a href="#">Tabla 5.2.10.3</a>	DESEMPEÑO DE CARGA, MEDIDORES DE DEMANDA EN ATRASO. . . . .	83
28	<a href="#">Tabla 5.2.10.4</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE FACTOR DE POTENCIA, MEDIDORES DE DEMANDA EN ATRASO. . . . .	84
29	<a href="#">Tabla 5.2.10.5</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TENSIÓN, MEDIDORES DE DEMANDA EN ATRASO. . . . .	84
30	<a href="#">Tabla 5.2.10.6</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE FRECUENCIA MEDIDORES DE DEMANDA EN ATRASO. . . . .	85
31	<a href="#">Tabla 5.2.10.7</a>	IGUALDAD DE CIRCUITOS DE CIRCUITOS DE CORRIENTE, DEMANDA EN ATRASO. . . . .	85
32	<a href="#">Tabla 5.2.10.8</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE, DEMANDA EN ATRASO. . . . .	86
33	<a href="#">Tabla 5.2.11.1</a>	PRUEBA EN EL ELEMENTO TEMPORIZADOR DE LOS DISPOSITIVOS DE ARRASTRE DE LA CARTA. . . . .	86
34	<a href="#">Tabla 5.2.11.2</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TENSIÓN, DISPOSITIVOS DE ARRASTRE DE LA CARTA. . . . .	87
35	<a href="#">Tabla 5.2.11.3</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE, DISPOSITIVOS DE ARRASTRE DE LA CARTA. . . . .	87
36	<a href="#">Tabla 5.3.8.3</a>	DESEMPEÑO DE CARGA, REGISTRADORES DE PULSO. . . . .	90

37	<a href="#">Tabla 5.3.8.4</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TENSIÓN, REGISTRADORES DE PULSO. . . . .	90
38	<a href="#">Tabla 5.3.8.5</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE, REGISTRADORES DE PULSO. . . . .	91
39	<a href="#">Tabla 9.7.3</a>	PRUEBA DE DESEMPEÑO, DISPOSITIVOS DE PULSO. . . . .	135
40	<a href="#">Tabla 10.3.7.3</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE CORRIENTE, COMPENSADORES DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADOR. . . . .	142
41	<a href="#">Tabla 10.3.7.4</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE CARGA A FACTOR DE POTENCIA UNITARIO, COMPENSADORES DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADOR. . . . .	143
42	<a href="#">Tabla 10.3.7.5</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE CARGA A FACTOR DE POTENCIA EN ATRASO, COMPENSADORES DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADOR. . . . .	143
43	<a href="#">Tabla 10.3.7.6</a>	EFFECTO DE VARIACIÓN DE TENSIÓN, COMPENSADORES DE PÉRDIDAS EN TRANSFORMADOR. . . . .	144

## “LISTA DE FIGURAS”

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1 <a href="#">Figura 1</a>	DIMENSIONES PARA LAS BARRAS DE CONEXIÓN DE LA PRUEBA DE INCREMENTO DE TEMPERATURA DEL MEDIDOR SIMULADO PARA MEDIDORES MONOFÁSICOS Y POLIFÁSICOS ( VALOR ASIGNADO MÁXIMO 100 A) . . . . .	68
2 <a href="#">Figura 2</a>	DIMENSIONES PARA LAS BARRAS DE CONEXIÓN DE LA PRUEBA DE INCREMENTO DE TEMPERATURA DEL MEDIDOR SIMULADO PARA MEDIDORES MONOFÁSICOS Y POLIFÁSICOS ( VALOR ASIGNADO 101 – 200 A) . . . . .	69
3 <a href="#">Figura 3</a>	DIMENSIONES PARA LAS BARRAS DE CONEXIÓN DE LA PRUEBA DE INCREMENTO DE TEMPERATURA DEL MEDIDOR SIMULADO PARA MEDIDORES MONOFÁSICOS Y POLIFÁSICOS ( VALOR ASIGNADO 201 –320 A ) . . . . .	70

# CAPÍTULO I

## ALCANCE Y REFERENCIAS

**1.0 Introducción.** En este capítulo se hace mención de todos aquellos criterios y niveles aceptables de desempeño que son de suma importancia a la hora de probar, verificar y calibrar los nuevos tipos de medidores de electricidad, así como los dispositivos y aparatos auxiliares utilizados con propósitos de facturación; estableciendo además los procedimientos para lograr dichos criterios y niveles.

Además se presenta una serie de referencias que son un valioso complemento para detalles involucrados a lo largo de todos este trabajo de graduación.

**1.1 Alcance.** Este código establece criterios de desempeño aceptable para nuevos tipos de vatihorímetros de corriente alterna, medidores de demanda, registros de demanda, dispositivos de pulso, transformadores de medida y dispositivos auxiliares. Declara los niveles aceptables de desempeño en servicio para medidores y dispositivos utilizados en la medición con propósitos de facturación. Además incluye información en asuntos relacionados tales como, normas recomendadas para medición, requisitos de instalación, métodos de prueba, y agendas de prueba. Algunos de estos incisos también son aplicables a los vatihorímetros de corriente directa, y en el [Apéndice D](#) se brindan niveles aceptables de desempeño en servicio de tales medidores.

Este código para mediciones de electricidad está diseñado como una referencia para los interesados con el arte de la medición de electricidad, tales como distribuidoras, fabricantes y entes reguladores.

**1.2 Referencias.** Se usarán las siguientes publicaciones en relación con esta norma. Cuando se reemplacen por una revisión aceptada, la revisión aplicará:

[1] *ANSI C12.11-1987, American National Standard for Instrument Transformers for Revenue Metering, 10 kV BIL through 350 kV BIL (0.6 kV NSV through 69 kV NSV)*<sup>2</sup>.

[2] *ANSI C39.1-1981, American National Standard Requirements for Automatic Digital Voltmeters and Ratio Meters.*

---

<sup>2</sup> Publicaciones ANSI están disponibles en el Departamento de Ventas, *American National Standards Institute*, 1430 Broadway, New York, NY 10018.

[3] ANSI C39.6-1983, *American National Standard Requirements for Automatics Digital Voltmeters and ratio Meters.*

[4] ANSI/IEEE C57.13-1978 (R1986), *IEEE Standard Requirements for Instrument Transformers.*

[5] ANSI/IEEE Std 4-1978, *IEEE Standard Techniques for High Voltage Testing.*

[6] ANSI/IEEE Std 100-1988, *IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms.*

[7] ANSI/ISA-S82.01-1988, *Safety Standard for Electrical and Electronic Test, Measuring, Controlling and Related Equipment.*<sup>3</sup>

[8] ANSI/NEMA 250-1985, *Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum.)*<sup>4</sup>

[9] ANSI/NFPA 70-1987, *National Electrical Code.*<sup>5</sup>

[10] IEEE Std 1-1986, *IEEE Standard General Principles for Temperature Limits in the Rating of Electric Equipment and for the Evaluation of Electrical Insulation.*<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup> Publicaciones ISA están disponibles en *Instrument Society of America (ISA) Departamento de Normas, 67 Alexandria Drive, P.O. Box 12277, Research Triangle Park, NC 27709.*

<sup>4</sup> Publicaciones NEMA están disponibles en *National Electrical Manufacturers Association, 2110 L Street, NW, Washington, DC 20037.*

<sup>5</sup> Publicaciones NFPA están disponibles en Ventas de Publicaciones, *National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA 02269.*

<sup>6</sup> Publicaciones IEEE están disponibles en Departamento de Ventas, *IEEE Service Center, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854.*

## **CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO I**

- 1) Cuando se desean probar, calibrar o ajustar medidores para comprobar que en efecto cumplen con los niveles y criterios de desempeño normalizados, establecidos por autoridades, se deben seguir los procedimientos perfilados en normas que involucran todos los factores que de una u otra forma inciden en el desempeño de los medidores y conocer las posibles soluciones de manera que se minimicen tales efectos.
- 2) En la actualidad es necesario conocer que la medición de electricidad está evolucionando de hacerse de una manera empírica, a una en la cual, los instrumentos, aparatos, dispositivos y procedimientos están normalizados; es por tal motivo que documentos como éste, son de mucha importancia para actualizarse en los conceptos que rigen tales mediciones.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

International Electrotechnical Commission. IEC Multi-Lingual Dictionary of Electricity, Electronics, and Telecommunications. Estados Unidos de América. IEEE. 1992.

## CAPÍTULO II

### DEFINICIONES

**2.0 Introducción.** En la actualidad, para las personas interesadas en lo que se refiere a las mediciones de electricidad, es importante conocer definiciones relacionadas con términos y procedimientos de metrología, aparatos y dispositivos, métodos de designación y clasificación, características y tipos de medidores y registros, magnitudes eléctricas, constantes y desviaciones, métodos de verificación y prueba, así como la infraestructura relacionada con lo anterior, todas estas definiciones se presentan en el presente capítulo.

Las definiciones dadas aplican específicamente al tema tratado en este Proyecto de Norma Nacional. La mayoría de ellas están agrupadas por términos generales, tales como vatíhorímetros, y todas están numeradas para identificación.

Para definiciones adicionales, ver Norma *ANSI/IEEE 100-1988[6]*,<sup>7</sup> diccionario normalizado de términos eléctricos y electrónicos del *IEEE*.

**2.1 exactitud.** Grado al cual una medida dada concuerda con el valor definido.

**2.2 calibración.** Comparación de la indicación del instrumento bajo prueba, o registro del medidor bajo prueba, con un patrón apropiado.

**2.3 transformador de tensión acoplado con capacitor.** Transformador de tensión que consta de un capacitor divisor y una unidad electromagnética diseñada e interconectada de modo que la tensión en el secundario de las unidades electromagnéticas es sustancialmente proporcional a, y en fase con, la tensión del primario aplicado al capacitor divisor para todos los valores de cargas en el secundario dentro del valor asignado del transformador de tensión con acoplamiento capacitivo.

**2.4 designación de clase.** [Ver 2.90.](#)

**2.5 reloj operador de contactos.** [Ver 2.16.](#)

**2.6 arrastre.** [Ver 2.91.](#)

**2.7 diafonía.** Señales eléctricas no deseadas inyectadas en un circuito debido a pérdida de acoplamiento.

---

<sup>7</sup> Los números en corchetes corresponden a aquellos de las referencias listadas en 1.2.

**2.8 comparador de corriente.** Dispositivo por medio del cual el cociente de dos corrientes y el ángulo de fase entre ellas puede medirse precisamente.

Nota: Una forma común de comparador de corriente asume un equilibrio en amperio-vueltas producidas por corrientes en dos o más devanados en uno o más núcleos magnéticos.

**2.9 demanda.** Valor promedio de potencia o una magnitud relacionada sobre un intervalo de tiempo específico.

Nota: Demanda se expresa en kilovatios, kilovoltio-amperios, kilovars, u otras unidades convenientes.

**2.10 constante de demanda (receptor de pulso.)** Valor de la magnitud medida por cada pulso recibido, dividido entre el intervalo de demanda, expresado en kilovatios por pulso, kilovars por pulso u otras unidades convenientes.

**2.11 desviación de la demanda.** Diferencia entre la demanda indicada o registrada y la demanda real, expresada como un porcentaje del valor de plena escala del medidor o registro de demanda. Para registradores de pulso [ver 2.48](#).

**2.12 intervalo de demanda ( intervalo de bloque del medidor de demanda.)** Intervalo de tiempo especificado sobre el cual se basa una medida de demanda. [Ver también 2.20](#).

Nota: Comúnmente se especifican intervalos tales como 15,30, o 60 minutos.

**2.13 desviación del intervalo de demanda.** Diferencia entre el intervalo de demanda medido y el intervalo de demanda especificado, expresado como un porcentaje del intervalo de demanda especificado.

**2.14 demanda máxima.** Medida de demanda más alta sobre un período de tiempo seleccionado, por ejemplo 1 mes.

**2.15 medidor de demanda.** Dispositivo medidor que indica o registra la demanda, demanda máxima, o ambas.

Nota: Puesto que la demanda involucra tanto un factor eléctrico como un factor de tiempo, se requieren mecanismos sensibles a cada uno de estos factores, así como un mecanismo indicador o registrador. Estos mecanismos pueden estar ya sea, separados o estructuralmente combinados unos con otros.

**2.16 reloj operador de contactos del medidor de demanda.** Dispositivo diseñado para cerrar momentáneamente un circuito eléctrico de un medidor de demanda a intervalos periódicos.

**2.17 medidor de demanda indicador.** Medidor de demanda equipado con una salida de lectura que indica la demanda, demanda máxima, o ambas.

**2.18 medidor de demanda integrador ( intervalo de bloque).** Medidor que integra potencia o magnitud relacionada sobre un intervalo de tiempo establecido, e indica o registra el promedio.

**2.19 medidor de demanda en atraso.** Medidor que indica la demanda por medio de dispositivos mecánicos o térmicos teniendo aproximadamente una respuesta exponencial.

**2.20 característica de tiempo del medidor de demanda (medidor de demanda en atraso.)** Tiempo nominal requerido por el 90% de la indicación final, con carga constante aplicada súbitamente.

Nota: La característica de tiempo de medidores de demanda en atraso describe la respuesta exponencial del medidor a la carga aplicada. La respuesta a la carga del medidor de demanda en atraso es continua e independiente de los intervalos de tiempo discreto seleccionados.

**2.21 desviación de temporización del medidor de demanda.** Diferencia entre el tiempo transcurrido indicado por el elemento temporizador y el verdadero tiempo transcurrido, expresado como un porcentaje del verdadero tiempo transcurrido.

**2.22 registro de demanda.** Mecanismo para usar con un medidor integrador de electricidad, que indica la demanda máxima y también registra energía eléctrica (u otra magnitud integrada).

**2.23 registro de demanda, acumulativo.** Registro que indica la suma de las lecturas previas de demanda máxima antes de un reajuste. Cuando se restablece, la lectura presente se suma a las lecturas previas acumuladas. La demanda máxima para el período actual de lectura es la diferencia entre las lecturas presente y la previa.

**2.24 registro de demanda tipo aguja múltiple.** Registro indicador de demanda del cual se obtiene la demanda observando la posición relativa de las agujas múltiples con respecto a sus marcas de escala. Las agujas múltiples son reajustables a cero.

**2.25 registro de demanda tipo aguja simple.** Registro indicador de demanda del cual se obtiene la demanda observando la posición relativa de una aguja con respecto a las marcas en la escala. La aguja simple es reajutable a cero.

**2.26 medidor de electricidad.** Dispositivo que mide y registra la integral de una magnitud eléctrica con respecto al tiempo.

**2.27 energía.** La integral de la potencia activa con respecto al tiempo.

**2.28 inspección de instalación del medidor.** Inspección del medidor, dispositivos auxiliares, conexiones eléctricas, y condiciones circundantes, con el propósito de descubrir defectos mecánicos o condiciones que probablemente sean en detrimento de la exactitud de la instalación. Tal inspección puede o no, incluir una determinación aproximada del porcentaje de registro del medidor.

**2.29 clase de exactitud del transformador de medida.** Límites del factor de corrección del transformador, en términos del porcentaje de error, que se han establecido para cubrir los rangos específicos de desempeño para condiciones de factor de potencia de línea entre 1.0 y 0.6 en atraso.

**2.30 transformador de medida – valor asignado de exactitud para medición.** Clase de exactitud, junto con una carga patrón para la cual la clase de exactitud aplica.

**2.31 laboratorio de medidor.** Laboratorio responsable de mantener patrones de referencia y asignar valores a los patrones de trabajo utilizados para la comprobación de medidores de electricidad y dispositivos auxiliares.

**2.32 laboratorio independiente de patrones.** Laboratorio de patrones sostenido por, y responsable de, una compañía o autoridad que no está bajo el mismo control administrativo de los laboratorios o compañías que someten sus instrumentos para calibración.

**2.33 demanda máxima.** [Ver 2.14.](#)

**2.34 medidor.** [Ver 2.15, 2.26, 2.86.](#)

**2.35 laboratorio de medidor.** [Ver 2.31.](#)

**2.36 taller de medidor.** [Ver 2.66.](#)

**2.37 porcentaje de registro.** [Ver 2.101.](#)

**2.38 transformador de desplazamiento de fase.** Montaje de uno o más transformadores destinados para conectarse a través de las fases de un circuito polifásico para suministrar tensión en las relaciones correctas de fase para energizar vármetros, varhorímetros, u otro equipo de medición. Este tipo de transformador algunas veces es referido como un transformador de puesta en fase.

**2.39. fasor.** Número complejo, asociado con una magnitud eléctrica variando senoidalmente, tal que el valor absoluto (o módulo) del número complejo corresponde ya sea a la amplitud pico o valor eficaz de la magnitud, y la fase (argumento) al ángulo de fase en tiempo cero. Por añadidura, el término "fasor" puede aplicarse también a la impedancia y magnitudes complejas relacionadas que no dependan del tiempo.

**2.40. potencia activa.** Promedio en el tiempo de la potencia instantánea sobre un período de la onda.

Nota: Para magnitudes senoidales en circuito de dos hilos, ésta es el producto de la tensión, la corriente y el coseno del ángulo de fase entre ellos. Para magnitudes no senoidales, ésta es la suma de todas las componentes armónicas, cada una determinada por el producto mencionado arriba. En un circuito polifásico, ésta es la suma de las potencias activas de las fases individuales.

**2.41 potencia aparente.** Para magnitudes senoidales ya sea en circuitos monofásicos o circuitos polifásicos, la potencia aparente es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la potencia activa y reactiva.

Nota: En general, esto no es cierto para magnitudes no senoidales.

**2.42 potencia reactiva.** Para magnitudes senoidales en un circuito de dos hilos, la potencia reactiva es el producto de la tensión, la corriente, y el seno del ángulo de fase entre ellos. Para magnitudes no senoidales, ésta es la suma de todas las componentes armónicas, cada una determinada como el producto mencionado arriba. En un circuito polifásico, es la suma de las potencias reactivas de las fases individuales.

**2.43 factor de potencia.** Es el cociente entre la potencia activa y la potencia aparente.

**2.44 precisión.** Repetibilidad de medición de datos, usualmente expresada en términos de desviación estándar.

**2.45 pulso.** Onda que parte desde un nivel inicial con una duración limitada de tiempo y finalmente retorna al nivel original.

Nota: En medición de demanda, el término "pulso" también se aplica a un cambio súbito de tensión o corriente producido, por ejemplo, por el cierre o apertura de un contacto.

**2.46 amplificador de pulso o relé.** Dispositivo utilizado para cambiar la amplitud o forma de onda de un pulso para retransmisión a otro dispositivo de pulso.

**2.47 capacidad de pulso.** Número de pulsos por intervalo de demanda que un receptor de pulso puede aceptar y registrar sin pérdida.

**2.48 desviación del conteo de pulso.** Diferencia entre el número de pulsos registrados y el número de pulsos suministrados a la entrada de los terminales de un registrador de pulso (conteo verdadero), expresado como un porcentaje del conteo verdadero. La desviación del conteo de pulso es aplicable a cada canal de datos de un registrador de pulso.

**2.49 dispositivo de pulso (para medición de electricidad.)** Unidad funcional para iniciar, transmitir, retransmitir, o recibir pulsos eléctricos, representando magnitudes finitas, como energía, normalmente transmitida de alguna forma desde un medidor de electricidad a una unidad receptora.

**2.50 iniciador de pulso.** Cualquier dispositivo, mecánico o eléctrico, utilizado con un medidor para iniciar pulsos, el número de los cuales es proporcional a la magnitud que se está midiendo. Éste puede incluir un amplificador externo o relé auxiliar o ambos.

**2.51 índice de acoplamiento del iniciador de pulso.** Número de revoluciones del eje del iniciador de pulso por cada pulso de salida.

**2.52 índice de engranaje del iniciador de pulso.** Cociente entre las revoluciones del rotor del medidor y las revoluciones del eje del iniciador de pulso.

**2.53 constante de salida del iniciador de pulso.** Valor de la magnitud medida para cada pulso saliente de un iniciador de pulso, expresado en kilovatio-horas por pulso, kilovar-horas por pulso u otras unidades convenientes.

**2.54 índice de salida del iniciador de pulso.** Número de revoluciones del rotor del medidor por pulso de salida del iniciador de pulso.

**2.55 índice del iniciador de pulso.** Cociente de las revoluciones del primer engranaje del iniciador de pulso y las revoluciones del eje del iniciador de pulso.

**2.56 reducción de eje en iniciador de pulso.** Cociente entre las revoluciones del rotor del medidor y las revoluciones del primer engranaje del iniciador de pulso.

**2.57 velocidad máxima de pulso.** Número de pulsos por segundo, por medio del cual se valora nominalmente un dispositivo de pulso.

**2.58 receptor de pulsos.** Unidad que recibe y registra los pulsos. Puede incluir un mecanismo de reajuste periódico, de modo que pueda obtenerse una lectura proporcional a la demanda.

**2.59 registrador de pulso.** Dispositivo que recibe y registra pulsos sobre un intervalo de demanda dado.

Nota : Éste puede registrar pulsos en una forma traducible sobre una cinta magnética, cinta de papel u otro medio apropiado.

**2.60 canal del registrador de pulso.** Medio de transportar información. Consiste de una entrada individual, salida, y circuitos eléctricos intermedios requeridos para registrar datos de pulso en el medio registrador.

**2.61 relé totalizador de pulso.** Dispositivo utilizado para recibir y totalizar pulsos desde dos o más fuentes para transmisión proporcional a otro relé totalizador o a un receptor.

**2.62 medidor de Q-horas.** Medidor de electricidad que mide efectivamente la magnitud obtenida atrasando  $60^\circ$  la tensión aplicada a un vatímetro. Esta magnitud es una de las magnitudes usadas en el cálculo de energía reactiva (var-horas).

**2.63 energía reactiva.** La integral de la potencia reactiva con respecto al tiempo.

**2.64 registro.** [Ver 2.101.](#)

**2.65 tiempo de respuesta (medidor de demanda en atraso).** [Ver 2.20.](#)

**2.66 taller de medidor.** Lugar donde los medidores son inspeccionados, reparados, probados, y ajustados.

**2.67 patrones básicos de referencia.** Patrones con los cuales los valores de las unidades eléctricas se sustentan en el laboratorio, y que sirven como punto de inicio de la cadena de medición secuencial llevada a cabo en el laboratorio.

**2.68 patrones de transferencia corriente directa-corriente alterna.** Instrumentos utilizados para establecer la igualdad de una tensión o corriente eficaz (o el valor promedio de potencia alterna) con la correspondiente magnitud de corriente directa de estado estable.

**2.69 patrones de referencia de laboratorio.** Patrones que son utilizados para asignar y verificar los valores de patrones de laboratorios secundarios.

**2.70 patrones secundarios de laboratorio.** Patrones que son utilizados en las tareas de rutina de calibración del laboratorio.

**2.71 patrones nacionales.** Patrones reconocidos por una decisión nacional para servir, en un país, como base para asignar valores a otros patrones de esa magnitud específica.

**2.72 patrones transportables.** Patrones del mismo valor nominal que los patrones básicos de referencia de un laboratorio ( y preferiblemente de igual calidad) que son regularmente intercomparados con el grupo básico pero reservados para pruebas periódicas de comparación entre laboratorios para verificar la estabilidad del grupo básico de referencia.

**2.73 prueba de aceptación.** Prueba para demostrar el grado de conformidad de un dispositivo con el requisito del comprador.

**2.74 amperios de prueba.** [Ver 2.114.](#)

**2.75 prueba de aprobación.** Prueba de uno o más medidores u otros ítems, bajo varias condiciones controladas para determinar las características de desempeño del tipo del cual ellos son una muestra.

**2.76 corriente de prueba.** [Ver 2.114.](#)

**2.77 prueba en servicio.** Prueba hecha durante el período en que el medidor está en servicio. Puede hacerse en el local del cliente sin remover el medidor de su montaje, o removiendo el medidor para prueba ya sea en el local o en un laboratorio o taller de medidor.

**2.78 prueba arbitral.** Prueba hecha por o en la presencia de uno o más representantes de un ente regulador u otra agencia imparcial.

**2.79 solicitud de prueba.** Prueba hecha por solicitud de un cliente.

**2.80 característica de tiempo (medidor de demanda en atraso).** [Ver 2.20.](#)

**2.81 transductor.** Dispositivo para recibir energía de un sistema y proporcionar energía (ya sea de la misma o diferente clase) a otro sistema de tal manera que las características deseadas de energía de entrada aparezcan en la salida.

**2.82 compensador de pérdidas en transformador.** Red eléctrica pasiva que agrega o sustrae del registro del medidor para compensar pérdidas predeterminadas de hierro y cobre de transformadores y líneas de transmisión.

**2.83 varhorímetro.** Medidor de electricidad que mide y registra la integral, con respecto al tiempo, de la potencia reactiva del circuito en el cual está conectado. La unidad en la cual se mide esta integral usualmente es el kilovar-hora.

**2.84 constante var-hora.** El registro, expresado en var-horas, correspondiente a una revolución del rotor.

**2.85 pruebas de resistencia a la tensión.** Pruebas hechas para determinar la capacidad de materiales y espacios aislantes para resistir sobre tensiones especificadas por un tiempo específico sin propagación súbita de una llama o perforación.

**2.86 vatihorímetro.** Medidor de electricidad que mide y registra la integral, con respecto al tiempo, de la potencia activa del circuito en el cual está conectado. Esta integral de potencia es la energía entregada al circuito durante el intervalo sobre el cual se extiende la integración, y la unidad en la cual se mide usualmente es el kilovatio-hora.

**2.87 ajuste del vatihorímetro.** Ajuste de los controles internos para traer el porcentaje de registro del medidor dentro de límites especificados.

**2.88 rango básico de corriente del vatihorímetro.** El rango de corriente de un vatihorímetro multirango patrón, designado por el fabricante para el ajuste del medidor (normalmente el rango de 5 A.)

**2.89 rango básico de tensión del vatihorímetro.** El rango de tensión de un vatihorímetro multirango patrón, designado por el fabricante para el ajuste del medidor (normalmente el rango de 120 V.)

**2.90 designación de clase del vatihorímetro.** El máximo del rango de carga en amperios. [Ver 2.98.](#)

**2.91 arrastre del vatihorímetro.** Movimiento continuo del rotor de un medidor con tensión normal de operación aplicada y los terminales de la carga en circuito abierto.

**2.92 forma de designación del vatihorímetro.** Designación alfanumérica denotando la distribución del circuito para el cual el medidor es aplicable y su distribución específica de terminales. La misma designación se aplica a medidores equivalentes de todos los fabricantes.

**2.93 índice de engranaje de un vatihorímetro.** Número de revoluciones del rotor por una revolución de la primera aguja del dial, comúnmente denotado por el símbolo  $R_g$ .

**2.94 carga elevada para vatihorímetro.** [Ver 2.114.](#)

**2.95 vatihorímetro de inducción.** Medidor tipo motor en el cual las corrientes inducidas en el rotor interactúan con el campo magnético para producir el torque de operación.

**2.96 carga leve para vatihorímetro.** Corriente a la cual el medidor se ajusta para traer su respuesta cercana al límite más bajo del rango de carga al valor deseado. Éste es usualmente 10% de la corriente de prueba para un medidor para propósitos de facturación y 25% para un medidor patrón.

**2.97 corriente de carga para el vatihorímetro.** Ver 2.114.

**2.98 rango de carga para el vatihorímetro.** El rango máximo en amperios para el cual el medidor está diseñado para operar continuamente con una exactitud específica bajo condiciones especificadas.

**2.99 tipo de motor para vatihorímetro.** Motor en el cual la velocidad del rotor es proporcional a la potencia, con un dispositivo de lectura que cuenta las revoluciones del rotor.

**2.100 porcentaje de error del vatihorímetro.** Diferencia entre su porcentaje de registro y 100%. Un medidor cuyo porcentaje de registro es 95% se dice que es 5% lento, o su error es -5%. Un medidor cuyo porcentaje de registro es 105% es 5% rápido, o su error es +5%.

**2.101 porcentaje de registro del vatihorímetro.** El porcentaje de registro de un medidor es el cociente del registro actual del medidor entre el verdadero valor de la magnitud medida en un tiempo dado, expresado como un porcentaje.

**2.102 vatihorímetro patrón portátil.** Medidor portátil, principalmente utilizado como patrón para probar otros medidores. Usualmente está provisto con varios rangos de tensión y corriente y con una salida indicando revoluciones y fracciones de una revolución del rotor.

Nota: Los patrones portátiles electrónicos que no utilizan un rotor pueden tener una salida indicando revoluciones y fracciones de revoluciones equivalentes u otras unidades, tales como porcentaje de registro.

**2.103 corriente asignada del vatihorímetro.** Corriente de placa para cada rango de un vatihorímetro patrón.

Nota: El ajuste principal del medidor se hace ordinariamente con corriente asignada sobre el rango básico de corriente.

**2.104 tensión asignada del vatihorímetro.** Tensión de placa para un medidor o para cada rango de un vatihorímetro patrón.

Nota: El ajuste principal del medidor patrón se hace ordinariamente con la tensión asignada sobre el rango básico de tensión.

**2.105 desempeño de referencia del vatihorímetro.** Desempeño en condiciones de referencia especificadas para cada prueba, usadas como una base para la comparación con desempeños bajo otras condiciones de prueba.

**2.106 vatihorímetro patrón de referencia.** Medidor utilizado para mantener la unidad de energía eléctrica. Usualmente diseñado y operado para obtener la más alta exactitud y estabilidad en ambiente de laboratorio controlado.

**2.107 registro del vatihorímetro.** Parte del medidor que registra las revoluciones del rotor, o el número de pulsos recibidos de, o transmitidos a, un medidor, en términos de unidades de energía eléctrica u otra magnitud medida.

**2.108 constante de registro del vatihorímetro.** Multiplicador utilizado para convertir la lectura del registro a kilovatio-horas (u otras unidades convenientes.)

Nota: Esta constante, comúnmente denotada por el símbolo,  $K_r$ , toma en consideración la constante vatío-hora, índice de engranaje, y relaciones de transformadores de medida.

**2.109 índice de registro del vatihorímetro.** Número de revoluciones del primer engranaje del registro, por una revolución de la primera aguja del dial.

Nota: Esto es comúnmente denotado por el símbolo,  $R_r$ .

**2.110 registro del vatihorímetro.** Registro de un medidor es la cantidad aparente de energía eléctrica (u otra magnitud siendo medida) que ha pasado a través del medidor, como se muestra por el registro de lectura. Es igual al producto del registro de lectura por la constante de registro. El registro durante un período dado es igual al producto de la constante del registro por la diferencia entre el registro de lectura en el comienzo y final del período.

**2.111 rotor del vatihorímetro.** Parte del medidor que se maneja directamente por acción electromagnética.

**2.112 vatihorímetro patrón.** Ver 2.102 y 2.106.

**2.113 estator del vatihorímetro.** Conjunto de un vatihorímetro de inducción, el cual consiste de un circuito de tensión, uno o más circuitos de corriente, y un circuito magnético combinado organizado de tal manera que su efecto de acoplamiento, cuando se energiza, es ejercer un torque de operación sobre el rotor por la reacción con corrientes inducidas en disco conductor común o individual.

**2.114 corriente de prueba del vatihorímetro.** Corriente especificada por el fabricante para el ajuste principal del medidor (ajuste para carga elevada o a plena carga.) Ver 8.1.3.2.

NOTAS: (1) Ha sido identificado como "TA" en medidores para facturación fabricados desde 1960.

(2) El ajuste principal de un medidor utilizado con un transformador de intensidad se puede hacer ya sea con la corriente de prueba o con la corriente secundaria asignada del transformador.

**2.115 vatihorímetro de dos velocidades.** Medidor teniendo dos grupos de diales de registros con un cambio en la configuración tal que la integración de la magnitud será registrada en un grupo de escalas durante un tiempo especificado cada día y en el otro grupo de escalas para el tiempo restante.

**2.116 constante vatio-hora del vatihorímetro.** Registro, expresado en vatio-horas correspondiente a una revolución del rotor.

Nota: Comúnmente denotada por el símbolo  $K_h$ . Cuando un medidor se utiliza con transformadores de medida, la constante vatio-hora se expresa en términos de vatio-hora primarios. Para una prueba en el secundario de tal medidor, la constante es la constante vatio-hora primaria dividida por el producto de las relaciones nominales de transformación.

**2.117 porcentaje de distorsión de forma de onda.** Cociente del valor eficaz del contenido armónico (excluyendo la fundamental) entre el valor eficaz de la magnitud senoidal, expresada como un porcentaje.

## **CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO II**

- 1) Existe una serie de términos de vital importancia para toda aquella persona que esté de una manera u otra involucrada en el ramo de la medición de electricidad, términos que necesitan conocerse y además dominarse para comprender literatura de instituciones de prestigio en el ámbito mundial, que garantiza uniformidad en todo su contenido con el propósito de encaminarse hacia la metrología desde un punto de vista legal.
- 2) Las definiciones de las magnitudes eléctricas, sirven como punto de partida para comprender el comportamiento de las señales involucradas en la medición de energía, trabajando a distintas condiciones de operación.
- 3) Es importante conocer las definiciones de los aparatos y dispositivos para poder utilizarlo de la mejor manera a la hora de medir una magnitud eléctrica en particular.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Vocabulario Internacional de Términos Básicos y Generales de Metrología. 1987. Patrones de Medición. Giacomo, Pierre.

## CAPÍTULO III

### MEDICIÓN DE POTENCIA, ENERGÍA Y MAGNITUDES RELACIONADAS

**3.0 Introducción.** En la mayoría de instalaciones eléctricas existen una variedad de magnitudes que se desean medir con el propósito de estudiar el comportamiento del sistema en lo que se refiere a las cargas conectadas al mismo; es por tal motivo que este capítulo presenta los métodos básicos de conexión de aparatos y dispositivos eléctricos utilizados para medición de potencia, energía, factor de potencia y energía reactiva; tomando en cuenta muchas veces no sólo criterios técnicos sino también consideraciones económicas que al final brindan resultados aceptables con un menor costo económico.

#### 3.1 Medición de Potencia.

**3.1.1 Introducción.** El crecimiento en el uso de la potencia y energía eléctrica han hecho necesario la adopción de sistemas de transmisión y distribución polifásicos de corriente alterna. Este sistema es un circuito o red a la cual se aplican dos o más tensiones de la misma frecuencia pero desplazadas en fase por una cantidad relativa, establecida entre una y otra. Los circuitos individuales que constituyen la red polifásica son llamados fases. La medición correcta de potencia, energía, y magnitudes relacionadas en circuitos polifásicos requiere selección y aplicación conveniente de medidores y elementos de medición.

No es la intención de este proyecto de norma nacional presentar un control completo de todos los métodos de medición de potencia y energía. El material contenido aquí pretende cubrir los métodos básicos de medición de potencia, energía y magnitudes relacionadas realizados para una práctica comercial aceptable.

**3.1.2 Teorema de Blondel.** En cualquier sistema de  $N$  hilos la potencia verdadera puede medirse conectando un vatímetro en cada línea excepto en una ( $N-1$  vatímetros), la bobina de corriente está en serie con la línea y la bobina de tensión se conecta entre esa línea y la línea que no tiene bobina de corriente. La potencia total para cualquier condición de carga es la suma algebraica de las lecturas de todos los vatímetros conectados, siempre que una conexión de neutro aterrizado para la carga o fuente se mantenga equivalente al agregar otro hilo.

Todos los métodos de medición de potencia o energía discutidos en el resto del Capítulo III constituyen aplicaciones del teorema de Blondel con las limitaciones anteriores.

### **3.1.3 Circuitos de Corriente Directa.**

**3.1.3.1 Circuitos de Corriente Directa de Dos Hilos.** La potencia total en un circuito de corriente directa de dos hilos puede medirse por medio de un vatímetro. En circuitos aterrizados, la bobina de corriente del vatímetro debe conectarse en el lado no aterrizado del circuito. Generalmente es preferible conectar la bobina de tensión a través de los terminales del circuito receptor y, si se desea gran exactitud, la lectura del vatímetro puede corregirse tomando en cuenta las pérdidas en sus bobinas de tensión. Si lo que se desea es minimizar cualquier posible efecto de campos vagabundos, podría utilizarse la media de lecturas invertidas.

**3.1.3.2 Circuitos de Corriente Directa de Tres Hilos.** La potencia total en un circuito de corriente directa de tres hilos puede medirse por dos vatímetros, las bobinas de corriente se conectan una en cada uno de los hilos externos y los cables de tensión de cada vatímetro se conectan entre el hilo de su bobina de corriente, preferiblemente en el lado del circuito receptor, y el tercer hilo, común o neutro.

**3.1.3.3 Método del Voltímetro y Amperímetro.** En circuitos de corriente directa pueden utilizarse un amperímetro y un voltímetro en lugar de un vatímetro. El producto de sus lecturas es la potencia total en el circuito receptor en el cual los instrumentos están conectados, bajo condiciones de estado estable.

### **3.1.4. Circuitos de Corriente Alterna Monofásicos.**

**3.1.4.1. Circuitos Monofásicos de Dos Hilos.** La potencia total en un circuito monofásico de dos hilos puede medirse por medio de un vatímetro conectado como en 3.1.3.1 excepto que la media de las lecturas invertidas no es necesaria.

**3.1.4.2. Circuitos Monofásicos de Tres Hilos.** La potencia total en un circuito monofásico de tres hilos puede medirse por medio de dos vatímetros conectados como en 3.1.3.2.

### **3.1.5 Circuitos Bifásicos.**

**3.1.5.1. Circuitos Bifásicos de Tres Hilos.** La potencia en un circuito bifásico de tres hilos puede medirse por medio de dos vatímetros, las bobinas de corriente se conectan una en cada uno de los conductores de fase y la bobina de tensión de cada vatímetro se conecta entre el conductor que tiene su bobina de corriente y el retorno común. Este método es correcto para todas las condiciones de carga.

**3.1.5.2. Circuitos Bifásicos de Cuatro Hilos.** La potencia en un circuito bifásico de cuatro hilos puede medirse por medio de dos vatímetros, cada uno de los cuales se conecta en cada una de las dos fases como en 3.1.4.1. Este método es correcto para todas las condiciones de carga, siempre que el punto central de las dos fases no este interconectado o aterrizado.

**3.1.5.3. Circuitos Bifásicos de Cinco Hilos.** La potencia en un circuito bifásico de cinco hilos puede medirse por medio de cuatro vatímetros, cada uno teniendo sus bobinas de corriente conectadas una en cada uno de los conductores de fase y las bobinas de tensión conectadas entre el correspondiente conductor de fase y el conductor común, o el neutro. Este método es correcto para todas las condiciones de carga.

**3.1.5.4. Circuitos Bifásicos Balanceados.** La potencia en un circuito bifásico balanceado de tres o cuatro hilos puede medirse mediante la conexión de un vatímetro en una fase, como en 3.1.4.1, y multiplicando su lectura por dos.

### **3.1.6. Circuitos Trifásicos.**

**3.1.6.1. Método de los Tres Vatímetros.** Si las tres cargas están accesibles como cargas monofásicas de dos hilos, la potencia total puede medirse como la suma de las lecturas de los tres vatímetros, cada uno conectado a una de las tres cargas como se describió en 3.1.4.1. Este método es correcto para todas las condiciones de carga. Este método es también correcto para circuitos trifásicos de **cuatro hilos**, excepto que la bobina de tensión de cada vatímetro se conecta entre el conductor de línea en el cual su bobina de corriente está conectada y el conductor común, o el neutro.

**3.1.6.2. Método de los Dos Vatímetros.** La potencia total en un circuito trifásico de tres hilos puede medirse por medio de dos vatímetros, teniendo las bobinas de corriente conectadas una en cada uno de dos de los conductores de línea y las bobinas de tensión conectadas entre el conductor de línea en el cual su bobina de corriente está conectada y el tercer conductor de línea. La suma algebraica de las lecturas de los dos vatímetros indica la potencia total proporcionada a cualquier tipo de carga en los tres conductores. Este método es correcto para cualquier carga balanceada o desbalanceada y para cualquier factor de potencia, pero no es aplicable a circuitos trifásicos de cuatro hilos.

**3.1.6.3. Circuitos Trifásicos Balanceados.** La potencia en un circuito trifásico en estrella de tres o cuatro hilos balanceado, puede medirse por medio de un vatímetro conectando su bobina de corriente en un conductor de fase y su bobina de tensión entre ese conductor y el neutro, real o artificial, y multiplicando sus lecturas por tres.

## **3.2 Medición de Energía.**

**3.2.1 Consideraciones Básicas.** En general, la energía eléctrica se mide de la misma manera que la potencia eléctrica, pero reemplazando un vatímetro integrador en lugar de un vatímetro. Sin embargo bajo ciertas circunstancias, por razones económicas, se permiten divergencias leves del teorema de Blondel, dependiendo del grado de desbalance entre dos o más de las tensiones en un circuito de tensión múltiple. Debe tenerse cuidado en lo concerniente al grado con el cual esas condiciones se encuentran en cualquier caso específico, a fin de garantizar que la exactitud de la medición se encuentra dentro de la práctica de medición aceptable. Un límite aceptable de la medición de exactitud o desbalance de tensión puede definirse como aquel en el cual el dispositivo medidor registra de manera confiable la magnitud eléctrica que pasa a través de él en conformidad con los requisitos de este proyecto de norma nacional. ( [Ver Capítulo V](#), Desempeño Aceptable de Nuevos Tipos de Medidores de Electricidad, Transformadores de Medida, y Equipo Asociado.)

En lo referente a los vatíhorímetros, es conveniente referirnos a cada estructura electromagnética completa conteniendo devanados de corriente y tensión como un estator, cada estator siendo comparable a un vatímetro monofásico. Cada uno de tales estatores puede consistir de una bobina de tensión y una sola bobina de corriente, o una bobina de tensión y dos bobinas de corriente. El medidor de estator sencillo de dos hilos tiene una bobina de tensión y una bobina de corriente. El medidor de estator sencillo de tres hilos tiene una bobina de tensión y dos bobinas de corriente, cada una de estas últimas teniendo la mitad del número de vueltas de la bobina de corriente en un medidor

de dos hilos. Los medidores pueden tener uno o más estatores, cada uno de los cuales puede ser del tipo de dos o tres hilos.

### **3.2.2 Circuitos de Corriente Directa o Monofásicos.**

**3.2.2.1 Circuitos de Corriente Directa y Monofásicos de Dos Hilos.** La Energía en un circuito de corriente directa o en un circuito monofásico de dos hilos puede medirse por medio de un vatímetro. Si el circuito está aterrizado, la bobina de corriente debe conectarse en el lado no aterrizado del circuito. Aunque en la medición de potencia es generalmente preferible conectar los cables de la bobina de tensión a través de los terminales del circuito receptor como se indicó en 3.1.3.1, para medición de energía es práctica normalizada conectar los cables de la bobina de tensión en el lado de la línea de las bobinas de corriente del medidor.

**3.2.2.2 Circuitos de Corriente Directa y Monofásicos de Tres Hilos.** La energía en un circuito de corriente directa o monofásica de tres hilos puede medirse por medio de dos vatímetros, CD o CA, respectivamente. Los medidores se conectan como los vatímetros en 3.1.3.2 y 3.1.4.2, respectivamente. La energía total es la suma de los registros de los dos medidores. Los dos medidores pueden ordenarse en un alojamiento sencillo y sus registros combinados almacenados en un simple registro como en un medidor de dos estatores.

**3.2.2.3 Circuitos Monofásicos de Tres Hilos con Tensiones Balanceadas.** Una divergencia del teorema de Blondel puede utilizarse en un circuito de corriente directa o un circuito monofásico de tres hilos, siempre que las tensiones estén balanceadas dentro de límites aceptables. Bajo estas condiciones puede utilizarse un medidor de estator sencillo de tres hilos, teniendo una bobina de tensión conectada entre los dos hilos no aterrizados, y un devanado de corriente de dos secciones consistiendo de dos bobinas enrolladas en direcciones opuestas sobre un núcleo común. Así, cuando cada una de las bobinas de corriente se conecta en serie con cada uno de los hilos de línea del circuito de tres hilos, los efectos magnéticos de las corrientes fluyendo en las dos bobinas son aditivos. El número total de vueltas de las dos bobinas es el mismo que el que debería utilizarse en un estator de dos hilos con un solo devanado del mismo valor asignado de corriente. La exactitud de este método es independiente del balance de corriente o factor de potencia, pero es dependiente de que las tensiones estén balanceadas.

**3.2.2.4 Medidores de Corriente Directa de Gran Capacidad o Alta Tensión.** En circuitos de corriente directa conduciendo corrientes elevadas, puede utilizarse un medidor del tipo shunt. En circuitos operando arriba de 240 V, se usan resistores en el circuito de bobina de tensión del medidor para reducir los valores de corriente y tensión aplicados al medidor en proporciones conocidas y definidas para traer la corriente y la tensión dentro de los rangos de un medidor teniendo valores asignados de corriente y tensión normales.

**3.2.2.5 Medidores de Corriente Alterna de Gran Capacidad o Alta Tensión.** En circuitos de corriente alterna conduciendo corrientes elevadas u operando a tensiones elevadas, o ambos, se utilizan transformadores de tensión e intensidad para reducir el valor de tensión y corriente, respectivamente, aplicados al medidor en proporciones conocidas y definidas para traer la corriente y la tensión dentro del rango de un medidor teniendo valores asignados de corriente y tensión normales. Deberían utilizarse transformadores de intensidad en todas las mediciones de circuitos de alta

tensión para propósito de aislamiento y seguridad, independientemente si el valor de la corriente demande su uso.

**3.2.3 Circuitos Estrella Abierta.** La medición de energía en un circuito de distribución de tres hilos a 120/208 V (dos líneas y un neutro) obtenidas de un sistema trifásico estrella de cuatro hilos requiere un medidor de dos estatores para satisfacer el teorema de Blondel.

Una divergencia de este teorema puede utilizarse para medir este circuito, siempre que las tensiones de línea a neutro estén balanceadas en magnitud y ángulo de fase dentro de límites aceptables. Hay dos diseños básicos de un medidor de estator sencillo, llamado medidor de red, que pueden utilizarse para este propósito. Ambos diseños utilizan una bobina de tensión y dos bobinas de corriente. Dependiendo de sí la bobina de tensión está energizada por tensión de línea a neutro o de línea a línea, una o dos redes de desplazamiento de fase se emplean para desplazar la fase de la corriente en una o ambas bobinas de corriente en la cantidad justa y en la dirección correcta para habilitarlos magnéticamente para reaccionar correctamente con la tensión de línea a neutro o línea a línea, respectivamente. En el diseño utilizando una bobina de tensión energizada por tensión de línea a línea, el número de vueltas en la bobina de tensión se reduce de aquella bobina de 240 V para compensar por la reducción en tensión desde 240 V a 208 V. Cualquier medidor registrará correctamente independientemente de cómo estén conectadas las cargas, o cuales sean los factores de potencia individuales de estas cargas, siempre que las tensiones estén balanceadas y simétricas, y en la secuencia correcta de fase. Puesto que una secuencia de fase particular es esencial para que este medidor registre correctamente, un indicador visual de la secuencia de fase es una característica incorporada.

### **3.2.4 Circuitos Bifásicos.**

**3.2.4.1 Circuitos Bifásicos de Tres Hilos.** La energía en un circuito bifásico de tres hilos puede medirse por medio de dos vatíhorímetros conectados de la misma manera que los dos vatímetros descritos en 3.1.5.1.

**3.2.4.2 Circuitos Bifásicos de Cuatro o Cinco Hilos.** La energía en un circuito bifásico de **cuatro** o **cinco** hilos puede medirse sustituyendo un vatíhorímetro por cada vatímetro especificado en 3.1.5.2 y 3.1.5.3, y cualquiera de los dos o más medidores pueden combinarse en un alojamiento sencillo y sus registros combinados, almacenados en un registro sencillo como se describió en 3.2.2.2.

**3.2.4.3 Circuitos Bifásicos de Cinco Hilos con Tensiones Balanceadas.** Una divergencia del teorema de Blondel puede utilizarse en un circuito bifásico de cinco hilos si las tensiones están balanceadas dentro de límites aceptables. Dos vatíhorímetros monofásicos de estator sencillo de tres hilos, descritos en 3.2.2.3 pueden utilizarse. En este caso las bobinas de corriente de un medidor se insertan, una en cada uno de los hilos de fase de una de las dos fases, y la bobina de tensión del medidor se conecta entre los mismos dos hilos. El segundo medidor se conecta similarmente en el otro par de hilos de fase. La exactitud de este método es independiente del balance de corriente y factor de potencia, pero es dependiente de que las tensiones estén balanceadas. Los dos medidores de tres hilos pueden combinarse en un alojamiento sencillo y sus registros combinados almacenados en un registro sencillo.

### **3.2.5 Circuitos Trifásicos, Todos los Tipos.**

**3.2.5.1 Métodos Comparables para Mediciones de Potencia.** Usando vatíhorímetros, la energía en cualquier forma de un circuito trifásico puede medirse de acuerdo con los métodos especificados para mediciones de potencia por medio de vatímetros descritos en 3.1.6.1, 3.1.6.2, ó 3.1.6.3.

### **3.2.6 Circuitos Trifásicos de Tres Hilos.**

**3.2.6.1 Método de los Dos Estatores.** La energía en un circuito trifásico de tres hilos puede medirse por medio de un medidor de dos estatores teniendo sus bobinas de corriente conectadas en cualquiera de dos de los conductores de línea y las bobinas de tensión conectadas entre cada uno de los conductores de línea en los cuales las bobinas de corriente están conectadas y el tercer conductor de línea. Este método es correcto para todas las condiciones de carga o balance o desbalance de tensión y para cualquier factor de potencia.

**3.2.6.2 Método de los Tres Estatores.** La energía en un circuito trifásico de tres hilos puede medirse por medio de tres medidores de estator sencillo, o con un medidor de tres estatores estableciendo un neutro artificial en estrella para obtener las tensiones de fase. Se pueden utilizar transformadores de tensión conectados en delta – estrella para el establecimiento de estas tensiones.

**3.2.6.3 Tensión y Carga Balanceadas.** Además de los métodos mencionados en 3.2.5.1, 3.2.6.1, y 3.2.6.2, y bajo las condiciones de tensión balanceada y carga balanceada para cualquier factor de potencia (siempre y cuando el factor de potencia sea el mismo en todas las fases), la energía en un sistema trifásico de tres hilos puede medirse por un vatíhorímetro de tres hilos de estator sencillo, teniendo sus bobinas de corriente conectadas en cualquiera de dos de los conductores de línea y su bobina de tensión a través de los mismos dos conductores, y multiplicando su lectura por dos. Este método es útil en medición de energía utilizada por motores u otras cargas que tienen características balanceadas

### **3.2.7 Circuitos Trifásicos en Estrella de Cuatro Hilos.**

**3.2.7.1 Medidor en Estrella de Tres Estatores de Cuatro Hilos.** La energía en un circuito trifásico conectado en estrella de cuatro hilos puede medirse por un medidor en estrella de tres estatores. El punto común de los circuitos de tensión debería conectarse al conductor neutro. Este método es exacto para todas las condiciones de carga (balanceada o desbalanceada), factor de potencia, o tensión.

**3.2.7.2 Medidor en Estrella de Dos Estatores de Cuatro Hilos.** La energía en un circuito trifásico conectado en estrella de cuatro hilos puede medirse por un medidor de cuatro hilos y dos estatores. De acuerdo con el teorema de Blondel, tal circuito requerirá un medidor de tres estatores como el descrito en 3.2.7.1. Sin embargo, si las tensiones entre cada línea y el neutro están balanceadas dentro de límites aceptables, las exactitudes generalmente se consideran satisfactorias. Tal medidor tiene una bobina de tensión y un devanado de corriente de dos secciones en cada estator. Este devanado consiste de dos bobinas enrolladas en direcciones opuestas sobre un núcleo común. Así cuando cada una de las bobinas se conecta en su respectivo circuito, los efectos magnéticos de las corrientes en las dos secciones del devanado son aditivos. Estos devanados se conectan de la forma siguiente: una bobina de corriente del primer estator es puesta en un conductor de línea y su flujo reacciona con el flujo de la bobina de tensión conectada entre ese conductor y el neutro. Similarmente, una bobina de corriente del

segundo estator es puesta en otro conductor de línea y su flujo reacciona con el flujo de la bobina de tensión conectada entre ese conductor y el neutro. Las bobinas de corriente restantes, una de cada estator, se conectan en serie y se colocan en el conductor de fase restante.

### **3.2.8 Circuitos Trifásicos en Delta de Cuatro Hilos.**

**3.2.8.1 Posibles Métodos de Medición.** La energía en un circuito trifásico de cuatro hilos conectado en delta abierta o cerrada con el neutro formado por una derivación en el punto medio de uno de los devanados de fase, puede medirse ya sea por un medidor de tres estatores o por un medidor en delta de cuatro hilos de dos estatores en varios arreglos, con tal que, en último caso, las tensiones de fase derivadas estén balanceadas dentro de límites aceptables.

**3.2.8.2 Medidor en Delta de Tres Estatores de Cuatro Hilos.** En un medidor de tres estatores para circuitos trifásicos en delta de cuatro hilos, uno de los estatores debe tener la mitad de la corriente y dos veces el valor asignado de tensión de los otros dos estatores, pero los tres estatores pueden ser del mismo valor asignado siempre que transformadores de intensidad y transformadores de tensión de diferentes relaciones convenientes se conecten en el circuito. Los tres estatores también pueden tener los mismos valores asignados si el medidor está calibrado apropiadamente para las tensiones en que se utiliza en servicio, o si se utilizan modernas bobinas de tensión teniendo un rango de operación aceptable que incluya todas las tensiones a utilizarse.

Las dos bobinas de corriente de igual valor asignado se conectan cada una en los dos conductores de fase que tienen esa derivación central entre ellas y sus bobinas de tensión asociadas se conectan entre los correspondientes conductores de fase y la derivación central o conductor neutro. La bobina de un medio de corriente asignada se conecta en el conductor de fase restante y su bobina de doble tensión asignada se conecta entre ese conductor de fase y la derivación central (neutro.) Este método es exacto para todas las condiciones de carga y factor de potencia con o sin balance en la tensión.

**3.2.8.3 Medidor en Delta de Dos Estatores de Cuatro Hilos.** Si la derivación central es una verdadera derivación central (particularmente, las tensiones de ella a cada conductor de línea asociado son iguales dentro de límites aceptables), entonces puede utilizarse un medidor de dos estatores, de los cuales un estator tiene una bobina de corriente de tres hilos o el transformador de medida equivalente de ello. Las dos bobinas de corriente del estator de tres hilos se conectan cada una en los dos conductores de línea teniendo la derivación central entre ellos y su bobina de tensión se conecta entre estos mismos dos conductores de línea. La bobina de corriente del estator de dos hilos se conecta en el tercer conductor de línea y su bobina de tensión asociada entre ese conductor y la derivación central (neutro.)

### **3.2.9 Circuitos Trifásicos Conectados en Doble Estrella de Siete Hilos.**

**3.2.9.1 Tres Estatores Monofásicos de Tres Hilos.** La energía en un circuito trifásico conectado en doble estrella de siete hilos puede medirse por medio de tres vatíhorímetros monofásicos de tres hilos, o su equivalente polifásico. Este método es correcto para todos los valores de corriente, balanceada o desbalanceada y factor de potencia, con tal de que las tensiones sean simétricas y balanceadas dentro de límites aceptables.

**3.2.10 Consideraciones Básicas de Diseño de Medidores.** Los diseñadores y fabricantes de vatihorímetros de inducción siempre han puesto gran énfasis en lograr un alto un grado de exactitud inherente como sea factible económicamente. Los vatihorímetros de inducción que usan modernos materiales y técnicas son diseñados para funcionar satisfactoriamente sobre un rango muy amplio de carga. Para estos medidores los términos carga nominal o carga asignada, o algunos múltiplos o fracciones de ella, no tienen significado específico. Como resultado, hoy en día en la práctica se clasifica a tal medidor como Clase 100 o Clase 200. Esto significa que un medidor Clase 100 está diseñado para operar continuamente con exactitud aceptable hasta un máximo de corriente de 100 A, y un medidor Clase 200 hasta 200 A.

Puesto que, sin embargo, esta corriente máxima no es un valor conveniente para usar cuando se calibra o comprueba un medidor, el fabricante designa el valor recomendado de amperios, llamado amperios de prueba, para usarlos cuando se calibra un medidor. Por ejemplo, un medidor Clase 100 podría tener una designación de amperios de prueba de 15 A, abreviado como TA 15, y un medidor Clase 200 podría tener un valor asignado de placa TA 30.

Puesto que los medidores modernos son requeridos frecuentemente para desempeñarse con exactitudes aceptables a valores de corriente, tensión, frecuencia, etc, que pueden diferir apreciablemente de aquellos utilizados para calibrar el medidor, se han desarrollado dispositivos de compensación para mantener, dentro de los límites aceptables, la exactitud de la calibración en los puntos de calibración, y sobre amplias variaciones de estos. Además, tales dispositivos se utilizan para compensar condiciones ambientales, tales como cambios en la temperatura ambiente, y para otras condiciones que no son siempre ideales. Ningún dispositivo compensador es perfecto, pero todo desempeño de corriente utilizada adecuadamente está dentro de límites aceptables.

### **3.2.11 Factores que Afectan la Exactitud del Medidor.**

**3.2.11.1 Cargas Leves.** Debido a ciertas propiedades no lineales de aún los mejores materiales magnéticos, la exactitud en cargas muy leves (10% de valores de TA o menos) generalmente podría no ser satisfactoria si un dispositivo no fue provisto para corregir esta no-linealidad. Esta es la función primaria del llamado ajuste de carga leve. Cuando se ajusta apropiadamente, la exactitud aún a cargas muy leves está adecuadamente dentro de límites aceptables. Además, este dispositivo también compensará cualquier fricción inherente constante o cualquier exceso de fricción que puedan resultar de la necesidad del medidor para manejar equipo auxiliar tal como dispositivos de pulso.

**3.2.11.2 Variaciones en Tensión.** La configuración actual de tensión electromagnética en los medidores de inducción modernos es tal como para minimizar el error debido a variaciones en tensión. Aún con variaciones tan grandes como el 50% menos que la tensión asignada, el error está dentro de los límites aceptables, y para todas las variaciones del orden de  $\pm 10\%$  a  $\pm 15\%$  la variación en exactitud usualmente es despreciable.

**3.2.11.3 Variaciones en el Factor de Potencia.** Un medidor de inducción registra correctamente a factores de potencia menores que la unidad, solo cuando existe una relación de fase específica entre ciertas tensiones, corrientes y flujos produciendo torques. Esta relación de fase específica se logra por medio de una placa o bobina, la cual inicialmente puede ajustarse por un procedimiento de calibración. Cuando se ajusta

correctamente, la exactitud del medidor, aún a factores de potencia bajos, está adecuadamente dentro de los requisitos aceptables. Si esta calibración se hace a un factor de potencia en atraso y luego el medidor se opera a un factor de potencia en adelanto, una leve diferencia en su exactitud, usualmente despreciable, puede resultar.

**3.2.11.4 Variaciones en Frecuencia.** Variaciones en frecuencia en un sistema moderno de potencia bajo condiciones de operación normales son insignificantes. Cualesquiera inexactitudes que podrían resultar de tales variaciones, como existan son enteramente despreciables.

**3.2.11.5 Variaciones en Temperatura.** La práctica moderna de colocar medidores en el exterior tiene sometidos a tales medidores a un amplio rango de temperaturas ambiente. Afortunadamente, antes de que esta práctica se hubiera vuelto general, medios de compensación del medidor de inducción para los efectos perjudiciales o cambios en temperatura ambiente fueron desarrollados e incorporados en todos los medidores modernos. Se puede asumir con confianza que todos los medidores modernos funcionarán satisfactoriamente bajo variaciones razonables de temperatura ambiente.

**3.2.11.6 Campos Magnéticos Externos.** En todo vatihorímetro de inducción bien diseñado, el arreglo, número y configuración de los varios circuitos electromagnéticos e imanes permanentes, así como el número y arreglo de varias bobinas, son tales como para mantener el efecto perjudicial de campos magnéticos externos a un mínimo. Sin embargo, se debería tener cuidado para no colocar el medidor en un fuerte campo magnético variante de la misma frecuencia que la frecuencia asignada del medidor.

**3.2.11.7 Rango de Carga.** Una de las más insustituibles características del vatihorímetro moderno de inducción es su habilidad para medir exactamente cargas que son varias veces su valor asignado de amperios de prueba. Un medio de compensación de carga es una característica integrada de todos los medidores modernos. Con este dispositivo, la exactitud en la calibración de amperios de prueba se mantiene dentro de límites superiores muy estrechos e incluso al valor de clase de amperio. Por ambas razones, exactitud y térmicas, se debería tener cuidado para no exceder el valor de clase para cualquier duración apreciable de tiempo.

**3.2.11.8 Corrientes de Impulso.** Medidores instalados en áreas rurales están más expuestos a materiales que aquellos en áreas urbanas más congestionadas. Como resultado, perturbaciones eléctricas atmosféricas tienen una gran oportunidad de afectar adversamente el apropiado funcionamiento de tales medidores.

Estas perturbaciones son capaces de producir, bajo ciertas circunstancias, corrientes muy elevadas de duración extremadamente corta, llamadas corrientes de impulso. Estas corrientes pueden ir a través de tierra o en la cercanía del medidor. Cuando esto sucede, el campo magnético excesivamente grande creado puede afectar la fuerza de los imanes permanentes en el medidor, por consiguiente resultan errores de registro.

Hoy en día los imanes permanentes se diseñan para tener una habilidad muy fuerte para resistir la desmagnetización. Así, con medidores modernos, el sobre registro causado por las corrientes de impulso es un acontecimiento raro.

Además para aislar corrientes de impulso de los imanes permanentes, un medidor moderno tiene integrado material aislante de corrientes de impulso para su aislamiento. Para ambas bobinas de tensión y corriente, se utilizan los entrehierros protectores

integrados para tierra. Además, la bobina de tensión tiene resistencia incrementada contra corrientes de impulso a través de la bobina.

**3.2.11.9 Condiciones Ambientales Adversas.** Otro resultado de la instalación de un medidor en el exterior sin ninguna cubierta de protección, mas que su propio gabinete, es que el medidor está expuesto al polvo y corrosión atmosférica tal como la vaporización de sal.

Medidores modernos han sido diseñados para minimizar el efecto perjudicial de tales exposiciones. La mejor técnica de sellado, es la eliminación de metales distintos, el uso de revestimiento de protección, acero inoxidable y revestimiento electrolítico de aluminio son algunas de las protecciones tomadas para contrarrestar el efecto de condiciones ambientales adversas.

### 3.3 Medición del Factor Potencia

**3.3.1 Circuitos Monofásicos de Dos Hilos.** Cuando la potencia se mide por un vatímetro de acuerdo con 3.1.4.1 el factor de potencia debe determinarse conectando un vatímetro adicional con su bobina de corriente en serie con la del primer vatímetro, y con su bobina de tensión conectada a una tensión igual desplazada 90° de la que se aplica al vatímetro conectado para medición de potencia.

El vatímetro adicional mide potencia reactiva en vars. Instrumentos en los cuales el desplazamiento en fase de 90° requerido se proporciona internamente (o por medio de accesorios) son conocidos como vármetros. De las mediciones obtenidas de esta manera el factor de potencia puede determinarse de la siguiente fórmula para magnitudes senoidales:

$$\text{factor de potencia} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

donde:

$Q$  = potencia reactiva

$P$  = potencia activa

**3.3.2 Circuitos Monofásicos y Polifásicos.** Cuando la potencia se mide por uno o más vatímetros de acuerdo con 3.1.4, 3.1.5 o 3.1.6.1, el factor de potencia de cada fase separada medida es igual a la potencia en vatios indicada por cada vatímetro dividida entre el producto de la tensión a través del circuito de tensión del vatímetro y la corriente en la bobina de corriente del vatímetro.

**3.3.3 Circuitos Trifásicos de 3 Hilos Balanceados.** En el caso de un circuito trifásico de 3 hilos balanceado, donde la potencia se mide por dos vatímetros (ver 3.1.6.2), las lecturas de los dos vatímetros serán diferentes cuando el factor de potencia es menor que la unidad, y si el factor de potencia es menor que 0.5 en atraso, la lectura de un vatímetro será negativa.

**3.3.4 Factor de Potencia del Sistema.** Cuando ambas, tensión y corriente están balanceadas en cualquier circuito trifásico, el factor de potencia del sistema puede determinarse por la siguiente fórmula:

$$\text{factor de potencia} = \frac{P}{\sqrt{3} EI}$$

donde:

$P$  = potencia Activa

$E$  = tensión de línea a línea

$I$  = corriente de línea

**3.3.5 Factor de Potencia de Intervalo.** Cuando un sistema polifásico está desbalanceado de cualquier manera, el factor de potencia del sistema cesa de tener un significado físico específico, tal como el coseno de algún ángulo de fase particular. Sin embargo, un porcentaje numérico puede obtenerse, llamado factor de potencia de intervalo, y se define como sigue:

$$\text{factor de potencia de intervalo} = \frac{Pt}{\sqrt{(Pt)^2 + (Qt)^2}}$$

donde:

$Qt$  = producto de la potencia reactiva total y el tiempo (medido como por un varhorímetro)

$Pt$  = producto de la potencia activa total y el tiempo (medido como por un vatihorímetro)

La magnitud así definida no es, en general, igual al valor promedio del factor de potencia durante el intervalo, pero puede ser referido como el factor de potencia de intervalo.

### 3.4 Medición de Energía Reactiva. (*Quadergy*.)

**3.4.1 Medidores Electromecánicos.** *Quadergy* monofásica (var-horas) puede medirse con un varhorímetro, usualmente un vatihorímetro con la corriente a través de la bobina de tensión desplazada  $90^\circ$  en fase de la normal. Un varhorímetro polifásico, o un vatihorímetro polifásico no modificado utilizado con un apropiado transformador de desplazamiento de fase, pueden utilizarse para medir *quadergy* polifásica. Si ambas *quadergy* en adelanto y en atraso se pueden medir, usualmente se requieren dos de tales medidores con desplazamientos opuestos, y equipados con frenos mecánicos para prevenir rotación hacia atrás. Para evitar esto, se puede utilizar un medidor de Q-hora<sup>8</sup> polifásico, en el cual las tensiones están atrasadas  $60^\circ$ , junto con un vatihorímetro polifásico. El desplazamiento de tensión para un medidor Q-hora puede obtenerse ya sea por conexiones internas o externas al circuito polifásico.

El medidor de Q-hora rota en su dirección normal para ángulos de fase de carga entre  $30^\circ$  en adelanto y  $150^\circ$  en atraso. *Quadergy* en var-horas, para un sistema de tensión balanceada, puede calcularse de la lectura del medidor con la siguiente fórmula:

$$\text{Varhoras} = \frac{(\text{Qhoras}) - (\text{vatiohoras} \cdot \cos(60^\circ))}{\text{sen}(60^\circ)}$$

---

<sup>8</sup> El término “Q-hora” es en uso común, pero no debería ser confundido con el de var-hora, o  $Qt$  en 3.3.5

**3.4.2 Medidores Electrónicos.** Los medidores electrónicos proveen mediciones de energía reactiva (*quadergy*) junto con energía activa en un medidor multifunción. El desplazamiento de fase de  $90^\circ$  requerido en fase se realiza internamente por medios electrónicos, eliminando los transformadores de desplazamiento de fase o conexiones eléctricas cruzadas necesarias para medir energía reactiva con medidores electromecánicos. Usualmente se proveen múltiples registros para medir flujo de energía reactiva en ambas direcciones.

El ángulo de fase de la corriente con respecto a la tensión se expresa en términos del factor de potencia en adelante o en atraso.

### CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO III

- 1) El conocimiento primordial que se debe de tener para comprender a la perfección la medición de potencia y energía es el teorema de Blondel; pero teniendo en cuenta que en algunas ocasiones no sólo se consideran aspectos técnicos, sino también factores económicos, que permiten pequeñas divergencias de dicho teorema.
- 2) Dominando el arte de la medición de potencia, se puede dominar con facilidad la medición de energía ya que en general se mide igual que la primera, solo que se sustituye un vatímetro integrador en lugar del vatímetro.
- 3) Muchas veces se realizan mediciones de magnitudes eléctricas de varias formas, pero sin el respaldo que brinda hacerlas sobre la base de una norma, por medio de la cual los resultados obtenidos de dicha medición están garantizados y serán aceptados por todas las personas o instituciones interesadas ya sean éstas, clientes, distribuidoras y/o autoridades reguladoras de nuestro país.

## CAPÍTULO IV

### PATRONES Y EQUIPO NORMALIZADO

**4.0 Introducción.** Para llevar a cabo las mediciones eléctricas desde una perspectiva legal, se hace necesario contar en el país con autoridades encargadas tanto de la asignación como del mantenimiento de los distintos patrones que se utilicen en el laboratorio de metrología eléctrica legal, teniendo éste último que cumplir con una serie de condiciones y requisitos normalizados que van desde la infraestructura, tipos de patrones e instrumentos; así como de la capacidad del personal que labora en dicho laboratorio con el fin de garantizar que todas los procedimientos realizados estén de acuerdo con las exigencias de la metrología internacional normalizada con el fin de garantizar, sin ningún tipo de problema, una trazabilidad hacia patrones de mayor nivel.

**4.1 Generalidades.** El propósito y alcance de este Capítulo es especificar los patrones de las mediciones eléctricas y el intervalo de tiempo para los cuales la medición de energía eléctrica será referida, y perfilar una cadena apropiada de pasos intermedios entre los patrones nacionales de medición y vatihorímetros utilizados en el taller de medidores.

**4.2 Autoridad Final.** Entre los deberes del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, del Ministerio de Economía, se incluyen las siguientes funciones asignadas por la ley del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Decreto N° 287): “Mantener en la sede del Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad, una colección de Patrones Nacionales de las Unidades Legales, que puedan ser representadas físicamente. Cada patrón, antes de ser declarado Patrón Nacional por el Consejo, será comparado con los Patrones Regionales y/o Internacionales reconocidos por el país a través de tratados específicos”.<sup>9</sup> Además, en esta Ley se lee como sigue: "Para garantizar la autenticidad de los Patrones, el Consejo con el auxilio del referido Departamento hará las descripciones compuestas de ellos, con la indicación de los signos o inscripciones que tengan en el momento de declararlos como tales. Asimismo se mantendrán las colecciones necesarias de Patrones secundarios y de trabajo y se dispondrá de los instrumentos convenientes para efectuar afericiones y demás controles previstos en esta Ley.

---

<sup>9</sup> Entre los cuales está, *National Bureau of Standards*, que desde Agosto, 1988 ha sido renombrada a *National Institute of Standards and Technology (NIST)*.

Los Patrones de trabajo serán periódicamente comparados con los patrones secundarios y éstos a su vez con los nacionales. En el Reglamento se determinará la forma y oportunidad en que deberán efectuarse dichas comparaciones”.

**4.2.1 Unidades Eléctricas.** Las presentes unidades están definidas en términos de las unidades electromagnéticas cgs (centímetro-gramo-segundo),<sup>10</sup> como sigue:

**4.2.1.1** " La unidad de resistencia eléctrica será el ohmio, el cual es igual a mil millones de unidades de resistencia en el sistema centímetro-gramo-segundo de unidades electromagnéticas."

**4.2.1.2** " La unidad de corriente eléctrica será el amperio, el cual es un décimo de la unidad de corriente en el sistema centímetro-gramo-segundo de unidades electromagnéticas."

**4.2.1.3** " La unidad de fuerza electromotriz [FEM] y de potencial eléctrico será el voltio, el cual es la fuerza electromotriz que, continuamente aplicada a un conductor cuya resistencia es un ohmio, producirá una corriente de un amperio."

**4.2.1.4** "La unidad de cantidad eléctrica será el culombio, el cual es la cantidad de electricidad transferida por una corriente de un amperio en un segundo."

**4.2.1.5** "La unidad de capacitancia eléctrica será el faradio, el cual es la capacitancia de un capacitor el cual es cargado a un potencial de un voltio por un culombio de electricidad."

**4.2.1.6** " La unidad de inductancia eléctrica será el henrio, el cual es la inductancia en un circuito tal que una fuerza electromotriz de un voltio es inducida en el circuito por variación de una corriente de inducción a razón de un amperio por segundo."

**4.2.1.7** " La unidad de potencia será el vatio, el cual es igual a diez millones de unidades de potencia en el sistema centímetro-gramo-segundo, y el cual es la potencia<sup>11</sup> requerida para causar una corriente invariable de un amperio que fluye entre puntos cuya diferencia de potencial es un voltio."

**4.2.1.8** " Las unidades de energía serán (a) el julio, el cual es equivalente a la energía suministrada por una potencia de un vatio operando por un segundo, y (b) El kilovatio-hora, el cual es equivalente a la energía suministrada por una potencia de mil vatios operando por una hora."

**4.2.1.9** " La unidad de intervalo de tiempo es el segundo atómico, definido en 1967 por convenio internacional como un cierto número de períodos de una transición atómica específica de cesio 133.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> En Estados Unidos de América, antes de Enero 1, 1948, existían las definiciones que fueron en ese tiempo llamadas el "Ohmio Internacional" y "Amperio Internacional"; la permanencia de "Unidades Eléctricas Internacionales"- de tensión, potencia, energía, etc – fue definida en términos de las interrelaciones conocidas de éstas y las unidades mecánicas de tiempo y distancia. Las unidades "Internacionales" fueron reemplazadas en Enero 1, 1948, por las unidades "Absolutas" definidas en 4.2.1 de esta norma, las cuales difieren de las unidades eléctricas previas por pequeñas cantidades. Las así llamadas "Unidades Internacionales" no deben confundirse con el actual "Sistema Internacional de Unidades" (abreviado unidades SI) oficialmente adoptado para uso en El Salvador. Éste último sistema está basado en el metro, kilogramo, segundo, y amperio, y las unidades eléctricas que éste suministra son idénticas en magnitud con las unidades "Absolutas" definidas en 4.2.1

<sup>11</sup> La potencia en un circuito de corriente alterna en cualquier instante es el producto de la corriente y la tensión terminal en ese instante.

<sup>12</sup> La unidad de intervalo de tiempo no es parte de la Ley, pero ha sido aceptada por El Salvador como la unidad de tiempo.

**4.3 Patrones de Trabajo.** Los patrones trabajo de la medición eléctrica son aquellos, utilizados para calibrar o comprobar medidas materializadas, instrumentos de medición o materiales de referencia sustentados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

**4.4 Estableciendo un Patrón de Referencia Local de Energía.** Calibraciones y pruebas cuyo propósito es el establecimiento o mantenimiento de un patrón de referencia local de medición de energía (ver 4.6.9) serán llevadas a cabo en un local y de una forma tal de mantener la exactitud requerida de los patrones utilizados en verificación de medidores de electricidad. Los pasos secuenciales intermedios entre el patrón nacional de resistencia y fuerza electromotriz y los medios locales de medición de energía se llevan a cabo en varios niveles funcionales, los cuales pueden, pero no necesariamente, estar dentro de las capacidades de un laboratorio sencillo. En muchos casos, algunos o todos los pasos pueden llevarse a cabo en el laboratorio de medidor local. En otros, el patrón de referencia local de energía puede compararse (a menudo por patrones transportables) con el patrón nacional de energía eléctrica o con patrones de un laboratorio independiente que haya sido propiamente verificado.

**4.4.1 Laboratorio de Medidor.** El laboratorio de medidor tiene que ver con:

- (1) Mantenimiento de patrones cuyos valores se asignan ya sea, directa o indirectamente en términos de los patrones nacionales.
- (2) Asignación de valores a los patrones de trabajo esenciales para la medición de magnitudes eléctricas.

Puede ser equipado y dotado de personal para hacer pruebas de calibración en algunos o todos los pasos secuenciales intermedios entre los patrones nacionales de resistencia, FEM, e intervalo de tiempo, y un patrón de referencia local de medición de energía (tal como un grupo de vatíhorímetros.)

**4.4.2 Taller de Medidor.** El taller de medidor tiene que ver con la rutina de comprobación, reparación, y calibración de medidores de electricidad y de los dispositivos auxiliares y equipo esencial para la medición de energía y potencia eléctrica.

**4.4.3 Laboratorio de Patrones Independiente.** Un laboratorio de patrones independiente es sustentado por, y responsable ante, una compañía o autoridad que mantiene al laboratorio de medidor determinado bajo consideración. Si un laboratorio de medidor no lleva a cabo la cadena completa de las mediciones secuenciales entre los patrones eléctricos nacionales y el patrón de energía local, él debe depender de un laboratorio de patrones independiente para hacer algunas de las calibraciones requeridas en esta cadena de medición. Alternativamente, comparaciones entre laboratorios de patrones de referencia con un laboratorio de patrones independiente siempre son informativas y, en algunas instancias, son necesarias para mantener la integridad de los patrones de referencia locales. En 4.6 se lista el equipo requerido para un laboratorio de patrones para hacer todos los pasos de calibración secuenciales de interés en un laboratorio de medidor. Esta lista puede ser de ayuda en la determinación de ver si un laboratorio determinado de patrones está adecuadamente equipado para desempeñar una tarea específica de calibración.

**4.5 Condiciones de Laboratorio.** En un laboratorio de medidor es esencial que las condiciones ambientales, tales como temperatura y humedad, se mantengan a valores y dentro de límites apropiados para las mediciones hechas en el laboratorio; y esos otros factores ambientales que podrían interferir con las mediciones correctas, tales como contaminación atmosférica, perturbaciones mecánicas, interferencias eléctricas y magnéticas, y ruido, se mantengan a tales niveles que las técnicas normales de medición y los resultados no sean adversamente afectados.

**4.5.1 Temperatura de Referencia y Humedad.** La temperatura ambiente en el laboratorio de medidor será 23 °C,<sup>13</sup> con tolerancias que dependen sobre los efectos de temperatura en los patrones utilizados y los aparatos bajo prueba. Esta temperatura se debería mantener constante no solo durante una prueba o procedimiento de calibración, sino también por un suficiente período precedente para asegurar un equilibrio de temperatura efectiva en el equipo de prueba y en el dispositivo que se está probando. Cuando los patrones de referencia de un laboratorio se asignan o verifican a una temperatura diferente de la cual ellos se utilizarán, deberían conocerse y aplicarse correcciones de temperatura donde tengan significado.

La humedad relativa ambiente debería conservarse a valores lo suficiente bajos de tal manera que el aislamiento eléctrico en el equipo utilizado no se afecte. Humedades relativas bajo el 55% serían adecuadas para estos propósitos. En ausencia de blindaje adecuado y protección de instrumentos de laboratorio y circuitos, los efectos de rebote de cargas electrostáticas pueden ser problemáticos a muy bajas humedades. Sin embargo, el blindaje puede bien ser una simple y mejor solución a este problema que un intento por sostener la humedad arriba de algunos valores mínimos especificados, por decir 40%. Cualquier sistema que controle la humedad del laboratorio dentro de límites superior e inferior especificados debería ser diseñado para evitar humedad excesiva en caso de falla del elemento de control.

**4.5.2 Fuentes de Potencia del Laboratorio.** El suministro de corriente directa y alterna utilizado en el laboratorio para calibración de instrumentos o medidores, o para la medición de tensión, corriente, o potencia, debería ser regulado cuidadosamente, puesto que fluctuaciones en el valor existente pueden limitar la exactitud de una calibración o medición.

Suministros de corriente directa rectificadas deberían estar sustancialmente libres de rizado, puesto que la presencia de rizado y su forma de onda tienen diferentes efectos en instrumentos teniendo respuestas pico, promedio, o eficaz.

Suministros de corriente alterna deberían estar sustancialmente libres de distorsión de forma de onda, y la relación de fase de la combinación de corriente y tensión de suministro debería ser capaz de una estrecha regulación, puesto que estos factores pueden también influir en la exactitud de la calibración y medición. Para la mayor exactitud en la calibración de los vatíhorímetros, el tercer armónico en la onda de corriente no debería exceder el 0.5 % de la fundamental, y los otros armónicos en las ondas de corriente y tensión no deberían exceder 1.0 %.

---

<sup>13</sup> Esta temperatura está especificada en ANSI C39.1-1981 [2]

**4.6 Patrones de Referencia del Laboratorio.** Patrones de referencia de laboratorio son aquellos patrones que se utilizan para asignar y verificar los valores de patrones secundarios de laboratorio.

**4.6.1 Estabilidad de Patrones de Referencia.** Una de las características más importantes de un patrón de referencia es su estabilidad; esto es, la constancia de su valor asignado con el tiempo. Por lo tanto, el uso de patrones de referencia debería limitarse para asignación y verificación de los valores de patrones secundarios. Patrones de referencia no deberían exponerse a peligros de mal manejo accidental que ocasionalmente ocurren en mediciones de rutina. Grandes ventajas se pueden incrementar si los patrones de referencia básicos de un laboratorio nunca salen de éste; esto es, nunca estén sujetos a daños por la transportación. En este caso, patrones transportables especiales deben estar disponibles para pruebas periódicas de comparación entre laboratorios que actúen como una verificación sobre la estabilidad de los patrones de referencia básicos.

**4.6.2 Patrones de Referencia Básicos.** Los patrones de referencia básicos de un laboratorio son aquellos patrones con los cuales los valores de las unidades eléctricas se mantienen en el laboratorio, y que sirven como punto de partida de la cadena de mediciones secuenciales llevadas a cabo por el laboratorio. Si el laboratorio es para desempeñar la secuencia completa de mediciones entre los patrones eléctricos nacionales y el patrón local de medición de energía, sus patrones de referencia básicos son celdas patrones (de referencia celdas saturadas) y patrones de resistencia apropiados.

**4.6.2.1 Intercomparación.** Idealmente, los patrones de referencia básicos de un laboratorio deberían mantenerse en grupos de tres o más unidades individuales separadas que puedan ser intercomparadas fácilmente, puesto que tres es el número mínimo de unidades para las cuales un cambio en una de ellas puede detectarse y localizarse por intercomparación.

**4.6.3 Patrones Transportables.** Los patrones transportables son patrones del mismo valor nominal que los patrones de referencia básicos de un laboratorio, y preferiblemente de igual calidad. Tales patrones son intercomparados regularmente con el grupo básico para mantener una historia de su comportamiento, y están reservados para pruebas periódicas de comparación entre laboratorios que actúan como verificadores sobre la estabilidad del grupo de referencia básico.

En algunos casos, especialmente patrones transportables calibrados se utilizan en un Programa Confiable de Medición (*MAP*) para ayudar al logro de control de calidad de las mediciones y para enlazar las mediciones en el laboratorio a patrones nacionales.

**4.6.4 Referencias de Tensión.** Ambas referencias de tensión electroquímicas y de estado sólido son ampliamente utilizadas para mantener la unidad de tensión en el laboratorio.

**4.6.4.1 Celdas Patrón.** El mejor patrón de referencia de FEM es un grupo de celdas patrón saturadas, de aleación mercurio-cadmio mantenidas a una temperatura constante en un baño de aceite batido o en un baño de aire a temperatura constante. En uno u otro caso, medios adecuadamente sensitivos y estables deberían estar disponibles para verificar la temperatura del baño y su constancia.

**4.6.4.2 Celdas Patrón No Saturadas.** Un grupo de celdas no saturadas, cada uno de los cuales ha sido aceptado para llegar a equilibrio en un recipiente diseñado para minimizar gradientes de temperatura, suministra un patrón que es generalmente adecuado para laboratorios de medidor, si las celdas se han intercomparado

frecuentemente para mantenerse contra cambios traídos debido a mal uso o accidente y si las FEMs de al menos dos de las celdas se han verificado contra un patrón de referencia de celda saturada dentro de los 12 meses anteriores. (La FEM de una celda no saturada generalmente decrece lentamente con el tiempo, usualmente menos de  $100 \mu\text{V}$  al año.) La FEM de cada celda en el grupo no saturado local debería reasignarse en términos de las celdas transportables verificadas contra el grupo de referencia saturado, después que ellas han sido intercomparadas para asegurar que no han sido dañadas en la transportación y han recuperado valores estables.

**4.6.4.3 Patrones de Tensión de Estado Sólido.** Dispositivos de estado sólido cuidadosamente seleccionados con circuitos eléctricos auxiliares apropiados pueden suministrar valores de tensión predecible con estabilidades aproximándose a aquellos de las celdas patrón saturadas.

**4.6.5 Resistores Patrones.** Requisitos mínimos deberían incluir patrones de referencia al nivel de  $1 \Omega$ , y a múltiplos y submúltiplos decimales del ohmio, arriba del rango de resistencia requerida para ambas mediciones, resistencia y corriente. Generalmente, patrones cubriendo el rango de  $10^{-4}$  hasta  $10^4 \Omega$  son útiles, a menos que el rango de mediciones a realizar en el laboratorio se sabe específicamente que es menor.

Patrones adicionales teniendo los siguientes valores intermedios de 0.002, 0.005, 0.02, 0.05, 0.2, 0.5, 2, 5, y  $20 \Omega$  son convenientes puesto que permiten la calibración de la mayoría de desviaciones de corriente por técnicas de sustitución directa sin la calibración precisa de las ramas del puente de relación. Alternativamente, una relación muy precisa 2:1 puede establecerse de las combinaciones de tres patrones nominalmente iguales.

**4.6.6 Dispositivos de Relación de CD.** Un dispositivo de relación de corriente directa es una configuración de resistores para establecimiento de una o más relaciones en una conocida exactamente. Dispositivos de esta clase se utilizan para comparar la relación de dos resistores o de dos tensiones directas. Un requisito esencial de un patrón de relación de referencia de corriente directa es que sea estable con el tiempo, y se afecte lo mínimo por condiciones ambientales o por carga.

**4.6.6.1 Caja de Voltio Patrón de Referencia.** Una caja de voltio patrón de referencia es una en términos de la cual las relaciones de otras cajas de voltio pueden asignarse exactamente. Ella debe tener las siguientes características:

- (1) Debe estar subdividida para facilitar su auto-calibración interna.
- (2) Sus componentes deben vigilarse o de otra manera ser adecuados para eliminar errores de corrientes de fuga a través de miembros aislantes.
- (3) Debe ser diseñada para evitar o minimizar cambios en las relaciones resultantes de su auto-calentamiento a tensión asignada o de cambios en la temperatura ambiente.

**4.6.6.2 Divisores de Tensión de Referencia.** Divisores de tensión de referencia son redes de resistores de 4 terminales de valor nominalmente igual que están conectados permanentemente en serie y en el cual los resistores pueden colocarse en paralelo o en combinaciones serie-paralelo para lograr relaciones de transferencia de resistencia de 10:1 o 100:1 que son capaces de exactitudes del orden de 1 parte en  $10^8$ .

**4.6.6.3 Grupo de Relación Universal y Divisores Kelvin-Varley.** Estos son medios para calibración de potenciómetros de corriente directa y otros divisores de tensión tipo resistencia ajustable.

**4.6.6.4 Puentes de Resistencia.** El puente *Wheatstone* para mediciones de resistencia de dos terminales y el puente de *Kelvin* para mediciones de cuatro terminales son herramientas de calibración indispensables de nivel intermedio. Tales puentes, de alta calidad y estabilidad comprobada, pueden utilizarse en técnicas de sustitución para la intercomparación de resistores patrones de referencia o para la asignación de resistores patrones de trabajo de valores nominalmente iguales. Para la asignación general de valores de resistencia donde las técnicas de sustitución no son aplicables, tales puentes requieren calibración periódica usando patrones de alta calidad con una técnica apropiada.

**4.6.6.5 Comparador de Corriente Directa.** Comparadores de corriente directa diseñados apropiadamente basados sobre la igualdad de amperio vueltas en dos o más devanados sobre un núcleo magnético modulado son medios para hacer mediciones de índice de CD, resistencia y tensión.

**4.6.7 Dispositivos de Relación de CA.** Relaciones de corriente y tensión se establecen usualmente en términos de transformadores de medida. La relación de corriente (o tensión) primaria a secundaria y el ángulo de fase entre ellas son dependientes de la frecuencia y el valor de la magnitud primaria y de carga del circuito secundario. La relación y correcciones del ángulo de fase de transformadores de referencia se establecerán en un nivel de operación esperado y para carga con la cual el transformador se utilizará.

**4.6.7.1 Grupo de Transformador de Prueba.** Grupo de Transformador de prueba es un recurso para la determinación de las correcciones de un transformador de medida en términos ya sea de un comparador de corriente alterna o un transformador patrón de referencia, usualmente teniendo la misma relación nominal.

**4.6.8 Patrones de Transferencia CD-CA.** Se requiere un dispositivo de transferencia para establecer la igualdad de una corriente o tensión eficaz, o el valor promedio de potencia alterna, con la correspondiente magnitud de corriente directa de estado estable que pueda referirse a los patrones básicos a través de técnicas de escalamiento. Tales patrones de transferencia para uso en frecuencias de potencia emplean principios de operación electrotérmico, electrodinámico, electrostático, o electrónico.

**4.6.8.1 Estabilidad.** Las características de transferencia de un patrón de transferencia (esto es, sus diferencias de corriente alterna-corriente directa) son funciones de su geometría, sus parámetros eléctricos, y su nivel de operación, y no deberían cambiar significativamente con el tiempo. Por lo tanto, las características de transferencia de un instrumento necesitan determinarse ocasionalmente, a menos que los componentes de su circuito de medición se modifiquen o reemplacen, o su configuración física se altere. Sin embargo, la calibración de corriente directa de un instrumento de transferencia debería verificarse periódicamente.

**4.6.9 Patrón de Referencia de Energía.** Uno o más vatihorímetros patrones altamente estables operando bajo condiciones cuidadosamente controladas pueden utilizarse para mantener la unidad de energía en el laboratorio y para calibrar el próximo nivel de patrones. Tal patrón de energía se mantiene en muchos laboratorios como una parte esencial de su equipo de referencia, frecuentemente junto con transformadores de medida teniendo relaciones apropiadas, tales que, el vatihorímetro patrón de referencia puede siempre operarse al mismo nivel de corriente y tensión, independientemente de los requisitos de tensión o corriente de los medidores comparados con los medidores de

referencia. Usualmente tales patrones están alojados en un ambiente con temperatura controlada y están continuamente energizados.

**4.6.10 Intervalo de Tiempo.** El patrón de referencia de intervalo de tiempo en un laboratorio puede ser un reloj u otro dispositivo de conteo cuya velocidad está controlada por un péndulo compensado apropiadamente, o por un cristal u oscilador diapasón en un ambiente controlado adecuadamente. Su operación debería ser tal que las señales de intervalo de tiempo para uso en el laboratorio sean producidas sin reacción significativa sobre los mecanismos reguladores. Tal patrón puede verificarse alguna vez, o ser monitoreado continuamente, usando señales emitidas por la *National Institute of Standards and Technology (NIST)* o El Observatorio Naval de los Estados Unidos de América.

#### **4.6.11 Verificación Periódica de Patrones de Referencia.**

**4.6.11.1 Celdas Patrón y Referencias de Tensión de Estado Sólido.** Las referencias de tensión con las cuales el valor del voltio se mantiene en un laboratorio serán intercomparadas en intervalos frecuentes, y serán comparadas en intervalos adecuados con referencias de tensión apropiadas que mantiene un laboratorio de patrones independiente fijo reconocido, preferiblemente usando patrones transportables especiales. Si el grupo de referencia local consiste de celdas no saturadas, ellas se compararán con celdas de referencia saturadas en intervalos que no excedan 1 año. Si el grupo de referencia consiste de celdas saturadas, el intervalo entre comparaciones con un grupo de celdas saturadas mantenidas independientemente puede incrementarse después de que se ha establecido la estabilidad del grupo.<sup>14</sup>

**4.6.11.2 Patrones de Resistencia.** Los resistores patrones de referencia, con los cuales la unidad de resistencia se mantiene en un laboratorio, serán intercomparados frecuentemente, y se verificarán por un laboratorio de patrones independiente en intervalos no mayores a 2 años.

**4.6.11.3 Patrones de Relación y Transferencia.** Patrones de relación (ya sea de corriente alterna o corriente directa) y patrones de transferencia corriente directa-corriente alterna se verificarán periódicamente o en cualquier momento que haya razón de sospechar de un cambio en su desempeño, y cuando una auto-verificación de sus características no elimina la incertidumbre en cuestión.

**4.6.11.4 Patrones de Referencia de Energía.** Vatíhorímetros utilizados como patrones de referencia para mantener la unidad de energía serán intercomparados a intervalos frecuentes. Además, sus registros se determinarán periódicamente por medio de calibraciones apropiadas.

---

<sup>14</sup> Muchas celdas saturadas se construyen sin barrera para sostener los materiales electrodos en su lugar. Tales celdas no pueden invertirse y por consiguiente no pueden ser transportadas pero deben llevarse a mano para comparaciones entre laboratorio. Algunos fabricantes colocan barreras retenedoras en sus celdas saturadas, y establecen que estas celdas pueden transportarse sin daño. En cualquier caso, independientemente del medio de transporte, es preferible evitar ya sea tiempo extremadamente caliente o extremadamente frío, o cualquier condición que podría someter la celda a severos choques mecánicos o térmicos.

**4.7 Patrones Secundarios de Laboratorio.** Los patrones secundarios de un laboratorio son aquellos que se utilizan en tareas rutinarias de calibración del laboratorio. Ellos se verifican en términos del laboratorio de patrones de referencia, y se utilizan para calibración de instrumentos y medidores de taller, así como para otras tareas rutinarias de medición para las cuales se requiere moderadamente una exactitud alta.

**4.7.1 Equipo de Medición de Tensión.** El equipo normalizado de trabajo básico de un laboratorio de medidor deberá incluir uno o más voltímetros digitales de alta calidad y shunts teniendo rangos y exactitudes apropiados para todas las verificaciones de calibración en voltímetros y vatímetros.

#### **4.7.2 Instrumentos Indicadores.**

**4.7.2.1 Clases de Exactitud.** Debería conocerse que la designación de clase de exactitud (ver ANSI C39.1-1981 [2]) de un instrumento analógico es una especificación de su desempeño bajo condiciones de referencia e inmediatamente después de que su circuito se energiza. Cuando el instrumento se usa bajo otras condiciones que las de referencia, la clase de exactitud indicada puede que no se logre; en particular, la influencia de operación ininterrumpida sobre la respuesta del instrumento puede ser significativa. Por lo tanto, para mejor exactitud las condiciones bajo las cuales se verifica la calibración de corriente directa se aproximarán a la condición de uso tan próxima como en la práctica. La diferencia entre la respuesta de corriente alterna y el promedio de indicaciones de corriente directa invertidas para una señal de magnitud equivalente no se afectará significativamente por el tiempo en el circuito, así diferencias corriente alterna-corriente directa no necesitan redeterminarse por la diferencia en situaciones de uso.

La exactitud asignada de un voltímetro digital conforme a ANSI C39.6-1983 [3], aplica sobre un rango bastante amplio de condiciones de operación. Muchos voltímetros digitales de corriente alterna responden al promedio en vez de al valor eficaz, y se utilizarán con precaución en formas de onda distorsionadas.

**4.7.2.2 Instrumentos con Cojinetes o Suspensiones.** Instrumentos patrones secundarios teniendo cojinetes de aguja y joya tendrán ubicaciones permanentes en el laboratorio, y se moverán lo mínimo que sea posible para evitar daños al cojinete con consecuente incremento de la fricción. Instrumentos teniendo suspensiones de banda tensa están libres de errores por fricción y generalmente no son dañados por manipulación razonable en el laboratorio.

**4.7.2.3 Extensión de Rango.** El rango de un instrumento corriente alterna puede extenderse por medio del uso de transformadores de medida cuyas correcciones se conocen para una carga particular del instrumento con los cuales ellos se utilizan. El rango de tensión de instrumento para circuitos de corriente alterna puede también extenderse por medio del uso de resistores en serie, pero este método de extensión de rango usualmente se limita a 600 V.

**4.7.3 Vatíhorímetros.** Vatíhorímetros patrones secundarios de rangos apropiados, compensados tanto como sea factible para varias fuentes conocidas de error, se requieren a veces para la determinación de la exactitud de registro del vatíhorímetro patrón portátil utilizado en el taller y pruebas de campo y operaciones de ajuste.

**4.7.4 Verificaciones de la Calibración.** Aún cuando se ha demostrado que los patrones secundarios de un laboratorio son estables, los peligros de cambio accidental o daño por mal uso en la operación diaria del laboratorio pueden estar presentes. Por lo

tanto, verificaciones de calibración frecuentes constituyen la seguridad contra mediciones defectuosas que no se detectan por un período extenso.

**4.7.4.1 Accesorios Para Medición de Tensión.** Resistores patrones secundarios de mediciones de corriente (shunts), cajas de voltio, y celdas patrón se verificarán en intervalos frecuentes y regulares en términos de patrones de referencia del laboratorio apropiado.

**4.7.4.2 Calibraciones de Voltímetros Digitales (Multímetros.)** Voltímetros digitales (multímetros) se calibrarán con patrones externos en intervalos recomendados por el fabricante, pero no menos de una vez al año. Características de auto prueba integrada se utilizarán cada día que las mediciones se hagan; estas pruebas complementan pero no reemplazan las calibraciones con patrones externos.

**4.7.4.3 Instrumentos Indicadores.** Uno o más puntos de referencia de la calibración de corriente directa de instrumentos indicadores patrones secundarios se verificarán por medio de potenciómetros en intervalos de 2 semanas a 3 meses, dependiendo de la frecuencia de uso; y una verificación completa de corriente directa en todo su rango de trabajo se hará en intervalos de 3 meses a un año.

Calibración de consolas de corriente directa y alterna (ajustables, lecturas directas de la fuente de suministro) son muy convenientes para rutinas de comprobación de instrumentos. Las calibraciones periódicas de tales consolas (usualmente con potenciómetros de corriente directa y patrones de transferencia corriente directa-corriente alterna) serán cuidadosamente consideradas.

**4.7.4.4 Vatíhorímetros.** Vatíhorímetros utilizados como patrones secundarios serán intercomparados en intervalos frecuentes y regulares, y sus errores de registro serán redeterminados por un procedimiento de integración de potencia-tiempo o por comparación con vatíhorímetros patrones de referencia (ver 4.6.9) en intervalos que no excedan 6 meses.

**4.8 Instrumentos de Taller.** Instrumentos de taller son instrumentos y medidores que se utilizan en rutinas regulares de taller u operaciones de campo. Sus calibraciones se verificarán en términos de patrones secundarios de un laboratorio apropiado.

**4.8.1 Instrumentos Indicadores.** Amperímetros portátiles, voltímetros, y vatímetros utilizados en la operación regular de taller de medidor serán de buena calidad y de rangos apropiados. Instrumentos analógicos no se operarán a menos de un tercio de su valor de fin de escala. Dependiendo de la exactitud deseada para una medición particular que se esté haciendo, Clases 0.25 o 0.5 (o en algunas instancias aun 1.0) pueden ser apropiadas. Las correcciones para los instrumentos de taller serán, regular y frecuentemente redeterminadas, usando instrumentos patrones secundarios de laboratorio.

**4.8.2 Vatíhorímetros Patrones Portátiles.** Vatíhorímetros patrones portátiles que están en constante uso se verificarán como mínimo, dos veces al mes<sup>15</sup> sobre un rango de corriente y tensión comúnmente utilizado. Se tomará acción correctiva tal como una

---

<sup>15</sup> Recomendaciones en Capítulo IV de esta norma para la calibración de instrumentos, medidores, y otros aparatos de medición están basadas sobre servicio promedio en laboratorios típicos y talleres. Mayores intervalos pueden utilizarse si se sustentan por registros adecuados de desempeño.

recalibración completa o reparación, cuando el registro en puntos de verificación utilizados comúnmente se desvíe por más que los límites aceptables.

**4.9 Registros de Desempeño.** Se guardarán registros continuos del desempeño de cada instrumento y patrón en el laboratorio o taller. Cuando este registro muestre variación excesiva entre pruebas, el equipo se someterá a una investigación especial para determinar la causa de la variación. Si la causa no puede determinarse y corregirse, el uso del instrumento o patrón se discontinuará.

**4.9.1 Importancia de los Registros.** Registros continuos en instrumentos y patrones son importantes por estas razones:

- (1) Pueden ser muy informativos acerca de la calidad del equipo del laboratorio y la competencia del personal del laboratorio.
- (2) El valor de un patrón incrementa como prueba de que su estabilidad aumenta.
- (3) Registros continuos de desempeño ayudan en decisiones tanto para guardar, degradar, o descartar un patrón o instrumento.
- (4) Registros continuos ayudan en decisiones concernientes al intervalo entre calibración o pruebas de verificación de un instrumento o patrón.

**4.10 Condiciones Anormales.** Cuando se sospeche que un patrón ha sido sometido a condiciones o tratamiento anormales, debe verificarse independientemente del tiempo que ha transcurrido desde su última verificación de calibración. Resistencia de aparatos que han sufrido un cambio brusco en valor por el mal manejo algunas veces tendrán deriva durante unas pocas semanas o meses antes de estabilizarse en un valor diferente.

**4.11 Especificación de Instrumento.** Se sugieren ANSI C39.1-1981 [2], y ANSI C39.6-1983 [3], como guías para especificar las características de desempeño y la calidad de instrumentos indicadores patrones portátiles y de laboratorio.

**4.12 Desempeño Aceptable de Vatíhorímetros Patrones.**

**4.12.1 Generalidades.**

**4.12.1.1 Vatíhorímetros Patrones Aceptables.** Para ser aceptables, los vatíhorímetros patrones nuevos serán capaces de amoldarse a los requisitos mecánicos como los especificados en 4.12.2 (Medidores Patrones Portátiles) o 4.12.3 (Medidores Patrones de Referencia), y los requisitos de desempeño como los especificados en 4.13.2 (Medidores Patrones Portátiles) o 4.13.3 (Medidores Patrones de Referencia), y [Tabla 4.13](#), la cual pretende determinar su fiabilidad y exactitud aceptable a tal grado que esas cualidades puedan demostrarse por pruebas de laboratorio. En general, todas las pruebas listadas se harán en cada nuevo tipo de vatíhorímetro patrón y la mayoría de ellas se harán en cada nuevo medidor patrón del mismo tipo, dependiendo de las necesidades del laboratorio en particular. Se reconocen dos clases de vatíhorímetros patrones: vatíhorímetros patrones portátiles, los cuales se utilizan para taller y pruebas de campo, y

los vatiorímetros patrones de referencia, los cuales se utilizan para mantener la unidad de energía en el laboratorio de medidor.<sup>16</sup>

**4.12.1.2 Adecuación del Laboratorio de Prueba.** Pruebas para la determinación de la aceptabilidad de los tipos de medidores patrones bajo estas especificaciones se harán en un laboratorio teniendo las facilidades adecuadas, utilizando instrumentos de un orden de exactitud y precisión capaz de verificar conforme a las especificaciones. Estos instrumentos se verificarán contra los patrones de referencia del laboratorio antes y después de las pruebas. Las pruebas se realizarán por personal que tenga exhaustiva práctica y conocimiento teórico de medidores y adecuado entrenamiento haciendo mediciones de precisión.

**4.12.1.3 Tolerancias.** El medidor patrón bajo prueba se considerará que está dentro de límites específicos a menos que el resultado de la prueba exceda el límite por más del valor de la incertidumbre de medición asignada para cubrir los posibles errores en los patrones de referencia del laboratorio, observaciones, y procedimientos.

#### **4.12.2 Requisitos Mecánicos para Medidores Patrones Portátiles.**

**4.12.2.1 Generalidades.** Todas las partes que están sujetas a influencia de la corrosión bajo condiciones de trabajo normales se protegerán efectivamente contra la corrosión debida a causas atmosféricas. Cualquier revestimiento protector no estará sujeto a daño por manejo ordinario o ser afectado perjudicialmente por exposición al aire bajo condiciones ordinarias. La construcción del medidor será adecuada para su propósito en todo lo que respecta, y dará confianza de permanencia en todos los ajustes mecánicos, eléctricos y magnéticos.

**4.12.2.2 Dispositivos de Ajuste.** Dispositivos de ajuste serán auto-asegurables o, alternativamente, serán capaces de fijarse en posición, y la acción de tales dispositivos de cerradura no alterará el ajuste del medidor patrón. Todos los ajustes mecánicos, eléctricos y magnéticos serán capaces de control fino, y serán de tal diseño para dar confianza de permanencia.

**4.12.2.3 Medios de Nivelación Opcionales para Medidores Tipo Inducción.** Un indicador de nivel se suministrará en la cima del medidor patrón en una posición fácilmente legible cuando el medidor patrón está en uso. La sensibilidad del indicador será tal que una divergencia de nivel de 0.5° sea fácilmente detectable. Se suministrarán facilidades para el ajuste del nivel del medidor patrón.

**4.12.2.4 Caja.** La caja será de suficiente fuerza para ofrecer a las partes trabajando, protección adecuada contra daños bajo condiciones normales de manipulación, uso, y transportación; y ofrecerá protección sustancial interior contra la entrada de polvo. Medidores patrones portátiles se ubicarán con una cubierta desmontable para cerrar la lectura, terminales, y controles, y estar equipada con una correa de acarreo adecuada. El interior de la cubierta incluirá unos medios para fijar una tarjeta de calibración.

**4.12.2.5 Sellado.** Se abastecerá para el sellado del medidor patrón se hará para detectar accesos no autorizados a las partes trabajando y a dispositivos de ajuste eléctrico y magnético.

---

<sup>16</sup> Por brevedad, estos son llamados medidores patrones portátiles y medidores patrones de referencia en 4.12 y 4.13. Para requisitos aplicables a ambos tipos, se usa el término medidores patrones (vatio-hora).

**4.12.2.6 Ventana.** Una ventana de cristal u otro material transparente adecuado se suministrará para permitir una visión clara de la lectura de salida. Ella será sustancialmente a prueba de polvo y reemplazable.

**4.12.2.7 Terminales.** La identificación de terminales estará adyacente a cada terminal y será de una naturaleza permanente.

**4.12.2.8 Registro (Mecanismo de Conteo)**

**4.12.2.8.1 Escalas de Registro.** Para vatihorímetros patrones con aguja y lecturas de salida tipo dial, el registro tendrá una escala de barrido y no menos de dos escalas totalizadas. El pico del barrido atravesará su escala de tal manera que permitirá exactitud de lectura. Una revolución del barrido representará una revolución del rotor. Será diseñado como para minimizar error de paralaje y ser legible a 1/100 de una revolución. Escalas totales estarán graduadas y adecuadamente marcadas en múltiplos de 10 y totalizarán a no menos de 100 revoluciones del barrido.

**4.12.2.8.2 Suministro Para Sensores Fotoeléctricos.** El barrido de vatihorímetros patrones con aguja y lecturas de salida tipo dial estará provisto con un área reflectora adecuada para sensores fotoeléctricos externos.

**4.12.2.8.3 Lecturas de Salidas Digitales.** Vatihorímetros patrones con lectura de salida digital tendrán una resolución correspondiente a un mínimo de 1/1000 de una revolución de un registro tipo aguja para un medidor de rangos de corriente y tensión similares, y serán capaces de totalizar al menos 100 revoluciones equivalentes. Alternativamente, ellos tendrán una lectura de salida en otras unidades adecuadas, tales como porcentaje de registro, con una resolución equivalente.

**4.12.2.8.4 Restablecimiento de las Lecturas de Salida.** Se acomodará un dispositivo de restablecimiento fácilmente accesible de modo que todas las agujas o los dígitos de la lectura de salida puedan reestablecerse simultáneamente a cero por medio de una simple operación. Tal operación no distorsionará permanentemente los ejes de las agujas (donde sea aplicable.)

**4.12.2.8.5 Lubricación de Los Registros.** El tren de engranaje del registro no requerirá lubricación.

**4.12.2.9 Suministros Opcionales para Salida de Pulso.** Se proveerá una salida de pulso tal que el número de pulsos sea proporcional a la energía medida. Conexiones a la salida de pulso estarán fácilmente accesibles en las afueras del medidor patrón.

**4.12.2.10 Protección de Sobrecorriente.** Las bobinas de corriente pueden protegerse por un fusible u otros medios. Si se usa un fusible, éste debe ser reemplazable desde afuera.

**4.12.2.11 Placa de Datos.** Se suministrará una placa de datos en las afueras de la caja para mostrar toda la información necesaria, incluyendo fabricante, tipo, número de serie, valores asignados de tensión, valores asignados de corriente, frecuencia, número de modelo, y constante de vatio-hora ( $K_h$ ) o constante de energía ( $K_e$ ) a valores asignados básicos de tensión y corriente.

**4.12.2.12 Freno del Rotor (Medidores tipo Inducción.)** Se proveerá un freno adecuado de rotor para prevenir fluctuaciones del rotor cuando sólo se aplica corriente.

### **4.12.3 Requisitos Mecánicos para Medidores Patrones de Referencia.**

**4.12.3.1 Generalidades.** Todas las partes que están sujetas a influencia de corrosión bajo condiciones de trabajo normales se protegerán efectivamente contra la corrosión debida a causas atmosféricas. Cualquier revestimiento protector no estará sujeto a daño por manejo ordinario o ser afectado perjudicialmente por exposición al aire bajo condiciones ordinarias. La construcción del medidor será adecuada para su propósito en todo lo que respecta, y dará confianza de permanencia en todos los ajustes mecánicos, eléctricos, y magnéticos.

**4.12.3.2 Dispositivos de Ajuste.** Dispositivos de ajuste serán auto-asegurables o, alternativamente, serán capaces de fijarse en posición, y la acción de tales dispositivos de cerradura no alterará el ajuste del medidor patrón. Todos los ajustes mecánicos, eléctricos y magnéticos serán capaces de control fino, y serán de tal diseño para dar confianza de permanencia.

**4.12.3.3 Medios de Nivelación para Medidores Tipo Inducción.** Un indicador de nivel se suministrará en la cima del medidor patrón en una posición fácilmente legible cuando el medidor patrón está en uso. La sensibilidad del indicador será tal que una divergencia de nivel de  $0.5^\circ$  sea fácilmente detectable. Se suministrarán facilidades para el ajuste del nivel del medidor patrón serán suministradas.

**4.12.3.4 Caja.** La caja será de suficiente fuerza para ofrecer a las partes trabajando, protección adecuada contra daños bajo condiciones normales de manipulación, uso, y transportación; y ofrecerá protección sustancial interior contra la entrada de polvo.

**4.12.3.5 Sellado.** El abastecimiento para el sellado del medidor patrón se hará para detectar accesos no autorizados a las partes trabajando y a dispositivos eléctricos y magnéticos.

**4.12.3.6 Ventana.** Se suministrará una ventana de cristal u otro material transparente adecuado, si es aplicable, para permitir una visión clara de la lectura de salida. Ella será sustancialmente a prueba de polvo y reemplazable.

**4.12.3.7 Terminales.** La identificación de terminales estará adyacente a cada terminal y será de una naturaleza permanente.

**4.12.3.8 Lecturas de Salida Digitales.** Vatihorímetros patrones con una lectura de salida digital tendrán una resolución correspondiente a un mínimo de  $1/1000$  de una revolución de un registro tipo aguja para un medidor de rangos de corriente y tensión similares, y serán capaces de totalizar al menos 100 revoluciones equivalentes. Alternativamente, ellos tendrán una lectura de salida en otras unidades adecuadas, tales como porcentaje de registro, con una resolución equivalente.

**4.12.3.8.1 Restablecimiento de las Lecturas de Salida.** Se acomodará un dispositivo de restablecimiento fácilmente accesible de modo que los dígitos de la lectura de salida puedan restablecerse simultáneamente a cero por medio de una simple operación.

**4.12.3.9 Suministros para Salida de Pulso.** Se proveerá una salida de pulso será provista tal que el número de pulsos sea proporcional a la energía medida. Conexiones a la salida de pulso estarán fácilmente accesibles en las afueras del medidor patrón.

#### **4.13 Requisitos de Desempeño para Vatihorímetros Patrones.**

**4.13.1 Condiciones Generales de Prueba.** El medidor patrón bajo prueba estará en buena condición de operación, y su registro en rangos básicos de tensión y corriente se ajustará como sea factible a 100% con 25% y 100% de la corriente asignada a factor de potencia 1.0, y con 100% de la corriente asignada a factor de potencia de 0.5. El medidor se energizará en el rango básico a 100% de tensión y corriente asignadas por lo menos 1 hora previa a la prueba. A menos que se especifique de otra manera, todas las pruebas se harán en el rango básico, y las condiciones listadas en 4.13.1.1 hasta 4.13.1.8 aplicarán. Todas las pruebas a otro factor de potencia que la unidad son con corriente en atraso, a menos que se advierta de otra manera.

**4.13.1.1 Tensión Aplicada.** La tensión aplicada será constante dentro de  $\pm 1.0\%$ .

**4.13.1.2 Corriente Aplicada.** La corriente aplicada será constante dentro de  $\pm 1.0\%$ .

**4.13.1.3 Ángulo de Fase.** El ángulo de fase será constante dentro de  $\pm 2^\circ$ .

**4.13.1.4 Frecuencia.** La frecuencia será 60 Hz y ser constante dentro de  $\pm 0.2\%$ .

**4.13.1.5 Distorsión de La Forma de Onda.** La distorsión armónica total de tensión y corriente aplicadas no excederá 2.0%.

**4.13.1.6 Temperatura Ambiente.** La temperatura ambiente será  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .

**4.13.1.7 Nivel.** Vatihorímetros patrones tipo inducción estarán a un nivel dentro de  $\pm 0.5^\circ$ .

**4.13.1.8 Campo Magnético Externo.** Fuertes campos magnéticos pueden afectar el desempeño de los medidores patrones. Se debe tener cuidado para evitar colocar los medidores en las proximidades de transformadores y lazos de cables de corriente de prueba.

**4.13.1.9 Aislamiento.** El aislamiento entre partes portadoras de corriente de circuitos separados y entre partes portadoras de corriente y otras partes metálicas será conforme a ANSI/ISA S82.01-1988 [7], Sección 9.12, y será capaz de resistir la aplicación de una tensión senoidal eficaz de 2.3 kV, 60 Hz, por 1 minuto.

#### **4.13.2 Requisitos de Desempeño para Medidores Patrones Portátiles.**

##### **4.13.2.1 Deriva.**

*Condición de Prueba (1):* Con 250% de la corriente asignada y con tensión de circuito abierto, la indicación no deberá cambiar perceptiblemente en 1 minuto.

*Condición de Prueba (2):* Con 100% de la corriente asignada, el dispositivo de frenado sobre el vatihorímetro patrón del tipo inducción inmediatamente liberará el rotor cuando se aplica el 70% de tensión asignada.

##### **4.13.2.2 Efecto de una Variación de Corriente a Factor de Potencia 1.0**

*Condición de Prueba (1):* Con 50%, 150%, y 200% de la corriente asignada, el registro no diferirá del valor a 100% de la corriente asignada por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

#### **4.13.2.3 Efecto de Variación de Corriente a Factor de Potencia 0.5**

*Condición de Prueba (1):* Con 50% y 200% de la corriente asignada, el registro no diferirá del valor a 100% de la corriente asignada por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

#### **4.13.2.4 Efecto de la Variación de Tensión a Factores de Potencia Indicados en la Tabla 4.13**

*Condición de Prueba (1):* Con 25% de la corriente asignada a factor de potencia de 1.0, el registro a 90% y 110% de la tensión asignada no diferirá del valor a 100% de la tensión asignada por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

*Condición de prueba (2):* Con 100% de la corriente asignada, a factores de potencia 1.0 y 0.5, el registro a 90% y 110% de la tensión asignada no diferirá del valor a 100% de la tensión asignada por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

NOTA: Cuando un medidor es provisto con un multiplicador externo con el propósito de extender el rango de tensión, esta prueba incluirá la extensión del valor asignado de tensión con el multiplicador conectado en el circuito.

#### **4.13.2.5 Igualdad de Rangos de Corriente y Tensión**

**4.13.2.5.1 Igualdad de Rangos de Corriente.** El patrón se probará con corriente asignada a factores de potencia 1.0 y 0.5 para cada rango de corriente a 100% de la tensión asignada. Sobre todos los rangos de corriente, el registro no diferirá del registro sobre el rango básico de corriente por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

**4.13.2.5.2 Igualdad de Rangos de Tensión.** Los medidores patrones se probarán con tensión asignada a factores de potencia de 1.0 y 0.5 para cada rango de tensión con 100% de la corriente asignada del rango básico de corriente. Sobre todos los rangos de tensión, el registro no diferirá del registro sobre el rango básico de tensión por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

Cuando un medidor es provisto con un multiplicador externo con el propósito de extender el rango de tensión, esta prueba incluirá la extensión del valor asignado de tensión con el multiplicador conectado en el circuito.

**4.13.2.6 Efecto de la Variación de la Temperatura Ambiente.** Las condiciones de prueba son las siguientes: El medidor patrón se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  y permitirle permanecer por no menos de 2 horas con el circuito de tensión energizado. Luego el medidor se probará con 100% de corriente asignada a factores de potencia de 1.0 y 0.5.

*Condición de Prueba (1):* El medidor patrón portátil se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $0\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  por no menos de 2 horas con el circuito de tensión energizado. El medidor se probará con 100% de la corriente asignada a factores de potencia de 1.0 y 0.5.

*Condición de Prueba (2):* Repita condición (1), excepto que el medidor patrón portátil se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .

A  $0\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  y  $50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  el registro no diferirá del valor a  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

**Tabla 4.13**  
**Vatíhorímetros Patrones**

Sección	Condición de Prueba	% Desviación Máxima*	
		Patrón Portátil	Patrón de Referencia
4.13.2.2	(1) ----	0.25	----
4.13.3.2	(2) ----	----	0.10
(Variación de corriente a fp 1.0.)			
4.13.2.3	(1) 50% I	0.40	----
4.13.2.3	(1) 200% I	0.60	----
4.13.3.3	(2) ----	----	0.10
(Variación de corriente a fp 0.5)			
4.13.2.4	(1) fp 1.0	0.30	----
4.13.2.4 o 4.13.3.4	(2) fp 1.0	0.20	0.10
(Variación de tensión)	(2) fp 0.5	0.40	0.15
4.13.2.5.1 o 4.13.3.5.1	fp 1.0	0.20	0.10
(Igualación de rangos de corriente)	fp 0.5	0.40	0.10
4.13.2.5.2 o 4.13.3.5.2	----	0.25	0.10
(Igualación de rangos de tensión)			
4.13.2.6	(1) fp 1.0	0.30	----
	(1) fp 0.5	0.50	----
	(2) fp 1.0	0.30	----
	(2) fp 0.5	0.50	----
4.13.3.6	(3) fp 1.0	----	0.10
	(3) fp 0.5	----	0.15
(Variación de temperatura)	(4) fp 1.0	----	0.10
	(4) fp 0.5	----	0.15
4.13.2.7	----	0.20	----
(Efecto del calor interno)			
4.13.2.8	25% I	0.20	----
(Efecto de inclinación)	100% I	0.10	----
4.13.2.9 o 4.13.3.9	----	0.20	0.05
(Repetibilidad)			

\* El porcentaje de desviación denota la máxima diferencia permisible entre el porcentaje de los registros percibidos en la condición de referencia y en condiciones de prueba especificadas.

**4.13.2.7 Efecto del Calor Interno.** El rango básico del medidor patrón portátil se probará con 100% de corriente asignada a factores de potencia de 1.0 y 0.5. Luego, se aplicará 200% de la corriente asignada al rango de corriente más alto por 2 horas y el rango básico se volverá a probar inmediatamente después con 100% de la corriente asignada a factores de potencia de 1.0 y 0.5. El cambio en registro no excederá la cantidad especificada en la Tabla 4.13.

**4.13.2.8 Efecto de Inclinación (Sólo Medidores Tipo Inducción.)** El rango básico del medidor patrón portátil se probará con 25% y 100% de la corriente asignada a factor de potencia de 1.0. El medidor se inclinará 1° hacia adelante, atrás, a la izquierda, y a la derecha, y se probará en cada posición con 25% y 100% de la corriente asignada a factor de potencia de 1.0. El cambio en el registro de alguna de estas posiciones no excederá la cantidad especificada en la Tabla 4.13.

**4.13.2.9 Repetibilidad de Desempeño.** El medidor patrón se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y se operará continuamente con 10% de la corriente asignada a factor de potencia 1.0 por un período de 1 semana. El porcentaje de registro, a tensión asignada, a 25% y 100% de la corriente asignada se determinará en el comienzo de la prueba y en cuatro intervalos sucesivos, como mínimo con 24 horas de separación, durante la semana. El cambio en el porcentaje de registro no diferirá de aquel al comienzo de la prueba por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

#### **4.13.3 Requisitos de Desempeño para Medidores Patrones de Referencia**

##### **4.13.3.2 Efecto de Variación de la Corriente a Factor de Potencia 1.0**

**Condición de Prueba (2):** Con 90% y 100% de la corriente asignada, el registro no diferirá del valor a 100% de la corriente asignada por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

##### **4.13.3.3 Efecto de Variación de la Corriente a Factor de Potencia 0.5**

**Condición de Prueba (2):** Con 90% y 100% de la corriente asignada, el registro no diferirá del valor a 110% de la corriente asignada por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

##### **4.13.3.4 Efecto de Variación de Tensión a los Factores de Potencia Indicados en la Tabla 4.13**

**Condición de Prueba (2)** Con 100% de la corriente asignada, el registro a 90% y 110% de la tensión asignada no diferirá del valor a 100% de la tensión asignada por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

##### **4.13.3.5 Igualdad de Rangos de Corriente y Tensión**

**4.13.3.5.1 Igualdad de Rangos de Corriente.** El patrón se probará con corriente asignada a factores de potencia de 1.0 y 0.5 para cada rango de corriente de 100% de la tensión asignada. Sobre todos los rangos de corriente, el registro no diferirá del registro del rango básico de corriente por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

**4.13.3.5.2 Igualdad de Rangos de Tensión.** El medidor patrón se probará con tensión asignada a factores de potencia de 1.0 y 0.5 para cada rango de tensión con 100% de la corriente asignada sobre el rango básico de corriente. Sobre todos los rangos de tensión, el registro no diferirá del registro del rango básico de tensión por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

**4.13.3.6 Efecto de Variación de Temperatura Ambiente.** Las condiciones de prueba son las siguientes: El medidor patrón se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y permitirle permanecer por no menos de 2 horas con el circuito de tensión energizado. Luego el medidor se probará con 100% de la corriente asignada a factores de potencia de 1.0 y 0.5.

*Condición de Prueba (3):* El medidor patrón de referencia se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $11\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  por no menos de 2 horas con el circuito de tensión energizado. El medidor se probará con 100% de la corriente asignada a factores de potencia de 1.0 y 0.5.

*Condición de Prueba (4):* Repita la condición (3), excepto que el medidor patrón de referencia se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

A  $11\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  y  $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  el registro no diferirá del valor a  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

**4.13.3.7 Repetibilidad de Desempeño.** El medidor patrón se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ , y se operará continuamente con 10% de la corriente asignada a factor de potencia de 1.0 por un período de 1 semana. El porcentaje de registro, a tensión asignada, a 25% y 100% de la corriente asignada se determinará en el comienzo de la prueba y en cuatro intervalos sucesivos, como mínimo con 24 horas de separación, durante la semana. El cambio en el porcentaje de registro no diferirá de aquel al comienzo de la prueba por más de la cantidad especificada en la [Tabla 4.13](#).

## CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO IV

- 1) Las magnitudes eléctricas se describen por una serie de nombres y símbolos que las representan, los cuales son reconocidos internacionalmente por todos los laboratorios y talleres relacionados con la medición de electricidad y deben emplearse como tales a la hora de la medición de electricidad.
- 2) Es muy importante diferenciar las funciones que se les asignan a cada una de las infraestructuras que tienen que ver con la metrología, ya que un laboratorio principalmente se encarga de mantener los patrones en términos de patrones nacionales y de asignar valores a patrones de trabajo, mientras que en un taller de medidor, se realizan tareas de comprobación, reparación y calibración.
- 3) Los patrones pueden ser primarios, siendo los de más alta calidad metrológica, secundarios, cuyos valores se establecen por comparación con uno primario o ser patrones de trabajo utilizados para hacer comparaciones en el nivel más bajo de un laboratorio. Existen además, patrones nacionales reconocidos por decisión oficial nacional para servir de base dentro de un país en la fijación de los valores de todos los otros patrones de la magnitud concerniente.
- 4) Un patrón de trabajo es la principal herramienta de trabajo en un laboratorio donde se hacen calibraciones masivas de instrumentos de medición, y cuyo valor se fija por comparación con un patrón secundario, el que a su vez se compara con uno de referencia, y que en el caso de El Salvador, este patrón de trabajo cuenta con el respaldo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).
- 5) En un laboratorio además de la importancia que tiene todo el equipo existente, no se deben despreciar las condiciones ambientales, ya que si están fuera de los niveles o rangos apropiados provocan que los resultados se afecten, principalmente si los que se están midiendo son patrones que se utilizan para comparar a otros patrones de nivel inferior de alguna magnitud en particular.
- 6) La calibración se define como la comparación de un patrón o instrumento de medición de exactitud elevada y conocida, con otro patrón o instrumento bajo prueba, para detectar o reportar cualquier variación del instrumento probado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FLUKE. Calibration: Philosophy In Practice. Estados Unidos de América. Segunda Edición.

## CAPÍTULO V

### DESEMPEÑO ACEPTABLE DE NUEVOS TIPOS DE MEDIDORES

#### ELÉCTRICOS, TRANSFORMADORES DE MEDIDA

#### Y EQUIPO ASOCIADO

**5.0 Introducción.** Este Capítulo presenta lo relacionado con el desempeño aceptable de nuevos tipos de medidores y dispositivos utilizados en la medición de electricidad. Dentro de este desempeño, entran en juego una serie de factores aplicables a vatihorímetros, medidores y registros de demanda, registradores de pulso; incluyendo además los distintos transformadores que se utilizan en dicha medición. Existen factores que aplican a todos los medidores y dispositivos mencionados, entre los cuales están los distintos tipos de medidores y dispositivos, las especificaciones para diseño y construcción, forma de hacer la selección para realizar las pruebas y las condiciones requeridas para éstas, las reglas que gobiernan la aceptación de tipos, así como los requisitos de desempeño.

Para medidores y registros de demanda existen consideraciones adicionales, que dependen del tipo que se está utilizando, además de pruebas enfocadas a dispositivos que forman parte del funcionamiento de dichos medidores y registros de demanda.

En transformadores de medida, se consideran aspectos relacionados con la clase de exactitud, con el fin de garantizar que los transformadores no afecten la medición.

Todo lo anterior, se respalda con una serie de tablas, condiciones y dibujos dependiendo el caso en particular.

### 5.1 Vatihorímetros

#### 5.1.1 Generalidades

**5.1.1.1 Medidores Aceptables.** Los nuevos tipos de medidores electromecánicos, para ser aceptables, se adaptarán a ciertos requisitos especificados en 5.1.3 hasta 5.1.8, los cuales pretenden determinar su confiabilidad y exactitud aceptable a tal grado que estas cualidades puedan demostrarse por pruebas de laboratorio.

**5.1.1.2 Adecuación del Laboratorio de Prueba.** Las pruebas para determinar la aceptabilidad de los tipos de medidores bajo estas especificaciones se harán en un laboratorio de medidor teniendo las facilidades adecuadas, usando instrumentos de un orden de exactitud como mínimo igual al de los instrumentos de taller y patrones descritos en El Capítulo IV. Estos instrumentos deberían verificarse contra patrones secundarios de laboratorio antes y después de las pruebas, o más a menudo como se requiera. Las pruebas se realizarán sólo por personal que tenga un exhaustivo

conocimiento teórico y práctico de medidores y entrenamiento adecuado en la realización de mediciones de precisión.

**5.1.2 Definiciones.** Los siguientes términos se utilizan en esta sección y se definen en el Capítulo II:

- (1) prueba de aprobación (Ver 2.75)
- (2) designación de clase (Ver 2.90)
- (3) arrastre (Ver 2.91)
- (4) forma de designación (Ver 2.92)
- (5) rango de carga (Ver 2.98)
- (6) laboratorio de medidor (Ver 2.31)
- (7) porcentaje de error de un medidor (Ver 2.100)
- (8) porcentaje de registro de un medidor (Ver 2.101)
- (9) desempeño de referencia (Ver 2.105)
- (10) corriente de prueba (Ver 2.114)
- (11) medidores de dos velocidades (Ver 2.115)
- (12) porcentaje de distorsión de forma de onda (Ver 2.117)

### **5.1.3 Tipos de Vatíhorímetros**

**5.1.3.1 Tipo Básico.** Los medidores se consideran que son del mismo tipo básico si se producen por el mismo fabricante, llevan un tipo de designación relacionado, son del mismo diseño general, y tienen la misma relación de partes. Ellos deben ser sustancialmente equivalentes en los siguientes aspectos:

- (1) Arreglo y forma de circuitos magnéticos
- (2) Circuitos y conexiones eléctricas
- (3) Torque para carga elevada
- (4) Velocidad para carga elevada
- (5) Diseño del sistema de magneto de retardo
- (6) Diseño y peso del rotor
- (7) Diseño y tipo de cojinetes del rotor

**5.1.3.2 Variaciones Dentro del Tipo Básico.** Medidores del mismo tipo básico pueden variar de acuerdo al servicio para el cual ellos fueron diseñados, particularmente:

- (1) Valor asignado de tensión
- (2) Valor asignado de Clase y amperios de prueba
- (3) Frecuencia
- (4) Servicio a dos, tres, cuatro o cinco hilos
- (5) Estator sencillo o estator múltiple
- (6) Servicio estrella o delta
- (7) Método de montaje: desmontable (Tipo S) o provisto con compartimientos de terminales (Tipo A), o montaje en tablero de mando.

NOTA: Los factores dados en 5.1.3.2(4) hasta 5.1.3.2(7) están interrelacionados con la forma de designación del vatíhorímetro (ver 2.92)

**5.1.3.3 Designación de Tipos.** Medidores del mismo tipo básico, pero diferentes en el número de estatores, se asignarán por designación de tipo que identificará ambos, el tipo básico y el número de estatores. Además, medidores de dos estatores de

tres hilos, medidores de dos estatores de cuatro hilos delta, y medidores de dos estatores de cuatro hilos estrella se asignarán con diferentes tipos de designaciones.

**5.1.3.4 Aceptación de los Tipos Básicos en Conjunto o Partes.** Un tipo básico de medidor puede aceptarse como un conjunto, o como una variación restringida de un tipo básico.

**5.1.3.5 Variaciones Menores.** Variaciones menores en la construcción mecánica, las cuales no sean de tal naturaleza como para afectar la operación eléctrica del medidor, pueden permitirse en los diferentes medidores del mismo tipo básico.

**5.1.3.6 Medidores que Requieren Pruebas Separadas.** Medidores del mismo tipo básico, pero que difieren en frecuencia, se tratarán como tipos diferentes para propósitos de pruebas de aprobación.

Medidores de estator sencillo de dos o tres hilos del mismo tipo se tratan como tipos diferentes para propósitos de pruebas de aprobación, a menos que ellos sean de hecho similares en todos los detalles esenciales.

Medidores de estator sencillo y estator múltiple del mismo tipo básico se tratan para propósitos de pruebas de aceptación como si ellos fueran de diferentes tipos.

En el caso de medidores diseñados y ajustados para utilizarse con transformadores de intensidad específicos, o transformadores de intensidad y tensión, estas especificaciones aplican al desempeño sólo de los medidores.

**5.1.3.7 Tipos Especiales.** En el caso de un tipo de medidor que está dentro del alcance de estas especificaciones, pero es de tal diseño que algunas de las pruebas especificadas a partir de ahora son inaplicables o no pueden hacerse bajo las condiciones especificadas, puede concederse aprobación limitada sujeta a las restricciones apropiadas.

#### **5.1.4 Especificaciones para Diseño y Construcción**

**5.1.4.1 Designación de Tipo e Identificación.** Cada medidor se designará por tipo y se le dará un número de serie por el fabricante. El número de serie y designación de tipo estarán marcados legiblemente en los datos de placa de cada medidor. El índice del registro se marcará sobre una parte permanente del registro.

**5.1.4.2 Sellado.** Medidores serán provistos con facilidades para sellado para prevenir acceso no autorizado.

**5.1.4.3 Cubierta.** La cubierta será a prueba de polvo, y será hermética a la lluvia si se pretende para instalación externa.

**5.1.4.4 Terminales.** Los terminales del medidor se arreglarán de manera que la posibilidad de cortocircuitos se minimice cuando la cubierta se remueva o reemplace, se hagan conexiones, o el medidor se ajuste.

**5.1.4.5 Construcción y Calidad de Mano de Obra.** Medidores se construirán sustancialmente de buenos materiales en una manera concienzuda, con el propósito de lograr estabilidad del desempeño y exactitud sostenida sobre largos períodos de tiempo y sobre amplios rangos de condiciones de operación con un mínimo de mantenimiento.

**5.1.4.6 Peso del Rotor.** El rotor será tan liviano como sea factible sin el sacrificio de otros aspectos deseables.

**5.1.4.7 Índice de Torque a Fricción de Corriente de Prueba Asignada.** El índice de torque a fricción de corriente de prueba asignada a velocidad correspondiente a la corriente de prueba asignada será alto, minimizando así la posibilidad de cambio en la exactitud del medidor debido a cambios en fricción.

**5.1.4.8 Partes Fijas y Ajustables.** Todas las partes fijas estarán sostenidas en forma segura en una relación permanente. Todas las partes ajustables se construirán de tal forma que, ellas puedan ser fácilmente liberadas, fácilmente movidas, y estar sujetas de manera segura en un lugar sin daño a las partes o al medidor.

**5.1.4.9 Provisión para Ajuste.** Conexiones y partes que requieren ajustes en servicio estarán fácilmente accesibles después de que la cubierta se remueva. Los ajustes permitirán la calibración del medidor a 10% y 100% de la corriente de prueba de placa (TA), a factor de potencia 1.0, para proveer un registro correcto bajo todas las condiciones ordinarias encontradas en servicio, incluyendo el uso de aparatos auxiliares.

### **5.1.5 Selección de Medidores para Pruebas de Aprobación**

**5.1.5.1 Muestras para Ser Representativas del Tipo Básico.** Los medidores a probarse serán representativos del tipo básico y representarán el producto comercial promedio del fabricante.

**5.1.5.2 Número a Ser Probado.** Un mínimo de ocho medidores será sujeto a prueba, excepto en el caso de medidores de estator múltiple y medidores de un tipo inusual o de poco uso, donde un número pequeño puede tomarse como para ser representativo de designaciones de tipo específicas.

Cuando las muestras representando un tipo básico dado incluyen:

- (1) Diferentes valores asignados de corriente; estarán no menos de dos medidores idénticos de cada uno de los valores asignados de corriente por cada grupo.
- (2) Diferentes valores asignados de tensión; estarán no menos de dos medidores idénticos de cada uno de los valores asignados de tensión por cada grupo.
- (3) Diferente número de estatores; estarán no menos de dos medidores idénticos de cada número de estatores representativo por cada grupo.

Para el propósito de esta sección, medidores estrella y delta de cuatro hilos del tipo de dos estatores se consideran como categorías separadas.

Cuando la prueba de un medidor del tipo básico incluye medidores Clase 200, un mínimo de 25% de todos los medidores probados serán Clase 200.

**5.1.5.3 Medidores Adicionales para Reemplazo.** Cuando sea factible, medidores sometidos para pruebas de aprobación serán acompañados por un número adicional suficiente de cada variación dentro del tipo básico, de los cuales, medidores encontrados defectuosos o aquellos dañados accidentalmente pueden reemplazarse.

### **5.1.6 Condiciones de Prueba**

**5.1.6.1 Pruebas para Ser Aplicadas a Todos los Medidores.** Cada medidor se someterá a las pruebas como se especifica en 5.1.8. Sin embargo, si ellos son medidores para servicios especiales o si ellos son una modificación de un tipo que ya ha sido sometido a pruebas, ellos pueden estar exentos de ciertas pruebas.

Cuando los medidores se utilizan como reemplazos para aquellos medidores que fallaron en algunas pruebas, sean defectuosos, o sean dañados durante la prueba, tales medidores de reemplazo se someterán a todas las pruebas requeridas.

**5.1.6.2 Distorsión de La Forma de Onda.** Todas las pruebas de corriente alterna se realizarán en un circuito alimentado por una fuente de onda seno con un factor de distorsión no mayor que 3%.

**5.1.6.3 Cubiertas y Registros.** Cubiertas de medidores, donde sea posible, estarán en su lugar durante todas pruebas.

Los registros de los medidores serán engranados apropiadamente durante las pruebas.

**5.1.6.4 Orden de Realización de las Pruebas.** Los ítems de cada prueba se realizarán en el orden dado.

Después de cada cambio en tensión o carga, se permitirá un intervalo suficiente de tiempo para que el medidor llegue a una condición estable antes de hacer la próxima observación o prueba.

**5.1.6.5 Medidores para Servicios Especiales.** Medidores diseñados para tipos específicos de servicios pueden probarse en un tipo de circuito para el cual los medidores se diseñan, o usando circuitos monofásicos con tal que los medidores reúnan los requisitos de las pruebas para independencia de estatores. En tales casos, el laboratorio de comprobación puede modificar los procedimientos perfilados en este punto para reunir los requisitos para pruebas monofásicas en tales tipos de medidores. Ejemplos son como sigue:

- (1) Para medidores o estatores de voltio-cuadrado-hora, la corriente de prueba en amperios como la dada en las especificaciones, no aplicará. Estos medidores o estatores se probarán a 80%, 100%, y 120% de la tensión de placa.
- (2) Medidores utilizados para medir magnitudes, tales como var-horas o Q-horas, pueden probarse de acuerdo con las especificaciones de prueba para vatíhorímetros, a tal grado como las pruebas apliquen.
- (3) Cuando se van a aprobar medidores con estator sencillo 240 V y tres hilos para uso en servicio de dos hilos 120 V, ellos serán diseñados para reunir todos los requisitos de pruebas aplicables de esta norma en ambas tensiones, excepto que en la prueba para arrastre (ver 5.1.8.3) a 120 V, el medidor se ajustará para ser 1.5% rápido en la corriente de calibración especificada en la Tabla 5.1.8.3. En la prueba para efecto de inclinación (ver 5.1.8.17) el porcentaje de desviación máximo permitido del desempeño de referencia será  $\pm 2.0\%$  para condiciones (1), (2), (3), y (4) en la prueba de 120 V.
- (4) Para medidores para propósitos o mediciones especiales, pruebas de aceptación en tipos pueden hacerse de otro modo no cubiertas aquí.

**5.1.6.6 Medidores de Clases No Normalizadas.** Cuando medidores de una clase diferente a 10,20,100,200, y 320 se someten para aceptación, la corriente de prueba en amperios para todas las pruebas bajo las secciones en requisitos de desempeño serán tales como las recomendadas por el fabricante.

### **5.1.7 Reglas que Gobiernan la Aceptación de Tipos**

**5.1.7.1 Reemplazos.** Reemplazos o reparaciones pueden hacerse si defectos físicos de una naturaleza menor llegan a ser aparentes durante las pruebas. Si, durante la prueba de un vatíhorímetro, defectos significantes en diseño o fabricación llegan a ser aparentes, la prueba se suspenderá.

**5.1.7.2 Tolerancias.** Debido a posibles errores en observaciones y en los patrones ocupados, debería aplicarse una tolerancia a los límites especificados de porcentaje de desviación para cualquier condición de prueba involucrando una

determinación de la exactitud del medidor. Un medidor no debería considerarse fuera de la desviación permisible de desempeño de referencia a menos que la desviación se exceda por 0.1% o por un décimo de la desviación permitida, cualquiera que sea mayor.

**5.1.7.3 Bases de Desempeño Aceptable.** Un tipo de medidor será aceptable bajo estas especificaciones cuando se satisfagan los siguientes requisitos:

- (1) En 5.1.8.2 hasta 5.1.8.20, en las pruebas hechas en ocho medidores, no más de tres medidores fallarán en un ítem dado de un apartado dado.
- (2) En 5.1.8.2 hasta 5.1.8.20, un medidor individual no fallará en más de cinco ítem.
- (3) En 5.1.8.2 hasta 5.1.8.20, en las pruebas hechas en ocho medidores, el número total de fallas, incluyendo todos los medidores y todos los ítems de cada apartado, no excederán los dieciséis.
- (4) En 5.1.8.2 hasta 5.1.8.20, en cualquiera de los apartados en los cuales se permiten las pruebas en menos de ocho medidores, un medidor no fallará en ningún ítem de tales pruebas. Cuando los resultados de pruebas hechas en menos de ocho medidores se consideran no confiables, las pruebas pueden hacerse en ocho medidores, y el tipo se adjudica conforme a los requisitos de 5.1.7.3 (1) hasta 5.1.7.3 (3.)

### **5.1.8 Requisitos de Desempeño**

**5.1.8.1 Condiciones Iniciales.** El medidor estará en buena condición de operación, y se ajustará tan frecuentemente como sea factible a 100% del registro y a 10% y 100% de su valor de corriente de prueba de placa (TA) y a tensión de placa. Cuando el medidor tenga más de un circuito de tensión o corriente, se ajustará con los circuitos de tensión en paralelo y todos los circuitos de corriente en serie. Además, para un medidor de estator múltiple los estatores se ajustarán (balancearán) para tener igual desempeño el uno y otro a factor de potencia 1.0 con 100% de la corriente de prueba de placa (TA.) El desempeño de cada estator también se ajustará a factor de potencia 0.5 en atraso a 100% de la corriente de prueba de placa (TA) para su desempeño a factor de potencia 1.0.

A menos que se indique de otra manera, todas las pruebas de desempeño se harán con el medidor conectado en la misma manera como para ajustarlo. Donde se indiquen valores específicos, el medidor se ajustará y operará tan próximo como sea factible a esos valores.

**5.1.8.2 Aislamiento.** El aislamiento entre partes portadoras de corriente de circuitos separados y entre partes portadoras de corriente y otras partes metálicas será capaz de resistir la aplicación de una tensión senoidal eficaz de 2.5 kV, 60 Hz, por 1 minuto.

**5.1.8.3 Prueba No 1: Arrastre.** La prueba se hará a frecuencia asignada a una temperatura ambiente de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 100% de la tensión de placa.

El rotor de un medidor no hará una revolución completa en dirección directa sin carga cuando el medidor se ajusta a la corriente de calibración especificada en la [Tabla 5.1.8.3](#) para ser 2% más rápido relativo al registro a 100% de la corriente de prueba de placa (TA.)

**5.1.8.4 Prueba No 2: Carga de Arranque.** La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, factor de potencia 1.0, y a una temperatura ambiente de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El rotor de un medidor girará continuamente con una corriente de carga como la especificada en la Tabla 5.1.8.4.

**Tabla 5.1.8.3  
Prueba de Arrastre**

Clase	Corriente de Calibración (Amperios)
10	0.25
20	0.25
100	1.50
200	3.00
320	5.00

**Tabla 5.1.8.4  
Prueba de Carga de Arranque**

Clase	Corriente (Amperios)
10	0.025
20	0.025
100	0.15
200	0.30
320	0.50

**5.1.8.5 Prueba No 3: Desempeño de Carga.** La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, factor de potencia de 1.0, y a una temperatura ambiente de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El desempeño del medidor no se desviará del 100% del registro por una cantidad que exceda lo especificado en la Tabla 5.1.8.5, excepto que las pruebas para condiciones (9) hasta (11) se omitirán para medidores de dos estatores cuatro hilos en estrella.

**Tabla 5.1.8.5  
Prueba de Desempeño de Carga**

Condición	Clase de Medidor					Máxima Desviación Porcentual Respecto al 100% del Registro
	10	20	100	200	320	
(1)	0.15	0.15	1	2	3	$\pm 2.0$
(2)	0.25	0.25	1.5	3	5	---
(3)	0.5	0.5	3	6	10	$\pm 1.0$
(4)	1.5	1.5	10	20	30	$\pm 1.0$
(5)	2.5	2.5	15	30	50	---
(6)	---	5	30	60	75	$\pm 1.0$
(7)	5	10	50	100	100	$\pm 1.5$
(8)	7.5	15	75	150	150	$\pm 2.0$
(9)	---	18	90	180	250	$\pm 2.0$
(10)	10	---	100	200	300	$\pm 2.0$
(11)	---	20	---	---	320	$\pm 2.5$

**5.1.8.6 Prueba No 4: Efecto de Variación del Factor de Potencia.** La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, y a una temperatura ambiente de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Cada estator de un medidor de estator múltiple se probará como un medidor de estator sencillo, excepto que todos los circuitos de tensión estarán en paralelo. El factor de potencia especificado se refiere a la relación factor de potencia de la corriente y tensión aplicadas a cada medidor.

**5.1.8.6.1 Medidores de Estator Sencillo.** El efecto de la variación del factor de potencia sobre el desempeño del medidor no excederá lo especificado en la Tabla 5.1.8.6.1.

**Tabla 5.1.8.6.1**  
**Efecto de la Variación del Factor de Potencia para Medidores de Estator Sencillo**

Condición	Clase de Medidor				Factor de Potencia	Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	100	200	320		
	(Corriente en Amperios)					
Desempeño de referencia para condición (1)	0.25	1.5	3	5	1.0	---
Condición (1)	0.5	3	6	10	0.5 en atraso	$\pm 2.0$
Desempeño de referencia para condición (2)	5	50	100	150	1.0	---
Condición (2)	5	50	100	150	0.5 en atraso	$\pm 2.0$
Desempeño de referencia para condición (3)	10	100	200	320	1.0	---
Condición (3)	10	100	200	320	0.5 en atraso	$\pm 2.0$

**5.1.8.6.2 Medidores de Red de Dos Estatores, Medidores Trifásicos de Dos Estatores de Tres Hilos, Medidores Trifásicos de Dos Estatores de Cuatro Hilos en Delta, y Medidores Bifásicos de Dos Estatores de Cinco Hilos.** El efecto de variación del factor de potencia sobre el desempeño del medidor no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.6.2](#).

**5.1.8.6.3 Medidores Trifásicos de Dos Estatores de Cuatro Hilos en Estrella.** El efecto de variación del factor de potencia sobre el desempeño del medidor no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.6.3](#). La corriente de carga no se aplicará al devanado de corriente que es común a ambos estatores.

**5.1.8.6.4 Medidores Trifásicos de Tres Estatores de Cuatro Hilos en Estrella.** El efecto de variación del factor de potencia sobre el desempeño del medidor no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.6.4](#).

**5.1.8.7 Prueba No 5: Efecto de Variación de Tensión.** La prueba se hará a frecuencia asignada, factor de potencia de 1.0, y a una temperatura ambiente de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El efecto de variación de la tensión sobre el desempeño de un medidor no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.7](#).

**Tabla 5.1.8.6.2**  
**Efecto de Variación del Factor de Potencia para Medidores de Dos Estatores:**  
**De Red, Trifásicos de Tres Hilos, Trifásicos de Cuatro Hilos en Delta, y Bifásicos de**  
**Cinco Hilos.**

Condición	Clase de Medidor				Factor de Potencia	Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	100	200	320		
Desempeño de referencia para condiciones (1) y (2)	0.5	0.5	3	6	1.0	---
Condición (1)	0.5	0.5	3	6	0.866 en adelanto	± 2.0
Condición (2)	1.0	1.0	6	12	0.5 en atraso	± 2.0
Desempeño de referencia para condición (3)	2.5	2.5	15	30	1.0	---
Condición (3)	2.5	2.5	15	30	0.866 en adelanto	± 1.0
Desempeño de referencia para condiciones (4) y (5)	5	10	50	100	1.0	---
Condición (4)	5	10	50	100	0.866 en adelanto	± 1.0
Condición (5)	5	10	50	100	0.5 en atraso	± 1.5
Desempeño de referencia para condiciones (6) y (7)	10	20	100	200	1.0	---
Condición (6)	10	20	100	200	0.866 en adelanto	± 1.5
Condición (7)	10	20	100	200	0.5 en atraso	± 2.0

NOTA: para medidores de red y delta Clase 320, de dos estatores de tres hilos, los límites de desviación dados en la Tabla 5.1.8.6.2 se recomiendan para las siguientes corrientes de prueba:

Referencia para condiciones (1) y (2): 10 A

Condición de prueba (1): 10 A, condición (2): 20 A

Referencia para condición (3): 50 A

Condición de prueba (3): 50 A

Referencia para condiciones (4) y (5): 150 A

Condiciones de prueba (4) y (5): 150 A

Referencia para condiciones (6) y (7): 320 A

Condiciones de prueba (6) y (7): 320 A

**5.1.8.8 Prueba No 6: Efecto de Variación de Frecuencia.**<sup>17</sup> La prueba se hará a tensión de placa, factor de potencia de 1.0, y a una temperatura ambiente de 23 °C ± 5 °C. El efecto de variación de frecuencia sobre el registro de un medidor llevando una carga constante no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.8](#).

<sup>17</sup> Esta prueba puede omitirse cuando se proporcionen datos certificado por el fabricante.

**Tabla 5.1.8.6.3**  
**Efecto de Variación del Factor de Potencia**  
**para Medidores Trifásicos de Dos Estatores de Cuatro Hilos en Estrella**

Condición	Clase de Medidor				Factor de Potencia	Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	20	100	200		
Desempeño de referencia para condiciones (1) y (2)	1	1	6	12	1.0	---
Condición (1)	1	1	6	12	0.866 en adelanto	± 2.0
Condición (2)	2	2	12	24	0.5 en atraso	± 2.0
Desempeño de referencia para condición (3)	5	10	30	60	1.0	---
Condición (3)	5	10	30	60	0.866 en adelanto	± 1.0
Desempeño de referencia para condiciones (4) y (5)	10	20	100	200	1.0	---
Condición (4)	10	20	100	200	0.866 en adelanto	± 1.0
Condición (5)	10	20	100	200	0.5 en atraso	± 1.5

**Tabla 5.1.8.6.4**  
**Efecto de Variación del Factor de Potencia**  
**para Medidores Trifásicos de Tres Estatores de Cuatro Hilos en Estrella**

Condición	Clase de Medidor				Factor de Potencia	Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	20	100	200		
Desempeño de referencia para condición (1)	0.5	0.5	3	6	1.0	---
Condición (1)	1	1	6	12	0.5 en atraso	± 2.0
Desempeño de referencia para condición (2)	5	10	50	100	1.0	---
Condición (2)	5	10	50	100	0.5 en atraso	± 1.5
Desempeño de referencia para condición (3)	10	20	100	200	1.0	---
Condición (3)	10	20	100	200	0.5 en atraso	± 2.0

NOTA: para medidores Clase 320, los límites de desviación dados en la Tabla 5.1.8.6.4 se recomiendan para las siguientes corrientes de prueba:

Referencia para condición (1): 10 A

Condición de prueba (1): 20 A

Referencia y condición de prueba (2): 150 A

Referencia y condición de prueba (3): 320 A

**Tabla 5.1.8.7**  
**Efecto de Variación de Tensión**

Condición	Clase de Medidor					Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	20	100	200	320	
Desempeño de referencia al 100% de tensión de calibración para condiciones (1) y (2)	0.25	0.25	1.5	3	5	---
Condición (1) 90% de tensión de calibración	0.25	0.25	1.5	3	5	± 1.0
Condición (2) 110% de tensión de calibración	0.25	0.25	1.5	3	5	± 1.0
Desempeño de referencia 100% de calibración para condiciones (3) y (4)	2.5	2.5	15	30	50	---
Condición (3) 90% de tensión de calibración	2.5	2.5	15	30	50	± 1.0
Condición (4) 110% de tensión de calibración	2.5	2.5	15	30	50	± 1.0

**Tabla 5.1.8.8**  
**Efecto de Variación de Frecuencia**

Condición	Clase de Medidor					Porcentaje de Frecuencia Asignada	Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	20	100	200	320		
Desempeño de referencia para condiciones (1) y (2)	0.25	0.25	1.5	3	5	100	---
Condición (1)	0.25	0.25	1.5	3	5	95	± 1.0
Condición (2)	0.25	0.25	1.5	3	5	105	± 1.0
Desempeño de referencia para condiciones (3) y (4)	2.5	2.5	15	30	50	100	---
Condición (3)	2.5	2.5	15	30	50	95	± 1.0
Condición (4)	2.5	2.5	15	30	50	105	± 1.0

**5.1.8.9 Prueba No 7: Igualdad de Circuito de Corriente.** La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, factor de potencia 1.0, y a una temperatura ambiente de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**5.1.8.9.1 Medidores de Estator Sencillo.** El cambio producido en el desempeño de un medidor de tres hilos por usar sólo un circuito de corriente comparado con aquel cuando se utilizan ambos circuitos de corriente no excederá lo especificado en la Tabla 5.1.8.9.1.

**Tabla 5.1.8.9.1  
Igualdad de Circuitos de Corriente para Medidores de Estator Sencillo**

Condición	Conexión de Circuitos de Corriente	Clase de Medidor				Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
		10	100	200	320	
Desempeño de referencia para condiciones (1) y (2)	Ambos circuitos	0.25	1.5	3	5	---
Condición (1)	Circuito A solamente	0.5	3	6	10	$\pm 1.0$
Condición (2)	Circuito B solamente	0.5	3	6	10	$\pm 1.0$
Desempeño de referencia para condiciones (3) y (4)	Ambos circuitos	2.5	15	30	50	---
Condición (3)	Circuito A solamente	5	30	60	100	$\pm 1.0$
Condición (4)	Circuito B solamente	5	30	60	100	$\pm 1.0$

**5.1.8.9.2 Medidores de Estator Múltiple.**

- (1) El cambio producido en el desempeño de un medidor de estator múltiple teniendo uno o más estatores de tres hilos por usar sólo un circuito de corriente del estator tres hilos, comparado con aquel cuando se utilizan ambos circuitos de corriente del estator, no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.9.2 \(1\)](#). Estas pruebas se harán separadamente en cada estator sin que fluya corriente en los circuitos de corriente del otro estator o estatores, pero con los circuitos de tensión de todos los estatores energizados en paralelo a tensión asignada.
- (2) El cambio producido en el desempeño de un medidor de estator múltiple por usar solo un circuito de corriente comparado con aquel cuando se utilizan todos los circuitos de corriente, no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.9.2 \(2\)](#). Los circuitos de corriente que no son comunes a ambos estatores de un medidor trifásico de dos estatores de cuatro hilos en estrella serán cargados al doble de la corriente de prueba especificada. Los circuitos de cualquier estator de tres hilos estarán conectados en serie y se tratarán como un circuito.

**Tabla 5.1.8.9.2 (1)**  
**Igualdad de Circuitos de Corriente para Medidores de Estator Múltiple**  
**Teniendo Uno o Más Estatores de Tres Hilos**

Condición	Conexión de Circuitos de Corriente	Clase de Medidor				Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
		10	20	100	200	
		(Corriente en Amperios)				
Desempeño de referencia para condiciones (1) y (2)	Ambos circuitos	0.5	0.5	3	6	---
Condición (1)	Circuito A solamente	1	1	6	12	± 1.0
Condición (2)	Circuito B solamente	1	1	6	12	± 1.0
Desempeño de referencia para condiciones (3) y (4)	Ambos circuitos	5	5	30	60	---
Condición (3)	Circuito A solamente	10	10	60	120	± 1.0
Condición (4)	Circuito B solamente	10	10	60	120	± 1.0

**5.1.8.10 Prueba No 8: Efecto de Campo Magnético Externo.** La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, y factor de potencia 1.0 a una temperatura ambiente  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se aplicará a un medidor de cada clase.

El campo magnético alterno externo, de la misma frecuencia como el de la corriente de prueba, será producido por un conductor recto de 6 pies de largo con cables arreglados que retornen para formar un cuadrado de 6 pies. Una corriente en fase con la tensión aplicada al medidor se pasará a través de este conductor. El retorno de los cables del conductor se colocará, de manera que el lazo que ellos forman no rodee o incluya al medidor. El conductor recto de 6 pies se colocará en cada una de las siguientes posiciones:

Condición (1). Detrás del tablero de prueba en una posición horizontal y en paralelo a la parte trasera del medidor. La mitad del conductor estará 10 pulgadas directamente detrás y en un nivel con el centro del rotor. El lazo estará en un plano horizontal perpendicular al tablero de prueba.

Condición (2). Directamente detrás de la línea central del medidor en una posición vertical. La mitad del conductor estará 10 pulgadas directamente detrás y en un nivel con el centro del rotor. El lazo estará en un plano vertical perpendicular al tablero de prueba.

Condición (3). Verticalmente a la misma distancia enfrente del tablero de prueba como al centro del rotor. La mitad del conductor estará en un nivel con

el centro del rotor y 10 pulgadas a la derecha o izquierda. El lazo estará en un plano vertical paralelo al tablero de prueba.

Para condiciones (1) hasta (3) el cambio producido en el desempeño de un medidor por la aplicación de un campo magnético externo de 100 amperio-vuelta no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.10](#).

**Tabla 5.1.8.9.2 (2)**  
**Igualdad de Circuitos de Corriente para Medidores de Estator Múltiple**

Condición	Conexión de Circuitos de Corriente	Clase de Medidor				Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
		10	20	100	200	
(Corriente en Amperios)						
Desempeño de referencia para condiciones (5), (6), (7), (8), etc.	Todos los circuitos	0.25	0.25	1.5	3	---
Condición (5)	Circuito A solamente	0.25 N*	0.25 N*	1.5 N*	3 N*	± 1.5
Condición (6)	Circuito B solamente	0.25 N*	0.25 N*	1.5 N*	3 N*	± 1.5
Condiciones (7), (8), etc.	Circuitos C, D, etc.	0.25 N*	0.25 N*	1.5 N*	3 N*	± 1.5
Desempeño de referencia para condiciones (9), (10), (11), (12), etc.	Todos los circuitos	2.5	2.5	15	30	---
Condición (9)	Circuito A solamente	2.5	2.5	15	30	± 1.5
Condición (10)	Circuito B solamente	2.5	2.5	15	30	± 1.5
Condición (11), (12), etc.	Circuitos C, D, etc.	2.5	2.5	15	30	± 1.5

\*N representa el número de estatores en el medidor.

NOTA: Para medidores Clase 320, los límites de desviación dados en la Tabla 5.1.8.9.2 (2) se recomiendan para las siguientes corrientes de prueba:

Referencia para condiciones (5), (6), (7), (8), etc.: 5 A

Condiciones de prueba (5), (6), (7), (8), etc.: 5 N\* A

Referencia y condiciones de prueba (9), (10), (11), (12), etc.: 50 A

**Tabla 5.1.8.10**  
**Efecto de Campo Magnético Externo**

Condición	Clase de Medidor					Posición de Conductor	Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	20	100	200	320		
Desempeño de referencia para condiciones (1), (2), y (3)	0.25	0.25	1.5	3	5	---	---
Condición (1)	0.25	0.25	1.5	3	5	Condición (1) en 5.1.8.10	± 1.0
Condición (2)	0.25	0.25	1.5	3	5	Condición (2) en 5.1.8.10	± 1.0
Condición (3)	0.25	0.25	1.5	3	5	Condición (3) en 5.1.8.10	± 1.0

**5.1.8.11 Prueba No 9: Efecto de Variación de Temperatura Ambiente.**

La prueba se hará a tensión de placa y frecuencia asignada, y se aplicará a tres medidores.

Los medidores se colocarán en un espacio teniendo una temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se les permitirá permanecer por no menos de 2 horas con los circuitos de tensión de los medidores energizados. El desempeño de referencia en cada una de las cargas especificadas en la [Tabla 5.1.8.11](#) se obtendrá después de operar los medidores por 1 hora a la carga especificada. Luego los medidores se operarán y probarán en cada una de las siguientes condiciones:

Condiciones (1) a (6). Estas pruebas se harán con el medidor colocado en un espacio teniendo una temperatura de  $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Después de energizar los circuitos de tensión de los medidores por un período de no menos de 2 horas, las corrientes de prueba apropiadas a los factores de potencia listados para condiciones (1) hasta (6) de [Tabla 5.1.8.11](#) se aplicarán secuencialmente a los medidores. Cada condición se mantendrá por un período de al menos 1 hora antes de hacer pruebas para determinar la desviación del desempeño de referencia.

Condiciones (7) a (12). Repetir las condiciones (1) hasta (6), respectivamente, excepto que los medidores se colocarán en un espacio teniendo una temperatura de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El efecto de variación de temperatura sobre el desempeño de los medidores no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.11](#).

**Tabla 5.1.8.11**  
**Efecto de Variación de Temperatura Ambiente**

Condición	Clase de Medidor					Factor de Potencia	Temperatura Ambiente	Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia a la Diferencia* de Temperatura Nominal
	10	20	100	200	320			
Desempeño de referencia para condiciones (1) y (7)	0.25	0.25	1.5	3	5	1.0	23 °C ± 5 °C	---
Desempeño de referencia para condiciones (2) y (8)	2.5	2.5	15	30	50	1.0	23 °C ± 5 °C	---
Desempeño de referencia para condiciones (3) y (9)	5	10	50	100	150	1.0	23 °C ± 5 °C	---
Desempeño de referencia para condiciones (4) y (10)	0.5	0.5	3	6	10	0.5 en atraso	23 °C ± 5 °C	---
Desempeño de referencia para condiciones (5) y (11)	2.5	2.5	15	30	50	0.5 en atraso	23 °C ± 5 °C	---
Desempeño de referencia para condiciones (6) y (12)	5	10	50	100	150	0.5 en atraso	23 °C ± 5 °C	---
Condición (1)	0.25	0.25	1.5	3	5	1.0	50 °C ± 5 °C	± 2.0
Condición (2)	2.5	2.5	15	30	50	1.0	50 °C ± 5 °C	± 1.0
Condición (3)	5	10	50	100	150	1.0	50 °C ± 5 °C	± 1.0
Condición (4)	0.5	0.5	3	6	10	0.5 en atraso	50 °C ± 5 °C	± 3.0
Condición (5)	2.5	2.5	15	30	50	0.5 en atraso	50 °C ± 5 °C	± 2.0
Condición (6)	5	10	50	100	150	0.5 en atraso	50 °C ± 5 °C	± 2.0
Condición (7)	0.25	0.25	1.5	3	5	1.0	-20 °C ± 5 °C	± 3.0
Condición (8)	2.5	2.5	15	30	50	1.0	-20 °C ± 5 °C	± 2.0
Condición (9)	5	10	50	100	150	1.0	-20 °C ± 5 °C	± 2.0
Condición (10)	0.5	0.5	3	6	10	0.5 en atraso	-20 °C ± 5 °C	± 4.0
Condición (11)	2.5	2.5	15	30	50	0.5 en atraso	-20 °C ± 5 °C	± 3.0
Condición (12)	5	10	50	100	150	0.5 en atraso	-20 °C ± 5 °C	± 3.0

\*Cuando la diferencia de temperatura actual entre dos pruebas difiere de la diferencia de temperatura nominal especificada para las dos pruebas, la desviación se ajustará proporcionalmente.

### 5.1.8.12 Prueba No 10: Efecto de Sobrecargas Temporales.<sup>18</sup>

**5.1.8.12.1 Efecto en la Exactitud.** Medidores independientes se someterán a una corriente de corto circuito de 7000 A pico, 60 Hertz, por no más de 6 ciclos (0.1 segundo). Para esta prueba, los circuitos de corriente del medidor se conectarán en serie aditiva. La prueba debería aplicarse a tres medidores.

El efecto de la corriente de corto circuito en el desempeño de un medidor no excederá lo especificado en la Tabla 5.1.8.12.1.

Con el propósito de eliminar efectos residuales, es esencial que las pruebas de la condición (1) se realicen antes de las pruebas de la condición (2).

**5.1.8.12.2 Efecto en Cojinetes Magnéticos.** Quedará un mínimo de 0.003 pulgadas hacia abajo después de la aplicación de la corriente de corto circuito estipulada en 5.1.8.12.1.

**5.1.8.12.3 Efecto en Estructuras Mecánicas y Aislamiento.** El medidor resistirá, por una duración de 4 ciclos, a 60 Hz corrientes de falla simétricas como sigue, sin daño a la estructura mecánica o reducción en el nivel de aislamiento:

*Clase 100:* 10 000 A eficaces

*Clase 200:* 12 000 A eficaces

*Clase 320:* 12 000 A eficaces

**Tabla 5.1.8.12.1**  
**Efecto de Sobrecargas Temporales en la Exactitud**

Condición	Clase de Medidor			Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	100	200	320	
Desempeño de referencia para condición (1)	15	30	50	---
Desempeño de referencia para condición (2)	1.5	3	5	---
Condición (1)	15	30	50	± 1.5
Condición (2)	1.5	3	5	± 1.5

**5.1.8.13 Prueba No 11: Pérdidas Internas en el Medidor.** La pérdida en cada circuito de corriente de un medidor, cuando se prueba a frecuencia asignada, a la corriente de prueba de placa, y a una temperatura ambiente de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , no excederá 0.5 VA para medidores Clase 10 y Clase 20 o 1.0 VA para medidores Clase 100, Clase 200, y Clase 320. Para medidores trifásicos de dos estatores de cuatro hilos en estrella Clase 10 y Clase 20, las pérdidas en el circuito de corriente común a ambos estatores no excederán 1.0 VA.

La pérdida en cada circuito de tensión de un medidor, sin incluir cargas auxiliares tales como indicadores de tensión, no excederá 2.0 W a tensión y frecuencia asignadas a una temperatura ambiente de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

<sup>18</sup> Esta prueba puede omitirse cuando se proporcionen datos certificados por el fabricante.

**5.1.8.14 Prueba No 12: Incremento de Temperatura.**<sup>19</sup> La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, con la corriente especificada aplicada a todos los circuitos de corriente en serie aditiva, y a una temperatura ambiente de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esta prueba se aplicará a un medidor de cada Clase.

El incremento de temperatura de cualquiera de las partes portadoras de corriente del vatímetro, probado bajo las condiciones especificadas, no excederá  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , excepto cuando se permita un elevado incremento de temperatura utilizando materiales aislantes adecuados de conformidad con los principios generales de valores asignados de temperatura especificados en *IEEE Std 1-1986*[10].

Todas las pruebas se realizarán con la cubierta del medidor en su lugar y en un cuarto esencialmente libre de corrientes de aire. El medidor se instalará en una manera convencional en un montaje adecuado asignado de medidor. No menos de 4 pies (8 pies de puente entre terminales) de conductor de cobre trenzado, aislado, se conectarán a la línea y terminales de corriente de carga del medidor o enchufe. Para medidores desmontables (Tipo S) la apertura por donde los conductores entran y salen del enchufe y cualquier otra apertura se cerrará con material adecuado para prevenir corrientes de aire. El tamaño del conductor, corriente de prueba, y, donde sea aplicable, el valor asignado del enchufe y medidor simulado se especifican en la [Tabla 5.1.8.14](#).

**5.1.8.14.1 Prueba en Medidores Clase 10 y Clase 20.** La prueba de incremento de temperatura se hará determinando el aumento en resistencia de los circuitos de corriente.

Antes de que el medidor se energice, se determinarán las resistencias de los circuitos de corriente del medidor y la temperatura ambiente (cuarto). Las mediciones de resistencia se harán por un medio capaz de determinar el cambio en resistencia a una exactitud de  $\pm 0.5\%$  ó mejor.

El medidor se energizará a las condiciones especificadas por un período mínimo de 2 horas. Al final del período prescrito, el medidor se desconectará de la energía, notando el tiempo que esta acción tomó. Se tomarán lecturas de resistencia en cada circuito de corriente y se almacenarán junto con el tiempo en el cual se tomó cada medición. Las lecturas de resistencia y tiempo se repetirán hasta que se hayan obtenido tres grupos de datos para cada circuito de corriente. Estas lecturas se tomarán tan rápidamente como sea factible, pero en ningún caso el tiempo total entre la desconexión de energía y la última lectura de resistencia debería exceder 5 minutos. El incremento de temperatura del circuito de corriente correspondiente a cada lectura de resistencia debería calcularse por las siguientes fórmulas:

$$T = 258 \left( \frac{R}{r} - 1 \right) \text{ para devanados de cobre}$$

$$T = 251 \left( \frac{R}{r} - 1 \right) \text{ para devanados de aluminio}$$

Donde

$T$  = incremento de temperatura en grados Celsius

$R$  = resistencia en caliente

$r$  = resistencia en frío

---

<sup>19</sup> Esta prueba puede omitirse cuando se proporcionen datos certificados por el fabricante.

Para determinar el incremento de temperatura en el tiempo de desconexión de energía, el incremento de temperatura correspondiente a los valores de resistencia para cada circuito de corriente se trazará contra el tiempo, y el gráfico extrapolado hasta el tiempo de desconexión de energía.

**5.1.8.14.2 Prueba en Medidores Clase 100, Clase 200, y Clase 320.** La prueba de incremento de temperatura se hará por medio de detectores de temperatura en íntimo contacto con el metal del circuito de corriente y localizado en el centro eléctrico aproximado de las bobinas de corriente.

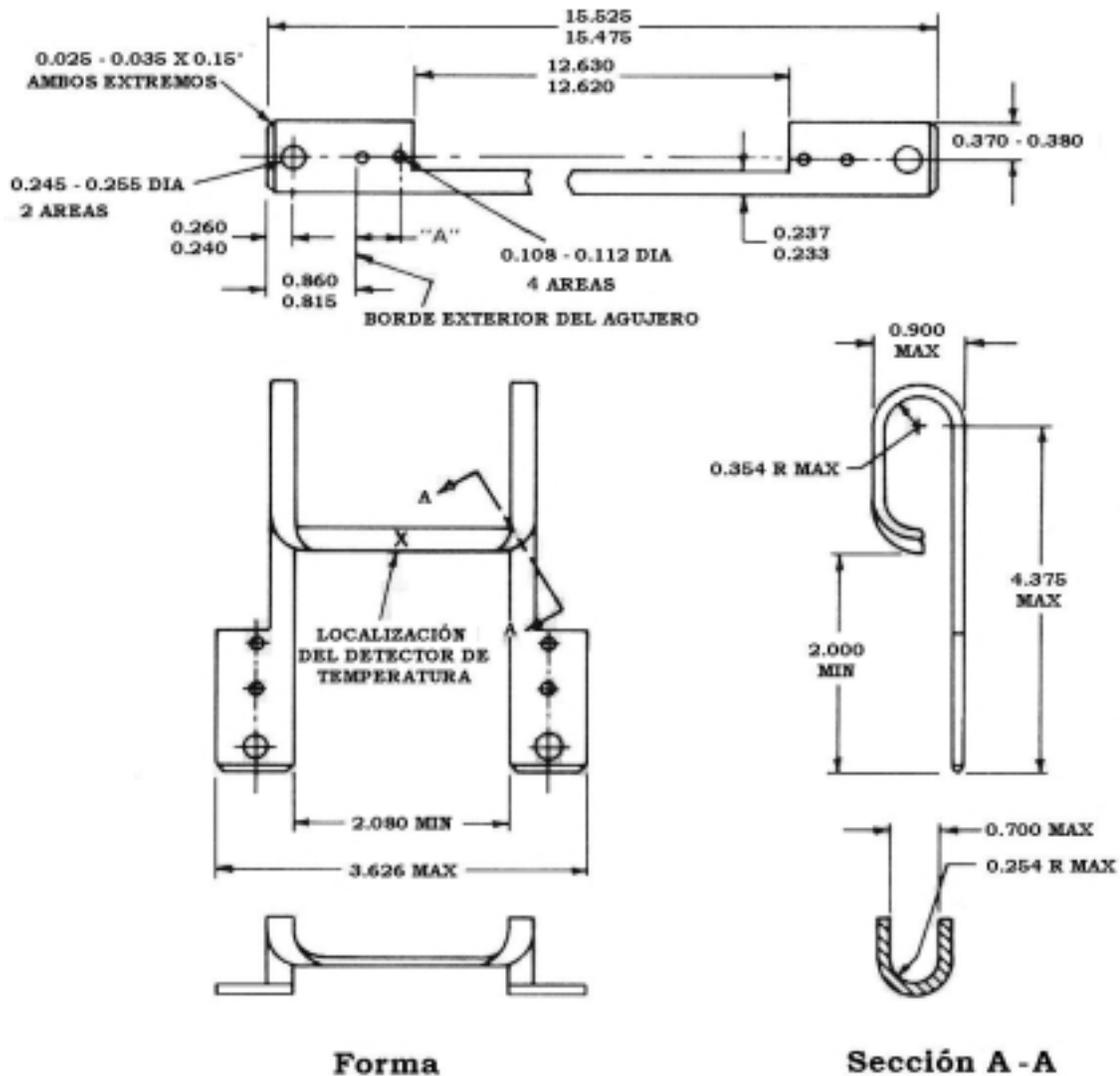
En el caso de medidores provistos con compartimentos de terminales (Tipo A) la prueba se realizará bajo las condiciones de prueba especificadas en 5.1.8.14 hasta que las temperaturas del circuito de corriente se hayan estabilizado. El incremento de temperatura considerará la diferencia en grados Celsius entre la temperatura estabilizada y la temperatura ambiente (cuarto).

Para medidores desmontables (Tipo S), la prueba de instalación se normalizará usando un medidor simulado como el especificado en Fig. 1, 2, o 3. El medidor simulado tendrá la misma cubierta y número de barras conductoras de corriente como circuitos de corriente en el medidor a probar. Un incremento de temperatura se determinará en el medidor simulado, aplicando la corriente de prueba a todas las barras conductoras en serie hasta que la temperatura indicada por el detector de temperatura se haya estabilizado. Esta temperatura se almacenará y el medidor simulado se reemplazará por el medidor a probar. La prueba de incremento de temperatura se realizará en el vatímetro bajo las condiciones de prueba especificadas en 5.1.8.14.

**Tabla 5.1.8.14  
Especificaciones para Prueba de Incremento de Temperatura**

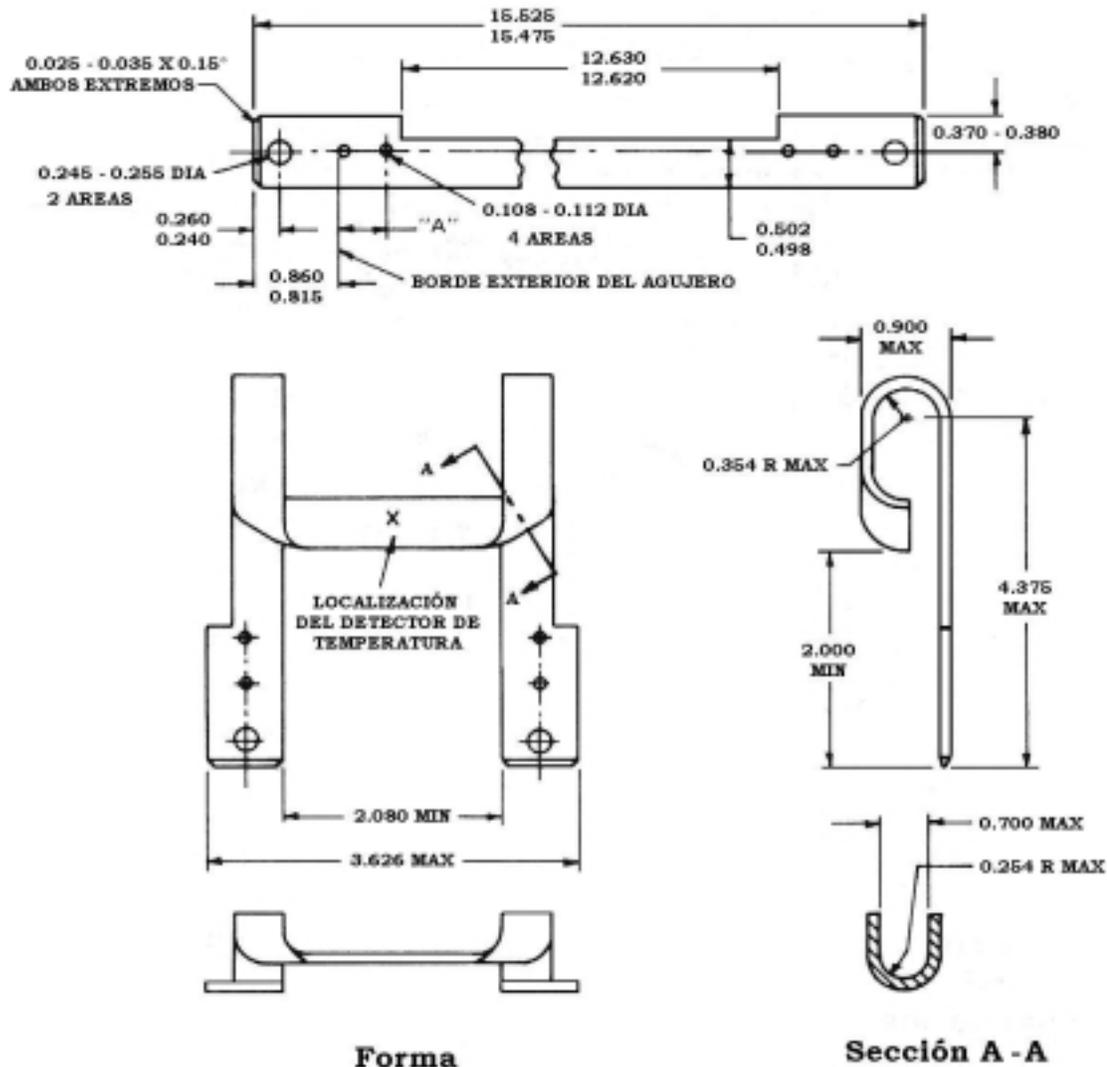
Medidores Desmontables				
Clase de Medidor	Tamaño del Conductor* (cobre AWG)	Corriente en Amperios	Valor asignado de Enchufe Amperios	Medidor Simulado
10	No 10	10	20(mínimo)	Ninguno
20	No 10	20	20(mínimo)	Ninguno
100	No 2	100	100	Figura 1
200	No 4/0	200	200	Figura 2
320	1 - 500 mcm ó 2 - 4/0	320	320	Figura 3

\* Tamaños de conductor para 100, 200, y 320 A son aquellos especificados en ANSI/NFPA 70-1987 [9] para un valor asignado de temperatura de 60 °C.



- NOTAS: (1) El material es  $0.094 \pm 0.002$  por  $0.750 \pm 0.005$  pulgadas alrededor del borde de cobre con revestimiento electro estañado con  $0.0002-0.0005$  pulgadas de ancho.
- (2) Seleccionar dimensión "A" y orejetas de retención o agujeros de chaveta para adaptar la placa de base de medidor utilizada.
- (3) Los detectores de temperatura se ajustarán y serán de tal tipo que su presencia no afectará apreciablemente el incremento de temperatura de las barras de conexión.
- (4) Todas las dimensiones están en pulgadas.
- (5) Conversión métrica: Multiplicar pulgadas por 25.4 para obtener milímetros. Redondee lo más próximo a 0.02 mm.

**Figura 1**  
**Dimensiones para las Barras de Conexión de la Prueba de Incremento de**  
**Temperatura del Medidor Simulado para Medidores Monofásicos y Polifásicos**  
**( Valor asignado máximo 100 A)**



NOTAS: (1) El material es  $0.094 \pm 0.002$  por  $0.750 \pm 0.005$  pulgadas alrededor del borde de cobre con revestimiento electro estañado con 0.0002-0.0005 pulgadas de ancho.

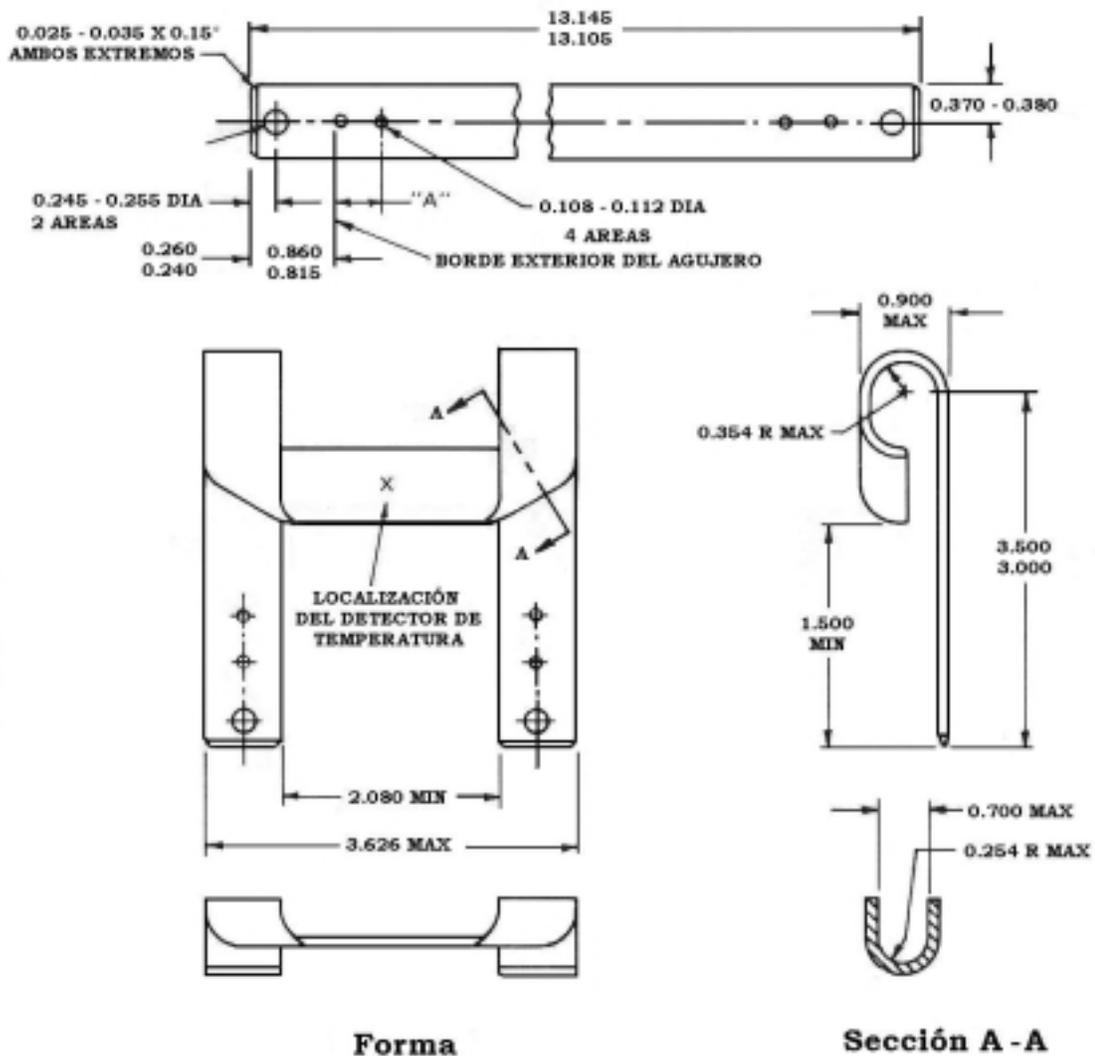
(2) Seleccionar dimensión "A" orejetas de retención o agujeros de chaveta para adaptar la placa de base de medidor utilizada.

(3) Los detectores de temperatura se ajustarán y serán de tal tipo que su presencia no afectará apreciablemente el incremento de temperatura de las barras de conexión.

(4) Todas las dimensiones están en pulgadas.

(5) Conversión métrica: Multiplicar pulgadas por 25.4 para obtener milímetros. Redondee lo más próximo a 0.02 mm.

**Figura 2**  
**Dimensiones para las Barras de Conexión de la Prueba de Incremento de**  
**Temperatura del Medidor Simulado para Medidores Monofásicos y Polifásicos**  
**(Valor asignado 101-200 A)**



- NOTAS: (1) El material es  $0.094 \pm 0.002$  por  $0.750 \pm 0.005$  pulgadas alrededor del borde de cobre con revestimiento electro estañado con  $0.0002-0.0005$  pulgadas de ancho.
- (2) Seleccionar dimensión "A" y orejeta de retención o agujeros de chaveta para adaptar la placa de base de medidor utilizada.
- (3) Los detectores de temperatura se ajustarán y serán de tal tipo que su presencia no afectará apreciablemente el incremento de temperatura de las barras de conexión.
- (4) Todas las dimensiones están en pulgadas.
- (5) Conversión métrica: Multiplicar pulgadas por 25.4 para obtener milímetros. Redondee lo más próximo a 0.02 mm.

**Figura 3**  
**Dimensiones para las Barras de Conexión de la Prueba de Incremento de**  
**Temperatura del Medidor Simulado para Medidores Monofásicos y Polifásicos**  
**(Valor asignado 201-320 A)**

Cuando las temperaturas de los circuitos de corriente del medidor se hayan estabilizado, se medirán las temperaturas y los valores empíricos de incremento de temperatura de los circuitos de corriente del medidor se calcularán como sigue:

$$\text{incremento empírico de temperatura} = \Theta_m - (\Theta_s - 55 \text{ }^\circ\text{C})$$

donde

$\Theta_m$  = incremento de temperatura final medido del circuito de corriente del medidor bajo prueba.

$\Theta_s$  = incremento de temperatura final medido de la barra de conexión del medidor simulado para la misma corriente de fase.

NOTA: Las pruebas anteriores no se considerarán concluyentes si  $\Theta_s$  excede 65 °C.

**5.1.8.15 Prueba No 13: Efecto de Fricción en el Registro.** La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, factor de potencia 1.0, y a una temperatura ambiente de 23 °C ± 5 °C.

El cambio en el registro del medidor después de sustraerlo de un registro de un vatihorímetro de tipo aguja no excederá ± 0.5% a 10% de los amperios de prueba (TA).

**5.1.8.16 Prueba No 14: Efecto de Calentamiento Interno.** La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, factor de potencia 1.0, y a una temperatura ambiente de 23 °C ± 5 °C con el medidor instalado en una manera convencional en un montaje asignado adecuado de medidor, y alambrado con no menos de 4 pies de conductor (8 pies de puente entre terminales) de un tamaño adecuado para el rango de carga del medidor. Aperturas alrededor del conductor, y cualesquiera otras aperturas, se cerrarán con material adecuado para prevenir corrientes de aire.

El efecto del calentamiento interno sobre el desempeño de un medidor no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.16](#).

**5.1.8.17 Prueba No 15: Efecto de Inclinación.** La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, factor de potencia 1.0, y a una temperatura ambiente de 23 °C ± 5 °C, con la parte superior del medidor inclinada en un ángulo de 4° desde la vertical: (1) hacia delante, (2) hacia atrás, (3) izquierda, y (4) derecha.

El efecto de inclinación sobre el registro de un medidor no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.17](#).

**5.1.8.18 Prueba No. 16: Efecto de Corriente de Impulso en el Conductor Aterrizado.**<sup>20</sup> Se someterán tres medidores a una corriente de impulso transitoria de 20 000 A (onda de 20 X 50 μs) de cualquier polaridad a través de un conductor colocado verticalmente 1.5 pulgadas atrás de la parte plana de la base del medidor, con el enchufe en su lugar. Esta prueba no aplicará a medidores con compartimientos de terminales (Tipo A) o para medidores Clase 10 o Clase 20.

El efecto de corriente de impulso sobre el desempeño de un medidor no excederá lo especificado en la [Tabla 5.1.8.18](#).

---

<sup>20</sup> Esta prueba puede omitirse cuando se proporcionen datos certificados por el fabricante.

**Tabla 5.1.8.16**  
**Efecto de Calentamiento Interno**

Condición	Clase de Medidor					Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	20	100	200	320	
Desempeño de referencia para condiciones (1), (2), y (7)	10	20	100	200	320	---
Desempeño de referencia para condiciones (3), y (5)	0.25	0.25	1.5	3	5	---
Desempeño de referencia para condiciones (4), y (6)	2.5	2.5	15	30	50	---
Condición (1) Media hora después de la aplicación de carga	10	20	100	200	320	± 1.0
Condición (2) Una hora después de la aplicación de carga	10	20	100	200	320	± 1.5
Condición (3) Inmediatamente después de prueba para condición (2)	0.25	0.25	1.5	3	5	± 1.5
Condición (4) Inmediatamente después de prueba para condición (3)	2.5	2.5	15	30	50	± 1.5
Condición (5) Dos horas después de prueba para condición (4) con el medidor sin carga de corriente durante el intervalo de 2 horas	0.25	0.25	1.5	3	5	± 1.5
Condición (6) Inmediatamente después de prueba para condición (5)	2.5	2.5	15	30	50	± 1.0
Condición (7) Inmediatamente después de prueba para condición (6)	10	20	100	200	320	± 1.0

**Tabla 5.1.8.17**  
**Efecto de Inclinación**

Condición	Clase de Medidor					Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	20	100	200	320	
Desempeño de referencia para condiciones (1), (2), (3), y (4)	0.25	0.25	1.5	3	5	---
Condición (1) Parte superior del medidor, inclinada 4 grados hacia delante	0.25	0.25	1.5	3	5	± 1.0
Condición (2) Parte superior del medidor, inclinada 4 grados hacia atrás	0.25	0.25	1.5	3	5	± 1.0
Condición (3) Parte superior del medidor, inclinada 4 grados a la izquierda	0.25	0.25	1.5	3	5	± 1.0
Condición (4) Parte superior del medidor, inclinada 4 grados a la derecha	0.25	0.25	1.5	3	5	± 1.0
Desempeño de referencia para las condiciones (5), (6), (7) y (8)	2.5	2.5	15	30	50	----
Condición (5) Parte superior del medidor, inclinada 4 grados hacia delante	2.5	2.5	15	30	50	± 0.5
Condición (6) Parte superior del medidor, inclinada 4 grados hacia atrás.	2.5	2.5	15	30	50	± 0.5
Condición (7) Parte superior del medidor, inclinada 4 grados a la izquierda.	2.5	2.5	15	30	50	± 0.5
Condición (8) Parte superior del medidor, inclinada 4 grados a la derecha.	2.5	2.5	15	30	50	± 0.5

**Tabla 5.1.8.18**  
**Efecto de Corriente de Impulso en el Conductor Aterrizado.**

Condición	Clase de Medidor			Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	100	200	320	
Desempeño de referencia	15	30	50	---
Condición (1)	15	30	50	± 1.0

**5.1.8.19 Prueba No.17: Estabilidad de Desempeño.**<sup>20</sup> Los medidores se operarán continuamente a tensión de placa, frecuencia asignada y a 10% de los amperios de prueba (TA) a factor de potencia de 1.0. El porcentaje de registro se determinará a una temperatura ambiente de 23 °C ± 5 °C al inicio de la prueba y a 10 intervalos sucesivos por lo menos con 24 horas de separación dentro de un periodo de 2 semanas.

El cambio en el porcentaje del registro desde el desempeño al inicio de la prueba no excederá el 1.0% en cualquier prueba subsiguiente.

**5.1.8.20 Prueba No.18: Independencia de Estatores.**

**5.1.8.20.1 Medidor de Dos Estatores.** La prueba se hará en un circuito bifásico a tensión de placa, frecuencia asignada y factor de potencia de 1.0.

A lo largo de la prueba, los circuitos de tensión y corriente de un estator (Estator A) del medidor se conectarán a la fase 1 de un circuito bifásico.

Para las condiciones de prueba (1) hasta (6), el circuito de corriente del otro estator (Estator B) no se conectará. El circuito de tensión del Estator B se conectará como sigue:

- Desempeño de referencia - Fase 1 en directa
- Condiciones (1) y (2) - Fase 1 invertida
- Condiciones (3) y (4) - Fase 2 en directa
- Condiciones (5) y (6) - Fase 2 invertida

Para las condiciones de prueba (7) hasta (12), se aplicará una corriente al Estator B. Las corrientes en el Estator A y Estator B serán iguales en magnitud y cada una estará sustancialmente en fase con la tensión aplicada al respectivo estator. Para estas condiciones de prueba, ambos, el circuito de tensión y el circuito de corriente del Estator B estarán conectados como sigue:

- Desempeño de referencia - Fase 1 en directa
- Condiciones (7) y (8) - Fase 1 invertida
- Condiciones (9) y (10) - Fase 2 en directa
- Condiciones (11) y (12) - Fase 2 invertida

Para medidores trifásicos de dos estatores de cuatro hilos en estrella, el circuito de corriente común a ambos estatores no se conectará. Las corrientes utilizadas serán el doble de los valores indicados en la [Tabla 5.1.8.20.1](#). Los circuitos de cualquier estator de tres hilos se conectarán en serie y se probarán como un circuito.

El desempeño del medidor bajo las condiciones de prueba especificadas en la [Tabla 5.1.8.20.1](#) no se desviará del desempeño de referencia a la carga correspondiente por una cantidad que exceda la especificada.

<sup>20</sup> Esta prueba puede omitirse cuando se proporcionen datos certificados por el fabricante.

**Tabla 5.1.8.20.1**  
**Prueba de Independencia de Estatores en Medidores de Dos Estatores.**

Condición	Clase de Medidor				Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	20	100	200	
Desempeño de referencia para las condiciones (1), (3) y (5)	1	1	6	12	---
Para Condiciones (2), (4) y (6)	5	5	30	60	---
Condición (1)	1	1	6	12	± 1.0
Condición (2)	5	5	30	60	± 1.0
Condición (3)	1	1	6	12	± 1.0
Condición (4)	5	5	30	60	± 1.0
Condición (5)	1	1	6	12	± 1.0
Condición (6)	5	5	30	60	± 1.0
Desempeño de referencia para las condiciones (7), (9) y (11)	0.5	0.5	3	6	---
Para Condiciones (8), (10) y (12)	2.5	2.5	15	30	---
Condición (7)	0.5	0.5	3	6	± 1.0
Condición (8)	2.5	2.5	15	30	± 1.0
Condición (9)	0.5	0.5	3	6	± 1.0
Condición (10)	2.5	2.5	15	30	± 1.0
Condición (11)	0.5	0.5	3	6	± 1.0
Condición (12)	2.5	2.5	15	30	± 1.0

NOTA: Para medidores Clase 320, los límites de desviación dados en la Tabla 5.1.8.20.1 se recomiendan para las siguientes corrientes de prueba:

Condición (1) = 20 A, (2) = 100 A, (3) = 20 A, (4) = 100 A, (5) = 20 A, (6) = 100 A, (7) = 10 A, (8) = 50 A, (9) = 10 A, (10) = 50 A, (11) = 10 A, (12) = 50 A.

**5.1.8.20.2 Medidores de Tres Estatores.** La prueba se hará sobre un circuito trifásico de cuatro hilos en estrella a tensión de placa, frecuencia asignada, y a un factor de potencia 1.0.

A lo largo de la prueba, los circuitos de tensión y corriente de un estator (Estator A) del medidor se conectarán a la fase 1 del circuito trifásico.

Para las condiciones de prueba de la (1) a la (4), los circuitos de corriente de los otros estatores (Estator B y Estator C) no se conectarán. El circuito de tensión del Estator B y Estator C se conectará como sigue:

Desempeño de referencia – Ambos, Estator B y Estator C, Fase 1 en directa

Condiciones (1) y (2) - Estator B, Fase 2 en directa, Estator C, Fase 3 en directa

Condiciones (3) y (4) - Estator B, Fase 3 en directa, Estator C, Fase 2 en directa

Para condiciones de prueba (5) hasta (8), la corriente se aplicará a los circuitos de corriente del Estator B y Estator C. Estas corrientes serán iguales en magnitud con la corriente aplicada al Estator A, y cada una estará sustancialmente en fase con la tensión

aplicada al respectivo estator. Para estas condiciones de prueba, ambos circuitos de tensión y corriente del Estator B y, similarmente, los circuitos de tensión y corriente del Estator C se conectarán como sigue:

Desempeño de referencia – Ambos, Estator B y Estator C, Fase 1 en directa

Condiciones (5) y (6) - Estator B, Fase 2 en directa, Estator C, Fase 3 en directa

Condiciones (7) y (8) - Estator B, Fase 3 en directa, Estator C, Fase 2 en directa

El desempeño del medidor bajo las condiciones de prueba especificadas en la Tabla 5.1.8.20.2, no se desviará del desempeño de referencia a la carga correspondiente por una cantidad que exceda la especificada.

**Tabla 5.1.8.20.2**  
**Prueba para Independencia de Estatores en Medidores de Tres Estatores.**

Condición	Clase de Medidor				Máxima Desviación Porcentual Respecto al Desempeño de Referencia
	10	20	100	200	
Desempeño de referencia para las condiciones (1) y (3)	1.5	1.5	9	18	---
Para Condiciones (2) y (4)	7.5	7.5	45	90	---
Condición (1)	1.5	1.5	9	18	± 1.0
Condición (2)	7.5	7.5	45	90	± 1.0
Condición (3)	1.5	1.5	9	18	± 1.0
Condición (4)	7.5	7.5	45	90	± 1.0
Desempeño de referencia para las condiciones (5) y (7)	0.5	0.5	3	6	---
Para Condiciones (6) y (8)	2.5	2.5	15	30	---
Condición (5)	0.5	0.5	3	6	± 1.0
Condición (6)	2.5	2.5	15	30	± 1.0
Condición (7)	0.5	0.5	3	6	± 1.0
Condición (8)	2.5	2.5	15	30	± 1.0

NOTA: Para medidores clase 320, los límites de desviación dados en la Tabla 5.1.8.20.2 se recomiendan para las siguientes corrientes de prueba:

Condición (1) = 30 A, (2) = 150 A, (3) = 30 A, (4) = 150 A, (5) = 10 A, (6) = 50 A, (7) = 10 A, (8) = 50 A.

## 5.2 Medidores y Registros de Demanda.

### 5.2.1 Generalidades

**5.2.1.1 Medidores y Registros de Demanda Aceptables.** Nuevos tipos de medidores y registros de demanda, para ser aceptables, se adaptarán a ciertos requisitos especificados en 5.2.4 hasta 5.2.11, los cuales pretenden determinar su confiabilidad y exactitud aceptable a tal grado que estas cualidades puedan demostrarse por pruebas de laboratorio.

**5.2.1.2 Adecuación de Laboratorio de Prueba.** Las pruebas para determinar la aceptabilidad de los tipos de medidores y registros de demanda bajo estas especificaciones se harán en un laboratorio teniendo las facilidades adecuadas,

usando instrumentos de un orden de exactitud como mínimo igual al de los instrumentos de taller y patrones descritos en el [Capítulo IV](#). Estos instrumentos deberían verificarse contra patrones secundarios de laboratorio antes y después de las pruebas, o más a menudo como se requiera. Las pruebas se realizarán sólo por personal que tenga un exhaustivo conocimiento teórico y práctico de medidores y entrenamiento adecuado en la realización de mediciones de precisión.

**5.2.2 Definiciones.** Para las definiciones, ver [Capítulo II](#).

**5.2.3 Tipos Definidos de Medidores de Demanda y Registros.**

**5.2.3.1 Tipo Básico.** Medidores o registros de demanda se consideran que son del mismo tipo básico si son producidos por el mismo fabricante, llevan un tipo de designación relacionado, son del mismo diseño general, y tienen la misma relación de partes.

**5.2.3.2 Variaciones Dentro del Tipo Básico.** Medidores y registros de demanda del mismo tipo básico pueden variar de acuerdo al servicio para el cual ellos fueron diseñados, tal como

- (1) Valor asignado de tensión
- (2) Valor asignado de Clase y amperios de prueba
- (3) Frecuencia
- (4) Dos-, tres-, cuatro-, o cinco-hilos
- (5) Estator simple o estator múltiple
- (6) Estrella o delta
- (7) Intervalo de demanda
- (8) Capacidad de Escala
- (9) Arreglo de terminales y montaje

**5.2.3.3 Aceptación del Tipo Básico en Conjunto o Partes.** Un tipo básico de medidor o registro de demanda puede aceptarse como un conjunto, o como una variación restringida de un tipo básico.

**5.2.3.4 Variaciones Menores.** Variaciones menores en la construcción mecánica, las cuales no sean de tal carácter como para afectar la operación del medidor o registro de demanda, pueden permitirse en diferentes medidores o registros de demanda del mismo tipo básico.

**5.2.3.5 Medidores y Registros de Demanda que Requieren Pruebas Separadas.** Medidores y registros de demanda del mismo tipo básico, pero difiriendo dentro del tipo en frecuencia o número de estatores, se tratarán como tipos diferentes para propósitos de pruebas de aprobación.

**5.2.3.6 Tipos Especiales.** En el caso de un tipo de medidor o registro de demanda que está dentro del alcance de estas especificaciones pero es de un diseño de tal manera que algunas de las pruebas especificadas a partir de ahora son inaplicables o no pueden hacerse bajo las condiciones especificadas, puede concederse aprobación limitada sujeta a las restricciones apropiadas.

**5.2.3.7 Clasificación de Medidores y Registros de Demanda.** Los medidores y registros de demanda actualmente se dividen en dos clasificaciones generales:

- (1) Medidores y registros de demanda de intervalo de bloque, los cuales almacenan o indican la demanda obtenida promediando aritméticamente el registro del vatihorímetro sobre un intervalo de tiempo repetido

regularmente.

- (2) Medidores de Demanda en atraso, en los cuales la indicación de la demanda está sujeta a una característica de tiempo en atraso ya sea por medios mecánicos o térmicos.

**5.2.3.8 Concordancia de Medidores y Registros de Demanda.** La medición de demanda puede obtenerse con medidores y registros teniendo varios principios de operación y empleando varios recursos de almacenamiento o indicación de la de demanda. En una carga constante de suficiente duración, medidores y registros de demanda exactos de ambas clasificaciones darán el mismo valor de demanda máxima, dentro de los límites de tolerancia especificados. En cargas variantes, los valores dados por medidores y registros exactos de diferentes clasificaciones pueden diferir por causa de los diferentes principios fundamentales de los propios medidores. Por ejemplo, el almacenamiento de un medidor de demanda en atraso variará de acuerdo al carácter y secuencia de las variaciones. Además de esto, los almacenamientos de medidores y registros de demanda de intervalo de bloque del mismo intervalo de tiempo asignado pueden diferir si ellos no se ajustan para restablecerse simultáneamente. En la práctica comercial, la demanda de una instalación o de un sistema es dada con exactitud aceptable por el almacenamiento o indicación de cualquier medidor o registro de demanda exacto de tipo aceptable.

#### **5.2.4 Especificaciones para Diseño y Construcción.**

**5.2.4.1 Designación del Tipo e Identificación.** Cada medidor o registro de demanda se designará por tipo y se le dará un número de serie por el fabricante. El número de serie y la designación de tipo estarán marcados legiblemente en cada medidor o registro de demanda. El índice de registro se marcará sobre el registro.

**5.2.4.2 Sellado.** Los medidores de demanda serán provistos con facilidades para sellado, para prevenir reajuste o accesos no autorizados.

**5.2.4.3 Cubierta.** La cubierta será a prueba de polvo y hermética a la lluvia si se pretende para instalación externa.

**5.2.4.4 Terminales.** Los terminales del medidor de demanda se arreglarán de manera que, la posibilidad de cortocircuitos se minimice cuando la cubierta se remueva o reemplace, se hagan conexiones o se ajuste el medidor de demanda.

**5.2.4.5 Construcción y Calidad de Mano de Obra.** Medidores y registros de demanda se construirán sustancialmente de buen material en una manera concienzuda, con el propósito de lograr estabilidad del desempeño y exactitud sostenida sobre largos períodos de tiempo y sobre amplios rangos de condiciones de operación con un mínimo de mantenimiento.

**5.2.4.6 Resolución.** La resolución de los almacenamientos gráficos será tal que cualquier punto entre una deflexión de un quinto de plena escala y plena escala, puede leerse la demanda para estar dentro de 2% del valor de plena escala.

**5.2.4.7 Características de Tiempo de Medidores de Demanda en Atraso.** El tiempo requerido por los medidores de demanda en atraso para alcanzar el 90% de la indicación final, con una carga constante aplicada repentinamente, no será menor del 98% de la característica de tiempo asignado.

## **5.2.5 Selección de Medidores y Registros de Demanda para Pruebas de Aprobación.**

**5.2.5.1 Muestras para Ser Representativas del Tipo Básico.** Los medidores o registros de demanda a probarse serán representativos del tipo básico y representarán el producto comercial promedio del fabricante.

**5.2.5.2 Número a Ser Probado.** Ocho medidores o registros de demanda serán sujetos a prueba, excepto en el caso de medidores o registros de demanda de tipo inusual o de poco uso, donde un número pequeño puede tomarse como para ser representativo del tipo, o excepto cuando se especifique otra cosa.

Cuando las muestras representando a un tipo básico dado de medidor de demanda, incluyan diferentes valores asignados de corriente o tensión, no estarán menos de dos medidores de cada uno de los valores asignados de corriente representativos para cada grupo, de los cuales todos preferiblemente deberían ser del mismo valor asignado de tensión. No estarán menos de dos medidores de cada valor asignado de tensión, de los cuales todos preferiblemente deberían ser del mismo valor asignado de corriente.

Cuando las muestras representando a un tipo básico dado de registro de demanda incluyan diferentes tensiones, intervalos de demanda o capacidades de escala, las pruebas se harán en no menos de dos registros de cada una de tales categorías.

**5.2.5.3 Medidores y Registros de Demanda Adicionales para Reemplazo.** Cuando sea factible, los medidores y registros de demanda sometidos para pruebas de aprobación serán acompañados por un número adicional suficiente de cada variación dentro del tipo básico, de los cuales los medidores y registros de demanda encontrados defectuosos o aquellos dañados accidentalmente pueden reemplazarse.

## **5.2.6 Condiciones de Prueba.**

**5.2.6.1 Pruebas a ser Aplicadas a Todos los Medidores y Registros de Demanda.** Cada medidor o registro de demanda se someterá a las pruebas especificadas en 5.2.8 hasta 5.2.11, excepto aquellos medidores o registros que son una modificación de un tipo que ya ha sido sometido a las pruebas, o medidores o registros de demanda para servicios especiales, pueden estar exentos de ciertas pruebas.

**5.2.6.2 Pruebas de Corriente Alterna.** Todas las pruebas de corriente alterna se realizarán en un circuito alimentado por una fuente de onda seno con un factor de distorsión no mayor del 3%.

**5.2.6.3 Orden de Realización de las Pruebas.** Los ítems de cada prueba se realizarán en el orden dado.

Después de cada cambio de tensión o carga, se permitirá un intervalo suficiente de tiempo para que el medidor o registro de demanda llegue a una condición estable antes de hacer la próxima observación o prueba.

**5.2.6.4 Condiciones de Prueba Específicas.** Los medidores o registros de demanda se instalarán en un soporte libre de vibración.

Los medidores de demanda con estator múltiple se probarán en un circuito monofásico con los circuitos de tensión en paralelo y todos los circuitos de corriente en serie.

Todas las pruebas se harán a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tensión de placa, frecuencia asignada, y factor de potencia 1.0, a menos que se especifique lo contrario.

### **5.2.7 Reglas que Gobiernan la Aceptación de Tipos.**

**5.2.7.1 Reemplazos.** Reemplazos o reparaciones pueden hacerse si los defectos físicos de una naturaleza menor llegan a ser aparentes durante las pruebas. Si, durante la prueba de un medidor o registro de demanda, defectos significativos en diseño o fabricación llegan a aparecer, la prueba se suspenderá.

**5.2.7.2 Tolerancias.** Debido a posibles errores en observaciones y en los patrones ocupados, debería aplicarse una tolerancia a los límites especificados de porcentaje de desviación para cualquier condición de prueba involucrando una determinación de la exactitud del medidor o registro de demanda. Un medidor o registro de demanda no debería considerarse fuera de la desviación permisible del desempeño de referencia a menos que la desviación permisible se exceda por 0.25%.

**5.2.7.3 Bases de Desempeño Aceptable.** Un tipo de medidor o registro de demanda será aceptable bajo estas especificaciones cuando se satisfagan los siguientes requisitos:

- (1) En las pruebas hechas en cualquier número de medidores o registros de demanda, no más del 30% de tales medidores y registros fallará en una prueba cualquiera.
- (2) En las pruebas hechas en cualquier número de medidores o registros de demanda, el número total de fallas no excederá el 5% del número total de pruebas realizadas en todos los medidores o registros.

### **5.2.8 Requisitos de Desempeño Aplicables a Todos los Medidores y Registros de Demanda.**

**5.2.8.1 Bases de Determinación del Desempeño.** Para propósito de pruebas de aprobación, requisitos de desempeño de medidores de demanda de intervalo de bloque, registros de demanda, y medidores de demanda en atraso del tipo mecánico están basados sobre el desempeño del propio dispositivos de demanda, sin tener en cuenta a la exactitud del vatihorímetro que con él se usa. La exactitud completa de tal medidor de demanda, entonces, es la exactitud combinada de su registro y el elemento eléctrico. Requisitos de desempeño del tipo térmico de medidores de demanda en atraso, sin embargo, incluyen el elemento eléctrico y el elemento indicador, ya que sus características no son dependientes de la exactitud de un vatihorímetro. En cualquier tipo, sin embargo, donde se incluya un vatihorímetro como parte del medidor de demanda, el propio vatihorímetro reunirá los requisitos de 5.1 de esta norma, con tolerancias adecuadas para las pérdidas adicionales debido a circuitos de demanda.

En el caso de medidores de demanda diseñados y ajustados para utilizarse con un transformador de medida externo específico u otros dispositivos auxiliares, los requisitos de desempeño aplicarán solo al propio medidor de demanda, con las tolerancias adecuadas para cualesquiera condiciones de calibración especial que puedan haber sido incorporadas en el medidor de demanda. Cuando el medidor de demanda contiene integrados transformadores de medida u otro dispositivo especial formando una parte integral del medidor de demanda, los requisitos de desempeño aplicarán a la combinación del medidor de demanda y sus auxiliares integrados.

### **5.2.9 Requisitos de Desempeño - Medidores y Registros de Demanda de Intervalo de Bloque.**

**5.2.9.1 Condiciones Iniciales.** En las pruebas descritas en 5.2.9.2 hasta 5.2.9.7, las pruebas para desviación de intervalo de demanda sólo aplican cuando un elemento temporizador es parte integral del medidor o registro de demanda.

Correcciones para cualesquiera errores del vatihorímetro que puedan estar envueltos se aplicarán para cálculo de desviaciones de demanda en las siguientes pruebas.

Cada prueba se hará con el indicador de demanda a cero al inicio, y la carga de una cantidad prescrita se aplicará súbitamente.

Si el medidor es de un tipo gráfico, las pruebas se harán con la pluma o aguja en condiciones de operación y descansando con presión normal sobre la carta. La propia carta se moverá a su velocidad normal, y todos los resultados (indicaciones) se tomarán directamente de ella. Velocidad normal, cuando no se especifique lo contrario, será la velocidad correspondiente a la indicada en la carta impresa de papel.

**5.2.9.2 Carga Mecánica.** La carga mecánica impuesta en el medidor por el mecanismo de demanda estará dentro del rango de ajuste del medidor. Esta carga será aproximadamente tan constante como sea factible a lo largo del ciclo entero de operación.

**5.2.9.3 Aislamiento.** El aislamiento entre partes portadoras de corriente de circuitos separados y entre partes portadoras de corriente y otras partes metálicas será capaz de resistir la aplicación de una tensión senoidal de 2.5 kV eficaz, 60 Hz, por 1 minuto.

**5.2.9.4 Prueba No. 1: Desempeño de Carga.** Ni la desviación del intervalo de demanda ni la desviación de demanda excederán las cantidades especificadas en la Tabla 5.2.9.4.

**Tabla 5.2.9.4  
Desempeño de Carga, Medidores y Registros de Demanda de Intervalo de Bloque**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Desviación Porcentual Permissible	
		Intervalo de Demanda	Demanda
Condición (1)	Cualquiera	± 1.0	---
Condición(2)	20	---	± 2.0
Condición(3)	50	---	± 2.0
Condición(4)	90	---	± 2.0

**5.2.9.5 Prueba No.2: Efecto de Variación de Tensión.** Ni la desviación del intervalo de demanda ni la desviación de demanda diferirán del desempeño de referencia por una cantidad excediendo la especificada en la Tabla 5.2.9.5.

**Tabla 5.2.9.5  
Efecto de Variación de Tensión en Medidores y Registros de Demanda de Intervalo de Bloque**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Porcentaje de Tensión de Placa	Desviación Porcentual Permissible	
			Intervalo de Demanda	Demanda
Desempeño de referencia	90	100	---	---
Condición(1)	90	90	± 1.0	± 1.0
Condición(2)	90	110	± 1.0	± 1.0

**5.2.9.6 Prueba No.3: Efecto de Variación de la Frecuencia.** La desviación del intervalo de demanda no diferirá del desempeño de referencia por una cantidad excediendo la especificada en la Tabla 5.2.9.6.

NOTA: Para tipos de medidores o registros de demanda teniendo un mecanismo temporizador accionado por motor síncrono, las pruebas anteriores se omitirán.

**Tabla 5.2.9.6  
Efecto de Variación de la Frecuencia en Medidores y Registros de Demanda de Intervalo de Bloque**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Porcentaje de Frecuencia Asignada	Desviación Porcentual Permissible con respecto a la Referencia
			Intervalo de Demanda
Desempeño de referencia	90	100	---
Condición(1)	90	95	± 1.0
Condición(2)	90	105	± 1.0

**5.2.9.7 Prueba No.4: Efecto de Variación de la Temperatura Ambiente.** Tres medidores o registros de demanda se colocarán en un espacio teniendo una temperatura de  $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , y se les permitirá permanecer por no menos de 2 horas con los circuitos de tensión de los medidores energizados a la tensión de placa. Luego se aplicará la carga de prueba, y después de operar por 1 hora, los medidores se probarán. Esta operación se repetirá a los varios valores de temperatura mostrados en la Tabla 5.2.9.7.

**Tabla 5.2.9.7  
Efecto de Variación de la Temperatura Ambiente en Medidores y Registros de Demanda de Intervalo de Bloque**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Temperatura Ambiente	Desviación Porcentual Permissible con respecto a la Referencia	
			Intervalo de Demanda	Demanda
Desempeño de referencia	50	$23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$	---	---
Condición(1)	50	$50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$	± 1.0	± 2.0
Condición(2)	50	$-20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$	± 1.0	± 2.0

\* Cuando la diferencia de temperatura actual entre dos pruebas difiere de la diferencia de temperatura nominal especificada para las dos pruebas, el cambio en desviación se ajustará proporcionalmente.

**5.2.10 Requisitos de Desempeño - Medidores de Demanda en Atraso.**

**5.2.10.1 Condiciones Iniciales.** Cuando el medidor de demanda es un componente parte del vatihorímetro, el vatihorímetro se someterá a las pruebas de aceptación de medidores en 5.1 de esta norma. Los límites de variación permisible para un medidor aceptable serán los mismos como los establecidos en 5.1 para un correspondiente vatihorímetro independiente del medidor de demanda, excepto por las pérdidas en vatios en circuitos de corriente y tensión.

Para las pruebas descritas en 5.2.10.3 hasta 5.2.10.8 el medidor de demanda estará

en buenas condiciones de operación y se ajustará tan estrechamente como sea factible para corregir calibración a cero y en algún punto conveniente de la parte superior de la escala, preferiblemente en o arriba del 50%. Las pruebas se hacen normalmente a tensiones de placa, a menos que se especifique de otra manera.

Cada prueba se hará con el indicador de demanda a cero al inicio, y la carga de la cantidad prescrita se aplicará súbitamente.

Si el medidor es de un tipo gráfico, las pruebas se harán con la pluma o aguja en condiciones de operación y descansando con presión normal sobre la carta. La propia carta se moverá a su velocidad normal, y todos los resultados (indicaciones) se tomarán directamente de ella. Velocidad normal, cuando no se especifique lo contrario, será la velocidad correspondiente a la indicada en la carta impresa de papel.

Si el medidor es de un tipo indicador, las pruebas se harán con la aguja empujadora en contacto con la aguja de demanda máxima, cuando se tomen las lecturas de la parte superior de la escala, pero la aguja empujadora no estará en contacto con la aguja de demanda máxima cuando se toman las lecturas en cero de la aguja empujadora.

Los circuitos de tensión de medidores de demanda térmicos se energizarán por al menos 3 horas antes a la prueba inicial y permanecerán continuamente energizados para el resto de las pruebas.

Pruebas número 2,3,4 y 5 (ver 5.2.10.4 hasta 5.2.10.7) no aplican a medidores atrasados mecánicamente.

**5.2.10.2 Aislamiento.** El aislamiento entre partes portadoras de corriente de circuitos separados y entre partes portadoras de corriente y otras partes metálicas será capaz de resistir la aplicación de una tensión senoidal de 2.5 kV eficaz, 60 Hz, por 1 minuto.

**5.2.10.3 Prueba No. 1: Desempeño de Carga.** La desviación de demanda no excederá lo especificados en la Tabla 5.2.10.3.

**Tabla 5.2.10.3  
Desempeño de Carga, Medidores de Demanda en Atraso.**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Desviación Porcentual Permisible de Demanda al Final de Cuatro Intervalos Asignados
Condición(1)	50	± 3.0
Condición(2)	90	± 3.0

Nota: El tiempo requerido para alcanzar 90% de la indicación final es la característica de tiempo actual del medidor de demanda y no será menor al 98% de la característica de tiempo asignado.

**5.2.10.4 Prueba No.2: Efecto de Variación del Factor de Potencia.** La demanda no diferirá del desempeño de referencia por una cantidad excediendo lo especificado en la [Tabla 5.2.10.4](#)

**5.2.10.5 Prueba No.3: Efecto de Variación de Tensión.** La demanda no diferirá del desempeño de referencia por una cantidad excediendo lo especificado en la [Tabla 5.2.10.5](#).

**Tabla 5.2.10.4**  
**Efecto de Variación del Factor de Potencia en Medidores de Demanda en Atraso**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Factor de Potencia	Desviación Porcentual Permisible con respecto a la Referencia de Demanda al Final de Cuatro Intervalos Asignados
Desempeño de referencia para condición(1)	50	1.0	---
Desempeño de referencia para condición(2)	75	1.0	---
Condición(1)	50	0.5 en atraso	± 3.0
Condición(2)	75	0.75 en atraso	± 3.0

**Tabla 5.2.10.5**  
**Efecto de Variación de Tensión en Medidores de Demanda en Atraso**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Porcentaje de Tensión de Placa	Desviación Porcentual Permisible con respecto a la Referencia de Demanda al Final de Cuatro Intervalos Asignados
Desempeño de referencia para condiciones (1) y (3)	50	100	---
Desempeño de referencia para condiciones (2) y (4)	90	100	---
Condición(1)	50	90	± 1.5
Condición(2)	90	90	± 1.5
Condición(3)	50	110	± 1.5
Condición(4)	90	110	± 1.5

**5.2.10.6 Prueba No.4: Efecto de Variación de la Frecuencia.** La demanda no diferirá del desempeño de referencia por una cantidad excediendo lo especificado en la [Tabla 5.2.10.6](#). Esta prueba puede omitirse, excepto para aplicaciones donde se espera que la frecuencia pueda variar más de ± 2% de la frecuencia asignada.

**5.2.10.7 Prueba No.5: Igualdad de Circuitos de Corriente.** La demanda de medidores teniendo más de un circuito de corriente, cuando cada circuito de corriente se utiliza separadamente, no diferirá del desempeño de referencia por una cantidad excediendo lo especificado en la [Tabla 5.2.10.7](#).

**5.2.10.8 Prueba No.6: Efecto de Variación de Temperatura Ambiente.** Se colocarán tres medidores en un espacio teniendo una temperatura de 23 °C ± 5 °C, y se les permitirá permanecer por no menos de 3 horas con los circuitos de tensión del medidor energizados a tensión de placa. Luego se aplicará la carga de prueba por cuatro intervalos asignados y se almacenarán las demandas indicadas. Esta operación se repetirá a los varios valores de temperatura y factor de potencia dados en la [Tabla 5.2.10.8](#). Condiciones (2) y (4) no aplican a registros de demanda atrasados mecánicamente.

**Tabla 5.2.10.6**  
**Efecto de Variaciones de la Frecuencia en Medidores de Demanda en Atraso**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Porcentaje de la Frecuencia Asignada	Desviación Porcentual Permisible con respecto a la Referencia de Demanda al Final de Cuatro Intervalos Asignados
Desempeño de referencia (1) y (3)	50	100	---
Desempeño de referencia (2) y (4)	90	100	---
Condición(1)	50	95	± 1.5
Condición(2)	90	95	± 1.5
Condición(3)	50	105	± 1.5
Condición(4)	90	105	± 1.5

**Tabla 5.2.10.7**  
**Igualdad de los Circuitos de Corriente en los Medidores de Demanda en Atraso**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Conexiones de Circuitos de Corriente	Desviación Porcentual Permisible con respecto a la Referencia de Demanda al Final de Cuatro Intervalos Asignados
Desempeño de referencia.	100/N*	Todos los circuitos en serie	---
Condición(1)	100/N*	Solo el primer circuito	± 2.0
Condición(2)	100/N*	Solo el segundo circuito	± 2.0
Condición (3), (4), etc.	100/N*	Solo el tercer, cuarto, etc, circuito	± 2.0

\*N: representa el número total de circuitos de corriente en el medidor.

### 5.2.11 Pruebas sobre Dispositivos de Arrastre de la Carta para Medidores de Demanda Gráficos.

#### 5.2.11.1 Prueba No. 1 : Prueba sobre Elementos Temporizadores.

Cuando el elemento temporizador es una parte estructural del medidor de demanda y proporciona un almacenamiento continuo de tiempo sobre una carta o gráfico, la carta se colocará para indicar el tiempo verdadero, y se tomarán dos almacenamientos de 24 horas, cada uno bajo condiciones de operación, uno a carga asignada y uno a un cuarto de la carga asignada. Restablecer la carta a cero para indicar correctamente el tiempo al comienzo de cada prueba de 24 horas. La desviación de temporización no excederá lo que se especifica en la [Tabla 5.2.11.1](#).

**Tabla 5.2.10.8**  
**Efecto de Variación de la Temperatura Ambiente en Medidores de Demanda en Atraso**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Factor de Potencia	Temperatura Ambiente	Desviación* Porcentual Permisible con respecto a la Referencia de Demanda al Final de Cuatro Intervalos Asignados
Desempeño de referencia para condiciones (1) y (3)	50	1.0	23 °C ± 5 °C	---
Desempeño de referencia para condiciones (2) y (4)	50	0.5 en atraso	23 °C ± 5 °C	---
Condición(1)	50	1.0	50 °C ± 5 °C	± 2.0
Condición(2)	50	0.5 en atraso	50 °C ± 5 °C	± 2.5
Condición(3)	50	1.0	-20 °C ± 5 °C	± 3.5
Condición(4)	50	0.5 en atraso	-20 °C ± 5 °C	± 4.5

\*Cuando la diferencia de temperatura actual entre dos pruebas difiere de la diferencia de temperatura nominal especificada para las dos pruebas, el cambio en desviación se ajustará proporcionalmente.

**Tabla 5.2.11.1**  
**Prueba sobre Elementos Temporizadores de Dispositivos de Arrastre de la Carta**

Condición	Porcentaje Aproximado de Carga asignada Aplicada por 24 Horas	Desviación Porcentual Permisible de Temporización
Condición(1)	25	± 0.25
Condición(2)	100	± 0.25

**5.2.11.2 Prueba No.2: Efecto de Variación de Tensión.** La desviación de temporización no diferirá del desempeño de referencia por una cantidad excediendo lo especificado en la [Tabla 5.2.11.2](#).

**5.2.11.3 Prueba No.3: Efecto de Variación de la Temperatura Ambiente.** Tres medidores de demanda se colocarán en un espacio teniendo una temperatura de 23 °C ± 5 °C y se les permitirá permanecer por no menos de 2 horas con los circuitos de tensión del medidor energizados aproximadamente a tensión de placa. Se tomará un almacenamiento para un período de 24 horas. Esta operación se repetirá a los valores de temperatura dados en la [Tabla 5.2.11.3](#).

**Tabla 5.2.11.2**  
**Efecto de Variación de Tensión en Dispositivos de Arrastre de la Carta**

Condición	Porcentaje Aproximado de Carga asignada Aplicada por 24 Horas	Porcentaje de Tensión de Placa	Desviación Porcentual Permisible de Temporización
Desempeño de referencia	25	100	---
Condición(1)	25	85	± 2.0
Condición(2)	25	110	± 2.0

**Tabla 5.2.11.3**  
**Efecto de Variación de la Temperatura Ambiente en Dispositivos de Arrastre de la Carta**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de Plena Escala	Temperatura Ambiente	Desviación* Porcentual Permisible de Temporización
Desempeño de referencia	50	23 °C ± 5 °C	---
Condición(1)	50	50 °C ± 5 °C	± 2.0
Condición(2)	50	-20 °C ± 5 °C	± 2.0

\*Cuando la diferencia de temperatura actual entre dos pruebas difiere de la diferencia de temperatura nominal especificada para las dos pruebas, el cambio en desviación se ajustará proporcionalmente.

### 5.3 Registradores de Pulso.

#### 5.3.1 Generalidades

**5.3.1.1 Registradores de Pulso Aceptables.** Los nuevos tipos de registradores de pulso, para ser aceptables, se adaptarán a ciertos requisitos especificados en 5.3.8.2 hasta 5.3.8.5, los cuales pretenden determinar su confiabilidad y exactitud aceptable a tal grado que estas cualidades puedan demostrarse por pruebas de laboratorio.

**5.3.1.2 Adecuación de Laboratorio de Prueba.** Las pruebas para determinar la aceptabilidad de los tipos de registradores de pulso bajo estas especificaciones se harán en un laboratorio teniendo las facilidades adecuadas, usando instrumentos de un orden de exactitud como mínimo igual al de los instrumentos de taller y patrones descritos en el [Capítulo IV](#). Estos instrumentos deberían verificarse contra patrones secundarios de laboratorio antes y después de las pruebas, o más a menudo como se requiera. Las pruebas se realizarán sólo por personal que tenga un exhaustivo conocimiento teórico y práctico y adecuado entrenamiento en la realización de mediciones de precisión.

**5.3.2 Definiciones.** Para las definiciones, ver [Capítulo II](#).

#### 5.3.3 Tipo de Registrador de Pulso.

**5.3.3.1 Tipo Básico.** Los registradores de pulso se consideran que son del mismo tipo básico si se producen por el mismo fabricante, llevan un tipo de designación relacionado, son del mismo diseño general, y tienen la misma relación de partes.

**5.3.3.2 Variaciones dentro del Tipo Básico.** Los registradores de pulso del mismo tipo básico pueden variar de acuerdo a las necesidades del usuario, tales como (pero no limitados a) lo siguiente:

- (1) Tensión
- (2) Frecuencia
- (3) Número de Canales
- (4) Intervalo de Demanda
- (5) Contadores de pulsos
- (6) Reloj de 12 o 24 horas
- (7) Batería de respaldo
- (8) Tipo de Caja
- (9) Distribución de los terminales

**5.3.3.3 Aceptación del Tipo Básico en Conjunto o Partes.** Un tipo básico de registrador de pulsos puede aceptarse como un conjunto, o como una variación restringida de un tipo básico.

**5.3.3.4 Variaciones Menores.** Variaciones menores en la construcción mecánica, las cuales no sean de tal carácter como para afectar la operación del registrador de pulso, pueden permitirse en los diferentes registradores de pulso del mismo tipo básico.

#### **5.3.4 Especificaciones para Diseño y Construcción.**

**5.3.4.1 Designación de Tipo e Identificación.** Cada registrador de pulso se designará por tipo y se le dará un número de serie por el fabricante. El número de serie y designación de tipo estarán marcados legiblemente en la estructura o chasis de placa de cada registrador de pulso.

**5.3.4.2 Sellado.** Los registradores de pulso serán provistos con facilidades para sellado para prevenir acceso no autorizado.

**5.3.4.3 Cubierta.** La cubierta será a prueba de polvo, y hermética a la lluvia si se pretende para instalación externa.

**5.3.4.4 Terminales.** Los terminales del registrador de pulso se arreglarán de manera que se minimice la posibilidad de cortocircuitos cuando la cubierta se remueva o reemplace, se hagan conexiones o cuando se reemplace la cinta.

**5.3.4.5 Construcción y Calidad de Mano de Obra.** Registradores de pulso se construirán sustancialmente de buen material en una manera concienzuda, con el propósito de lograr estabilidad de desempeño y exactitud sostenida sobre largos períodos de tiempo y sobre amplios rangos de condiciones de operación con un mínimo mantenimiento.

#### **5.3.5 Selección de Registradores de Pulso para Pruebas de Aprobación.**

**5.3.5.1 Muestras para Ser Representativas del Tipo Básico.** Los registradores de pulso a probarse serán representativos del tipo básico y representarán el producto comercial promedio del fabricante.

**5.3.5.2 Número a Ser Probado.** Un mínimo de tres registradores de pulsos de un tipo particular se someterá a prueba.

**5.3.5.3 Registradores de Pulsos Adicionales para Reemplazos.** Cuando sea factible, los registradores de pulsos sometidos para pruebas serán acompañados por un número suficiente del mismo tipo, de los cuales los registradores de pulso encontrados defectuosos o aquellos dañados accidentalmente pueden reemplazarse.

### **5.3.6 Condiciones de Prueba.**

#### **5.3.6.1 Pruebas a Ser Aplicadas a Todos los Registradores de Pulso.**

Cada registrador de pulsos se someterá a las pruebas especificadas en 5.3.8 de esta norma, excepto aquellos registradores que son una modificación de un tipo que ya ha sido sometido a las pruebas puede estar exento de ciertas pruebas.

**5.3.6.2 Orden de Realización de las Pruebas.** Los ítems de cada prueba se realizarán en el orden dado.

**5.3.6.3 Condiciones de Prueba Específicas.** El registrador de pulsos se instalará en un soporte libre de vibración. Todas las pruebas se harán a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y a tensión y frecuencia de placa, a menos que se especifique de otra manera. Para evitar ambigüedad debido a la coincidencia de pulsos de datos con los pulsos de temporización, se recomienda que el inicio del intervalo de demanda de los registradores bajo prueba se sincronice tan estrechamente como sea factible, y que los pulsos de datos comiencen aproximadamente  $\frac{1}{2}$  minuto después que el pulso de temporización y terminen aproximadamente  $\frac{1}{2}$  minuto antes del final del intervalo de demanda. Fuentes de corriente alterna comerciales normales son adecuadas para propósitos de prueba. La fuente de pulsos estará libre de transitorios que puedan afectar el conteo de pulso.

### **5.3.7 Reglas que Gobiernan la Aceptación de Tipos.**

**5.3.7.1 Reemplazos.** Reemplazos o reparaciones pueden hacerse si defectos físicos de una naturaleza menor llegan a presentarse durante las pruebas. Si, durante la prueba de un registrador de pulsos, defectos significantes en diseño o fabricación se presentan, la prueba se suspenderá.

**5.3.7.2 Interpretación de Datos.** Registradores de pulso normalmente requieren máquinas lectoras de sus almacenamientos. En la interpretación de datos impresos para propósito de determinación de la conformidad de almacenamientos con las especificaciones de desempeño, debería tenerse cuidado para evitar malinterpretar el registrador debido a algún mal funcionamiento del proceso traductor, errores de computadora, diafonía entre canales, cinta defectuosa, cinta sucia, etc. Se recomienda que las pruebas se realicen en una manera tal que se obtenga la redundancia practicable máxima. Esto puede llevarse a cabo fácilmente alimentando todos los canales de todos los registradores desde la misma fuente de pulso y monitoreando esta entrada con un contador de pulso auxiliar. Los datos impresos pueden entonces examinarse con respecto a esta redundancia con el propósito de evitar rechazo injustificado del registrador por fallas no acusables al propio registrador.

**5.3.7.3 Bases de Desempeño Aceptable.** Un tipo de registrador de pulso será aceptable bajo estas especificaciones cuando se satisfagan los siguientes requisitos:

- (1) En las pruebas hechas en tres registradores de pulso, no más de un registrador fallará en un ítem cualquiera de cualquier prueba particular.
- (2) Ningún registrador de pulsos individual fallará en más de dos ítems.

### **5.3.8 Requisitos de Desempeño**

**5.3.8.1 Condiciones Iniciales.** Las pruebas se realizarán con el registrador de pulsos completamente ensamblado en su caja e instalado como podría estarlo en operación normal con cinta instalada. Cuando el medio de registro es una cinta magnética, la cinta se desmagnetizará antes usar.

**5.3.8.2 Aislamiento.** El aislamiento entre los terminales de suministro de tensión y la estructura o caja metálica será capaz de resistir la aplicación de una tensión senoidal eficaz de 1.5 kV, 60 Hz, por 1 minuto.

NOTA: Circuitos electrónicos de baja tensión y los terminales de pulso de entrada (KYZ) no se someterán a la prueba de aislamiento.

**5.3.8.3 Prueba No. 1: Desempeño de Carga.** Ni la desviación del intervalo de demanda ni la desviación de conteo de pulso para cualquier intervalo de demanda excederán las cantidades especificadas en la Tabla 5.3.8.3. La prueba cubrirá un período de no menos tres intervalos de demanda completos para la desviación de intervalo de demanda, y no menos de diez intervalos de demanda para la desviación de conteo de pulso. Los pulsos se suministrarán simultáneamente a todos los canales de datos de demanda.

**Tabla 5.3.8.3  
Desempeño de Carga, Registradores de Pulso.**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de la Capacidad de Pulso	Desviación Porcentual Permisible	
		Intervalo de Demanda	Conteo de pulsos
Condición(1)	Cualquiera	$\pm 0.25$	---
Condición(2)	90	---	$\pm 0.25$

**5.3.8.4 Prueba No.2: Efecto de Variación de Tensión.** Ni los cambios en el intervalo de demanda ni en el conteo de pulso para cualquier intervalo de demanda excederán las cantidades especificadas en la Tabla 5.3.8.4. El período cubierto no será menor de tres intervalos de demanda completos para prueba de intervalo de demanda, y no menos de diez intervalos de demanda para la prueba de conteo de pulso. Los pulsos se suministrarán simultáneamente a todos los canales de datos de demanda.

**Tabla 5.3.8.4  
Efecto de Variaciones de Tensión, Registradores de Pulso.**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de la Capacidad de pulsos	Punto de Prueba en Porcentaje de Tensión de Placa	Cambio Porcentual Permisible de Desempeño	
			Intervalo de Demanda	Conteo de pulsos
Desempeño de referencia	90	100	---	---
Condición(1)	90	85	$\pm 0.25$	$\pm 0.25$
Condición(2)	90	110	$\pm 0.25$	$\pm 0.25$

**5.3.8.5 Prueba No.3: Efecto de Variación de la Temperatura Ambiente.** Ni la desviación de intervalo de demanda ni la desviación de conteo de pulso para cualquier intervalo de demanda excederá la cantidad especificada en la Tabla 5.3.8.5. La prueba de intervalo de demanda cubrirá un período no menor de tres intervalos de demanda completos. La prueba de desviación de conteo de pulso cubrirá no menos de diez intervalos de demanda. Los pulsos se suministrarán simultáneamente a todos los canales de demanda.

El registrador de pulso se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se le permitirá permanecer por no menos de 3 h con tensión de placa

aplicada a los terminales de suministro y la velocidad de pulso especificada a todos los canales. Después del período de 3 horas a esta temperatura, se iniciará la prueba. Esta operación se repetirá a los varios valores de temperatura mostrados en la Tabla 5.3.8.5.

**Tabla 5.3.8.5  
Efecto de Variación de la Temperatura Ambiente, Registros de Pulso**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de la Capacidad de Pulso	Temperatura Ambiente	Desviación Porcentual Permisible	
			Intervalo de Demanda	Conteo de pulsos
Condición(1)	90	23 °C ± 5 °C	± 0.25	± 0.25
Condición(2)*	90	23 °C ± 5 °C	± 3.0	---
Condición(3)	90	50 °C ± 5 °C	± 0.25	± 0.25
Condición(4)*	90	50 °C ± 5 °C	± 3.0	---
Condición(5)	90	-20 °C ± 5 °C	± 0.25	± 0.25
Condición(6)*	90	-20 °C ± 5 °C	± 3.0	---

\*Condiciones (2), (4) y (6) son para registradores de pulso con batería de respaldo operando en suministro de corriente directa y el suministro de corriente alterna desconectado. La batería se colocará a temperatura de entorno durante la prueba completa, pero los registradores se energizarán desde el suministro de corriente alterna durante los períodos de acondicionamiento. El suministro de corriente alterna es para desconectarse inmediatamente antes de que cada prueba de desviación de intervalo de demanda se realice. La batería puede recargarse o reemplazarse siguiendo cada temperatura individual ejecutada.

## 5.4 Transformadores de Medida

### 5.4.1 Generalidades

**5.4.1.1 Transformadores Aceptables.** Los nuevos tipos de transformadores de medida para ser aceptables, se adaptarán a ciertos requisitos especificados en 5.4.4 hasta 5.4.10, los cuales pretenden determinar su confiabilidad y exactitud aceptable a tal grado que estas cualidades puedan demostrarse por pruebas de laboratorio.

**5.4.1.2 Adecuación de Laboratorio de Prueba.** Las pruebas para determinar la aceptabilidad de los tipos de transformadores de medida bajo estas especificaciones se harán en un laboratorio teniendo facilidades adecuadas, usando patrones de laboratorio apropiados, e instrumentos de un orden de exactitud como mínimo igual al de los instrumentos de taller descritos en el [Capítulo IV](#). Las pruebas se realizarán sólo por personal que tenga un exhaustivo conocimiento teórico y práctico y adecuado entrenamiento en la realización de mediciones de precisión.

**5.4.2 Definiciones.** Para la definición de términos utilizados en 5.4, ver ANSI/IEEE C57.13-1978 [4].

### 5.4.3 Tipo Definido de Transformador de Medida.

**5.4.3.1 Tipo Básico.** Los transformadores de medida se consideran que son del mismo tipo básico si se producen por el mismo fabricante, llevan el mismo tipo de designación, son del mismo diseño general, y tienen la misma relación de partes.

#### **5.4.4 Especificaciones para Diseño y Construcción.**

**5.4.4.1 Designación del Tipo e Identificación.** Cada transformador se designará por tipo y se le dará un número de serie por el fabricante. El número de serie y designación de tipo estarán marcados legiblemente en la placa de cada transformador.

**5.4.4.2 Terminales.** Las terminales serán eléctricamente y mecánicamente adecuados para usarse con conductores de aluminio así como también con conductores de cobre.

**5.4.4.3 Construcción y Calidad de Mano de Obra.** Los transformadores se construirán sustancialmente de buen material en una manera concienzuda, con el propósito de lograr estabilidad del desempeño y exactitud sostenida sobre largos períodos de tiempo y sobre amplios rangos de condiciones de operación con un mínimo de mantenimiento.

**5.4.5 Clases de Exactitud de Transformadores de Intensidad para Medición de Facturación.** La clase de exactitud para transformadores de intensidad utilizados en medición de facturación será la clase de exactitud de 0.3. Si no es factible usar transformadores con clase de exactitud de 0.3, deben determinarse los factores de corrección de transformador para los transformadores a utilizar para la carga involucrada. Las correcciones deberían aplicarse cuando los factores de corrección exceden los límites de clase de exactitud 0.3 [ver [Apéndice A](#)].

**5.4.6 Clases de Exactitud de Transformadores de Tensión para Medición de Facturación.** La clase de exactitud para transformadores de tensión utilizados en medición de facturación será la clase de exactitud de 0.3. Si no es factible usar transformadores con clase de exactitud de 0.3, deben determinarse los factores de corrección de transformador para los transformadores a utilizar para la carga involucrada. Las correcciones deberían aplicarse cuando los factores de corrección exceden los límites de clase de exactitud 0.3 [ver [Apéndice A](#)]. También deberían tomarse consideraciones para correcciones por cualquier error causado por caída de tensión en los cables entre los transformadores de tensión y los medidores.

#### **5.4.7 Selección de Transformadores para Pruebas de Aprobación.**

**5.4.7.1 Muestras para Ser Representativas del Tipo Básico.** Los transformadores a probarse serán representativos del tipo básico y representarán el producto comercial típico del fabricante.

**5.4.7.2 Número a Ser Probado.** Cinco transformadores de tensión o de intensidad se someterán a prueba, excepto en el caso de transformadores de primario asignado muy alto, o de tipos de transformadores de tipo inusual o de poco uso, cuando un número pequeño de muestras puede tomarse para ser representativo del tipo. Las muestras serán así seleccionadas como para ser representativas del rango de relaciones a ser aprobadas.

#### **5.4.8 Condiciones de Prueba de Aprobación.**

**5.4.8.1 Pruebas a Ser Aplicadas a Todos los Transformadores.** Cada transformador se someterá a las pruebas especificadas en [5.4.10](#).

**5.4.8.2 Pruebas de Corriente Alterna.** Todas las pruebas de corriente alterna se realizarán en un circuito alimentado por una fuente de onda seno con un factor de distorsión no mayor del 3%.

**5.4.8.3 Orden de Realización de las Pruebas.** Los ítems de cada prueba se realizarán en el orden dado.

**5.4.8.4 Generalidades.** Todas las pruebas se harán a una temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y a frecuencia asignada, a menos que se especifique de otra manera.

Al realizar pruebas de aprobación en transformadores de medida, se recomienda referirse a ANSI/IEEE C57.13-1978[4] para procedimientos detallados de prueba. Todas las pruebas deberían hacerse de acuerdo con los procedimientos perfilados allí.

#### **5.4.9 Reglas que Gobiernan la Aceptación de Tipos.**

**5.4.9.1 Tolerancias.** Los límites de aceptabilidad para transformadores de intensidad o tensión en cada clasificación de exactitud incluirán tolerancias por errores en observación, variaciones en el equipo de prueba, y variaciones en técnicas de comprobación. En ningún caso se considerará que un transformador cae fuera de los límites especificados de una clase de exactitud a menos que los límites se excedan por más de 0.0010 del factor de corrección de relación o excedan 3 minutos en ángulo de fase.

**5.4.9.2 Bases para Aceptación.** Un tipo de transformador será aceptable bajo estas especificaciones cuando se satisfagan los siguientes requisitos:

- (1) Cada transformador de intensidad y tensión resistirá todas las pruebas de aislamiento especificadas en 5.4.10.2
- (2) Cada transformador de intensidad y tensión reunirá los requisitos de ambas pruebas de exactitud e incremento de temperatura especificadas en 5.4.10.3 hasta 5.4.10.6.

La falla de un transformador para reunir los requisitos de las pruebas de exactitud e incremento de temperatura serán causa para rechazar ese valor asignado y otros valores asignados teniendo las mismas características de diseño. Tal rechazo no imposibilitará la aceptación del tipo en otros valores asignados que tienen características de diseño diferentes y reúnen requisitos de exactitud e incremento de temperatura.

#### **5.4.10 Requisitos de Desempeño para Aprobación.**

**5.4.10.1 Condiciones Iniciales.** Los transformadores no mostrarán evidencias de daño físico, terminales descoloridos debido a sobrecarga, o rastro de arco en el aislamiento o boquillas.

**5.4.10.2 Aislamiento.** Los transformadores no fallarán cuando se sometan a las siguientes pruebas de resistencia de tensión. Las pruebas se harán ya sea a frecuencia asignada o a una frecuencia de 60 Hz.

*Condición (1).* Prueba de resistencia de tensión del primario al secundario y partes aterrizadas, incluyendo caja metálica, estructura, base, placa, facilidades de montaje y núcleo (si está accesible). La tensión de prueba se aplicará por 1 minuto entre el primario y secundario con el secundario aterrizado. La tensión de prueba será la tensión de prueba de baja frecuencia como se especifica en ANSI/IEEE C57.13-1978 [4].

*Condición (2).* Prueba de resistencia de tensión del secundario al primario y partes aterrizadas, como se indicó bajo la condición (1). Una tensión de prueba eficaz de 2.5 kV se aplicará por 1 minuto entre el secundario y primario, con el primario aterrizado.

**5.4.10.3 Prueba No.1: Exactitud, Transformadores de Intensidad.** El transformador se desmagnetizará y luego se probará a 10% y 100% de la corriente primaria asignada y con una corriente primaria igual a la corriente asignada multiplicada por el factor de valor asignado de corriente térmica continua. Las pruebas se harán con cargas mínimas y máximas medidas, para las cuales una exactitud de 0.3 ha sido designada por el fabricante. Sin embargo, si la aplicación deseada del transformador

involucrará una carga mayor que la máxima carga medida para la cual se especifica la clase de exactitud de 0.3 o si la carga deseada tendrá un factor de potencia más cercano a 0.5 que a 0.9, el transformador debería también probarse a la carga patrón que es más comparable a la carga deseada. En el caso de un transformador de relación múltiple, las pruebas de exactitud se harán a valores asignados representando las relaciones más alta y más baja. Se harán suficientes pruebas adicionales para verificar la exactitud en todas las otras relaciones. El factor de corrección de relación y el ángulo de fase en cada punto de prueba en los dos párrafos precedentes estará dentro de los límites de la clase de exactitud aplicable.

**5.4.10.4 Prueba No.2: Incremento de Temperatura, Transformadores de Intensidad.** Cada transformador se probará con una corriente primaria igual a la corriente asignada multiplicada por el factor de valor asignado de corriente térmica continua. Para una temperatura ambiente de 30 °C, el incremento de temperatura del devanado por operación continua no excederá aquella para el cual el transformador es asignado, como se determinó por el aumento en resistencia del devanado. En el caso de un transformador de relación múltiple, la prueba de incremento de temperatura debería realizarse al valor asignado primario que se considera produce el incremento de temperatura más alto.

**5.4.10.5 Prueba No.1: Exactitud, Transformadores de Tensión.** El transformador se probará a 90%, 100%, y 110% de tensión asignada con cero carga y a 100% de tensión asignada a la máxima carga para la cual una clase de exactitud de 0.3 ha sido asignada por el fabricante. La exactitud a otras cargas puede determinarse ya sea por pruebas, por medio del método de diagrama de círculo (ver ANSI C12.11-1987 [1]) o por cálculo. La exactitud a 90% y 110% de tensión asignada a cualquier carga, puede determinarse aplicando los diferenciales de relación y ángulo de fase en la prueba de cero carga a la exactitud para esa carga a 100% de tensión asignada. El factor de corrección de relación y ángulo de fase en cada punto de prueba, y a todas las cargas para las cuales el transformador esta asignado en clase de exactitud de 0.3, estará dentro de los límites de la clase de exactitud de 0.3.

**5.4.10.6 Prueba No.2: Incremento de Temperatura, Transformadores de Tensión.** Cada transformador se probará con el 110% de la tensión primaria asignada aplicada al primario y con la máxima carga patrón para la cual una clase de exactitud normalizada de 0.3 es designada por el fabricante. Para una temperatura ambiente de 30 °C, el incremento de temperatura por operación continua no excederá aquella para el cual el transformador es asignado, como se determinó por el aumento en resistencia de los devanados.

**5.5 Transformadores de Tensión Acoplados por Capacitor.** Nuevos tipos de transformadores de tensión acoplados por capacitor (CCTV) serán, en la medida que sea factible, aceptados bajo los mismos requisitos establecidos para transformadores de tensión tipo inductivo especificados en 5.4.

## CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO V

- 1) Todo proceso de calibración se enfoca principalmente en el instrumento patrón y en el que está bajo prueba, pero por lo general hay también factores y condiciones de influencia, que son aquellos que, sin ser objeto de medición, influyen en el comportamiento de las indicaciones del instrumento de medición que se está probando, y cuya consideración es de suma importancia, entre éstos podemos mencionar la temperatura, la humedad y la fricción, entre otros.
- 2) Las pruebas para aceptar los nuevos tipos de medidores se deben realizar exclusivamente por personal que reúna los requisitos de conocimientos teóricos y prácticos sobre la realización de mediciones de precisión, así como con los instrumentos patrones establecidos por normas.
- 3) Para que un medidor bajo prueba se declare aceptable, debe demostrarse por medio de pruebas de laboratorio que cumple con los requisitos de desempeño establecidos en normas, teniendo así un criterio técnico y objetivo para respaldar dicha aceptación.
- 4) Otros aparatos y dispositivos utilizados en la medición de electricidad, deben cumplir en general con algunos de los requisitos que se aplican a los vatíhorímetros, pero además con otros particulares dependiendo el aparato o dispositivo en cuestión.

## CAPÍTULO VI

### MÉTODOS DE PRUEBA

**6.0 Introducción.** Este capítulo inicia con los métodos de prueba para vatihorímetros, considerando los métodos fundamentales de comprobación, métodos de carga y las conexiones para las comprobaciones en taller y en servicio. Además se incluyen una serie de pruebas y consideraciones especiales para la comprobación de algunos vatihorímetros muy particulares. Culminando lo que se refiere a vatihorímetros con la determinación y verificación de cantidades que son de mucha importancia para tener un criterio claro de cual es el desempeño del medidor a distintas condiciones de operación.

Además de los vatihorímetros, también se presenta la forma de comprobar otros medidores y dispositivos, tales como medidores y registros de demanda y registros de tiempo de uso en los cuales se hacen pruebas tanto en el taller como en servicio.

Finalizando con una mención general de los transformadores de medida, con enfoque en una característica de gran importancia, su aislamiento.

Todo lo anterior es un complemento de lo visto anteriormente en el [Capítulo V](#).

#### 6.1 Vatihorímetros

##### 6.1.1 Generalidades

**6.1.1.1 Requisitos de Prueba.** Los requisitos principales en un método aceptable de comprobación son la exactitud, flexibilidad, y economía.

**6.1.1.2 Consideraciones de Exactitud.** En la comprobación debería obtenerse la exactitud práctica más alta. La exactitud de cualquier método de comprobación depende de un número de factores, los cuales se clasifican ampliamente en 6.1.1.2.1 hasta 6.1.1.2.3.

**6.1.1.2.1 Exactitud de los Patrones de Prueba.** La exactitud de un instrumento o dispositivo utilizado como un patrón para probar vatihorímetros es la exactitud obtenible con habilidad razonable bajo condiciones normales de uso. La exactitud varía con el tipo de instrumento o dispositivo, y se afecta por varios factores, entre los cuales están magnitud de tensión y corriente, ángulo de fase, cobertura de escala, variaciones de frecuencia, forma de onda, temperatura ambiente, auto calentamiento, fricción, campos vagabundos, inexactitud en las marcas de escala, e incertidumbre de calibración.

**6.1.1.2.2 Errores de Observación.** Errores de observación son aquellos debidos a paralaje, estimación de fracciones de divisiones de escala, evaluación inadecuada de las lecturas del instrumento con cargas fluctuando, y errores de inicio y paro de vatihorímetros patrones o dispositivos temporizadores.

**6.1.1.2.3 Errores en el Método de Prueba.** Errores en el método de comprobación son aquellos debidos a conexiones inadecuadas, uso inadecuado de patrones o transformadores de precisión.

**6.1.1.2.4 Influencias en Condiciones de Prueba.** Errores en condiciones de prueba incluyen montaje inadecuado, variaciones en temperatura ambiente, vibraciones externas, desplazamiento por aire, variaciones en tensión, corriente y ángulo de fase.

**6.1.1.3 Flexibilidad del Equipo de Prueba.** Es importante que el equipo de prueba se diseñe para ser utilizable en varios valores asignados de corriente y tensión y para varios tipos de medidores que puedan encontrarse. Cambios futuros en un sistema de distribución de una compañía pueden requerir medidores de diferentes tipos y tensiones que aquellos en uso cuando el equipo se diseña. Revisiones de patrones nacionales para vatíhorímetros pueden cambiar los valores asignados de corriente o amperios de prueba. Equipo para comprobación en servicio debería diseñarse para ser de dimensión y peso mínimos y ser conveniente para usar con los tipos de montaje de medidores encontrados.

**6.1.1.4 Consideraciones Económicas.** No se recomiendan métodos de prueba que, aunque altamente exactos, puedan ser caros o complejos de manera que las pruebas no puedan hacerse con economía razonable.

## **6.1.2 Método Fundamental de Comprobación.**

**6.1.2.1 Métodos Potencia-Tiempo.** En un método potencia-tiempo, sobre todo utilizado en el laboratorio, la exactitud del medidor bajo prueba se determina midiendo con un vatímetro la potencia verdadera aplicada al medidor en un nivel sustancialmente constante sobre un intervalo de tiempo medido exactamente, la energía total a través del medidor se determina como el producto de la potencia constante y el intervalo de tiempo. Otro método potencia-tiempo en el cual la potencia no necesita mantenerse constante ocupa un vatímetro y medios electrónicos para obtener la sumatoria potencia-tiempo.

Una característica esencial de estos métodos es que el dispositivo sensor de potencia, como un vatímetro, esté disponible separadamente para verificaciones periódicas, y que el dispositivo de intervalo de tiempo o acumulador también esté disponible separadamente para verificación.

**6.1.2.1.1 Ventaja.** El método de comprobación potencia-tiempo tiene la ventaja que él constituye un paso directo en la cadena esencial de mediciones entre el patrón vatio-hora local y los patrones eléctricos nacionales, esto es, la calibración del vatímetro puede hacerse por medio de potenciómetros en términos de patrones de resistencia y tensión.

**6.1.2.1.2 Vatímetro Digital Comparador.** Una modificación del método potencia-tiempo es aquella en la cual la integración potencia-tiempo se ejecuta mecánicamente o eléctricamente y el resultado se despliega digitalmente, por medios incorporados dentro del dispositivo, con una resolución suficiente para permitir la lectura al rango de exactitud deseado para el medidor bajo prueba. Tal dispositivo se considera aceptable siempre que su integración de energía global sea adecuada en todos los niveles de prueba requeridos de tensión, corriente, y potencia, y que el dispositivo sensor de potencia y el elemento totalizador estén disponibles separadamente para verificación de calibración periódica (usando procedimientos normales), y para ajuste donde se requiera.

**6.1.2.2 Método Comparativo.** En el método comparativo la exactitud del medidor bajo prueba se determina por comparación con un medidor de referencia (usualmente un vatímetro patrón portátil). En este método es fundamental que no sean posibles ningunas verificaciones internas separadas del elemento sensor de potencia y el mecanismo acumulador dentro del medidor de referencia. Si su exactitud es para establecerse en términos de patrones eléctricos nacionales, ésta debe hacerse finalmente en términos de un método potencia-tiempo.

**6.1.2.2.1 Ventaja.** El método comparativo es menos susceptible a errores de observación causados por fluctuaciones en la carga de lo que es el método potencia-tiempo. Como cada prueba normalmente requiere un número de revoluciones del medidor de referencia, y como éstas resultan en el equivalente de una gran escala, los errores de lectura pueden ser de menor importancia que con el uso de un vatímetro indicador.

**6.1.2.2.2 Equipo de Prueba de Sensor Óptico.** Varias formas de equipo de prueba que están en uso común ocupan dispositivos de sensor óptico para comparar el registro del medidor de referencia con aquel del medidor bajo prueba. Tal equipo se utiliza para reducir errores de observación, manejo de datos, y tiempo requerido para comprobación.

**6.1.2.2.3 Comprobación en Secuencia Automática.** Equipo de prueba en taller usando el método comparativo con dispositivos de sensor óptico puede además automatizarse de tal manera que pruebas de carga elevada, carga leve, y factor de potencia 0.5 en atraso puedan hacerse automáticamente en una secuencia deseada. Para comprobación de gran volumen, está disponible equipo que calcula y almacena automáticamente el porcentaje de registro del medidor.

**6.1.2.2.4 Comprobación del Patrón en un Único Punto.** Un transformador de precisión de tensión o intensidad, o ambos, pueden utilizarse mediante conexión múltiple de derivaciones para permitir la comparación del medidor de referencia (patrón) para que siempre permanezca en una carga (usualmente 120 V y 5 A) sobre el rango completo de prueba. Cualquier error inherente debido a desviaciones de tensión o corriente en el patrón se eliminará. Debe tenerse cuidado de asegurar cargas correctas en los secundarios de los transformadores de precisión de tensión e intensidad para evitar errores introducidos por los mismos transformadores.

**6.1.3 Métodos de Carga.** Dispositivos adecuados de carga para comprobación del medidor proveen los medios al examinador para operar el medidor en las cargas de prueba deseadas. La simplicidad de conexiones, confiabilidad, flexibilidad, y dimensión y peso mínimos para comprobación en servicio son factores determinantes en la selección de los dispositivos. Tres medios generales disponibles de carga son descritos en 6.1.3.1 hasta 6.1.3.3.

**6.1.3.1 Cargas Fantasma.** Cargas fantasmas consisten de transformadores de carga de baja tensión y resistores de carga asociados. Estos dispositivos, de tamaño y peso mínimos, proveen un amplio rango de corrientes de prueba para vatímetros y también permiten comprobación de medidores de alta capacidad de corriente en circuitos de amperios primarios bajos.

Las cargas fantasmas normalmente proveen corrientes de factor de potencia alto para comprobación donde el ángulo de fase exacto no es importante. El lugar en donde tales cargas fantasmas se utilizan es en pruebas a factor de potencia 0.5

en atraso, el ángulo de fase inherente de la carga fantasma debería tomarse en consideración. Las cargas fantasmas, compensadas a factor de potencia 1.0, están disponibles para pruebas de factor de potencia bajo, el cual elimina la necesidad para tales tolerancias.

Corrientes a factor de potencia 0.5 en atraso también pueden obtenerse ya sea por conexiones de fase cruzada en un circuito trifásico, o por la adición de reactores a la carga fantasma. Deberían proveerse medios de ajuste del ángulo de fase final cuando se necesiten.

**6.1.3.2 Resistor de Carga.** Resistores, adecuadamente arreglados para conveniencia en la obtención de las combinaciones de cargas deseadas, tienen la ventaja de simplicidad de construcción y conexión, y además suministran un factor de potencia de carga de 1.0 verdadero en el lugar requerido. Debido al tamaño y peso, y ya que la energía se disipa como calor, el uso de resistores para comprobación en servicio normalmente se limita a medidores con baja capacidad de corriente. Para comprobación en taller, los resistores son ventajosos para pruebas especiales y para comprobación en cargas leves.

**6.1.3.3 Cargas del Cliente.** El uso de la carga del cliente generalmente se evita para prevenir equivocaciones y molestias. Sin embargo, tiene alguna aplicación, particularmente haciendo pruebas que han sido solicitadas por el cliente.

#### **6.1.4 Conexiones para Comprobación en Taller y En Servicio.**

##### **6.1.4.1 Vatihorímetro Patrón.**

**6.1.4.1.1 Conexiones.** El circuito de tensión del vatihorímetro patrón se conectará, de manera que, la tensión aplicada al vatihorímetro patrón y al medidor bajo prueba sea la misma. Corrientes del circuito de tensión no pasarán a través de los circuitos de corriente.

El circuito de corriente del vatihorímetro patrón debería estar conectado en serie entre los circuitos de corriente del medidor bajo prueba y la carga.

**6.1.4.1.2 Selección del Circuito de Corriente.** El circuito de corriente del vatihorímetro patrón debería seleccionarse de manera que tenga un valor asignado de corriente preferiblemente como, o si es necesario, el valor más cercano de la corriente de prueba a utilizarse. Se debe tener cuidado de no exceder la capacidad de circuito del vatihorímetro patrón.

**6.1.4.2 Medidores de Estator Sencillo de Tres Hilos.** Los circuitos de corriente son, en general, conectados en serie y el medidor se prueba como un medidor de dos hilos. El tipo de equipo de prueba utilizado, determina si la conexión de la prueba de tensión del medidor debe o no abrirse durante la prueba.

**6.1.4.3 Medidores de Estator Múltiple.** Todas las pruebas en medidores de estator múltiple se harán con todos los circuitos de tensión energizados. Los cuatro métodos descritos en 6.1.4.3.1 hasta 6.1.4.3.4 pueden utilizarse en comprobación de medidores de estator múltiple. Se recomiendan los Métodos 1 y 2 por ser los procedimientos más exactos.

**6.1.4.3.1 Método 1: Prueba Serie – Fuente Monofásica.** Puede ejecutarse primero una prueba de balance, si se considera necesario, haciendo pruebas de estator separado con todos los circuitos de tensión conectados en paralelo. Las pruebas de balance se hacen en cada estator con los amperios de prueba a ambos factores de

potencia, 1.0 y 0.5 en atraso, y el ajuste se finaliza con los ajustadores de balance y factor de potencia.

Siguiendo a las pruebas de balance, se ejecutan pruebas de estator combinado con todos los circuitos de corriente conectados en serie. Los ajustes, cuando sean necesarios, se finalizan con los ajustadores de plena carga, factor de potencia, y carga leve; sin embargo, cualquier cambio en los ajustes individuales de factor de potencia puede afectar el balance. Para medidores de dos estatores de cuatro hilos en estrella, el circuito de corriente común a ambos estatores usualmente no se incluye en la prueba de balance; se incluye en la prueba serie.

**6.1.4.3.2 Método 2: Prueba de Carga Balanceada – Fuente Polifásica.** Este método generalmente requiere el uso de tantos medidores patrones monofásicos como circuitos de corriente bajo prueba haya. El medidor se conecta a un circuito polifásico en la misma manera como en servicio.

Puede ejecutarse una prueba de balance, si se considera necesario, haciendo pruebas de estator sencillo. Todas las bobinas de tensión se energizan, y la corriente de fase apropiada se aplica a cada bobina de corriente, una a la vez. Para medidores de dos estatores de cuatro hilos en estrella, las pruebas se hacen a ambos factores de potencia, la unidad y 0.5 en atraso.

Después de la prueba de balance, todos los circuitos de corriente se energizan, el medidor se prueba, y los ajustes, cuando sean necesarios, se hacen de manera normal. Para medidores de dos estatores de cuatro hilos en estrella, los cuales tienen tres circuitos de corriente y dos bobinas de tensión, se utilizan tres patrones monofásicos sólo si la tensión de la tercera fase está disponible en el equipo de prueba y las tensiones están balanceadas precisamente. Alternativamente, pueden utilizarse dos patrones con un multiplicador apropiado si ambas, las corrientes y tensiones polifásicas están balanceadas precisamente.

**6.1.4.3.3 Método 3: Prueba Monofásica de Estator Separado.** Este método es básicamente una prueba de balance de estatores. Debido a la eliminación del amortiguamiento de corriente lo cual podría ser efectivo cuando todos los circuitos están cargados, este procedimiento de prueba no produce desempeño global exacto del medidor como los Métodos 1 y 2.

Para la prueba, los circuitos de tensión se conectan en paralelo y cada circuito de corriente se prueba separadamente. Para medidores de dos estatores de cuatro hilos en estrella, el circuito de corriente común a ambos estatores usualmente se omite de la prueba. Para medidores de dos estatores de cuatro hilos en delta, los circuitos de corriente del estator de tres hilos deberían conectarse en serie y tratarse como un solo circuito.

Pruebas de carga leve, deberían hacerse a  $N$  veces el valor de la corriente normalmente utilizada para tales pruebas, donde  $N$  representa el número de estatores en el medidor, excepto para medidores de dos estatores de cuatro hilos. Por último, los circuitos de corriente que no son comunes a ambos estatores deberían cargarse a cuatro veces el valor de la corriente normalmente utilizada, mientras que el circuito que es común a ambos estatores, si se prueba, debería cargarse a dos veces el valor de corriente comúnmente utilizada.

Puesto que el ajuste de carga leve afecta todos los estatores cuando todas las bobinas de tensión están energizadas, sólo puede ejecutarse un ajuste de carga leve. Ajustadores de balance deben utilizarse para ajuste de desempeño independiente del

estator con los amperios de prueba a factor de potencia 1.0, puesto que el ajustador de plena carga afecta el desempeño de todos los estatores.

**6.1.4.3.4 Método 4: Prueba Polifásica de Estator Separado.** Las limitaciones de exactitud del Método 3 también se aplican a este procedimiento.

Para la prueba, el medidor se conecta a una fuente polifásica, cada circuito se prueba por separado utilizando la corriente de fase apropiada en cada estator. Para medidores de dos estatores de cuatro hilos en delta, los circuitos de corriente del estator de tres hilos deberían conectarse en serie y tratarse como un solo circuito.

Pruebas de carga leve, deberían hacerse a  $N$  veces el valor de la corriente normalmente utilizada para tales pruebas, donde  $N$  es el número de estatores en el medidor, excepto para medidores de dos estatores de cuatro hilos en estrella. Por último, cada circuito debería cargarse a tres veces el valor de la corriente normalmente utilizada.

Las limitaciones de ajuste descritas en Método 3 también aplican al Método 4.

### **6.1.5 Pruebas Especiales para Medidores de Circuitos Múltiples**

**6.1.5.1 Igualdad de Circuitos de Corriente.** Las pruebas deberían hacerse en estatores de tres hilos de medidores de estator múltiple, cuando se reemplace cualquiera de tales estatores, para determinar el cambio producido en el desempeño del medidor utilizando sólo un circuito de corriente comparado con aquel cuando se utilizan ambos circuitos de corriente del estator. En tales pruebas, la corriente aplicada a los circuitos cuando se prueban por separado debería ser, dos veces la aplicada cuando se utilizan ambos circuitos de corriente.

**6.1.5.2 Medidores de Red de Estator Sencillo de Tres Hilos.** Estos medidores pueden probarse ya sea con cargas fase a fase o fase a neutro. Se prefiere el primer método, puesto que siempre permite el uso de un patrón de prueba. Medidores con circuitos de tensión de 208 V pueden probarse en un suministro monofásico, mientras que medidores que tienen circuitos de tensión de 120 V pueden probarse en un suministro estrella abierta balanceada. Para simular un suministro estrella abierta balanceada para comprobación, puede utilizarse un circuito RL con una fuente de 208 V para obtener 120 voltios desplazados  $30^\circ$  a través de la bobina de tensión del medidor. Con cualquier tipo de medidor, el circuito de tensión del vatímetro patrón debe conectarse fase a fase.

### **6.1.6 Consideraciones para Comprobación En Servicio**

**6.1.6.1 Puentear el Medidor para Hacer Prueba.** El medidor debería puentearse cuando sea factible para que el cliente siempre tenga servicio durante la prueba.

**6.1.6.2 Espigas de Prueba.** Una espiga de prueba puede utilizarse para comprobación en servicio de medidores desmontables con tal de que se arregle a fin de que el servicio al cliente siempre se mantenga durante la prueba.

**6.1.6.3 Desconexión de la Carga.** La carga del cliente debería ser efectivamente desconectada del medidor o bloque de prueba para prevenir la posibilidad de un error en los resultados debido a una carga o falla en el circuito del cliente.

**6.1.6.4 Dispositivos de Demanda.** Cuando se prueba el elemento vatio-hora de un medidor de demanda mecánico con vatio-hora, el indicador de demanda debería moverse o colocarse en la parte superior de la escala a fin de que el indicador empujador no cause que avance durante la prueba. El motor temporizador en dispositivos de demanda mecánicos debería permanecer energizado durante la prueba. Después de la conclusión de las pruebas, el indicador de demanda debería moverse a la parte inferior de

la escala a su posición previa a la prueba. El indicador empujador de los medidores de demanda mecánicos debería permanecer en cero.

Cuando un dispositivo de demanda externo se usa en conexión con el vatihorímetro, deben tomarse precauciones a fin de que la indicación de la demanda máxima no fuere influenciada por las pruebas en el vatihorímetro.

#### **6.1.7 Medidores con Transformador Asignado.**

**6.1.7.1 Prueba del Medidor.** La exactitud de un medidor instalado con transformadores de intensidad, o con transformadores de intensidad y tensión, se ajustará por el uso con tales transformadores excepto para lo supuesto en 6.1.7.2.

**6.1.7.2 Pruebas Separadas de Medidores y Transformadores.** El medidor puede probarse independientemente de los transformadores de medida, siempre que se hayan determinado las relaciones y ángulos de fase del transformador y se tomen en cuenta en el ajuste del medidor. Los errores del transformador pueden omitirse en el ajuste del medidor si los transformadores de medida se usan de tal manera conforme a los límites de la clase de exactitud de 0.3 a cargas patrones que se aproximan a la carga secundaria actual.

**6.1.7.3 Pruebas Globales.** La exactitud del medidor puede ajustarse directamente conectando los patrones de prueba en el devanado primario de los transformadores. En tales pruebas, la carga secundaria de los transformadores debería ser la misma como la de en servicio. Generalmente el carácter de la instalación es tal como para hacer una prueba en el primario difícil o no factible y, por consiguiente, esto rara vez se utiliza.

**6.1.7.4 Constantes Primarias y Secundarias.** Para vatihorímetros de fabricación moderna, la constante secundaria vatio-hora ( $K_h$ ) se muestra en la placa. La constante primaria vatio-hora ( $PK_h$ ) es la  $K_h$  multiplicada por el producto de las relaciones nominales de transformación.

**6.1.7.5 Aplicación de Factores de Corrección.** Las cartas de prueba de los transformadores de medida muestran el ángulo de fase del transformador en minutos, positivos o negativos, y el factor de corrección de relación (RFC). Información de la aplicación de factores de corrección para transformador de medida está contenida en [Apéndice A](#).

**6.1.8 Determinación del Porcentaje de Registro Promedio.** El porcentaje de registro de un vatihorímetro es, en general, diferente a cargas leves y a cargas elevadas, y aún puede tener otros valores a otras cargas. La determinación del porcentaje de registro promedio de un vatihorímetro no es un asunto simple, puesto que envuelve las características del medidor y la carga. Se utilizan varios métodos para determinar una figura simple que represente el porcentaje de registro promedio, el método es reglamentado por grupos de personas competentes en muchos casos. Dos métodos, descritos en 6.1.8.1 y 6.1.8.2, se usan para la determinación del porcentaje de registro promedio (comúnmente llamado “exactitud promedio” o “exactitud promedio final”).

**6.1.8.1 Método 1.** El porcentaje de registro promedio es el promedio ponderado del porcentaje de registro a carga leve ( $LL$ ) y a carga elevada ( $HL$ ), dando al registro de carga elevada una ponderación de cuatro. Por este método

$$\text{Porcentaje de registro promedio ponderado} = \frac{LL + 4 HL}{5}$$

**6.1.8.2 Método 2.** El porcentaje de registro promedio es el promedio del porcentaje de registro a carga leve (*LL*) y a carga elevada (*HL*). Por este método

$$\text{Porcentaje de registro promedio} = \frac{LL + HL}{2}$$

### **6.1.9 Verificando Índice de Registro e Índice de Engranaje.**

**6.1.9.1 Verificando Índice de Registro.** El índice de registro ( $R_r$ ) es el número de revoluciones del primer engranaje del registro por una revolución de la primer aguja del dial. Los métodos descritos en 6.1.9.1.1 y 6.1.9.1.2 son aplicables para verificación de índices de registro.

**6.1.9.1.1 Método 1.** Registros tipo aguja o tipo lectura directa pueden compararse con un registro probado por medio de un dispositivo mecánico.

**6.1.9.1.2 Método 2.** Para registros tipo aguja, el número de revoluciones del primer engranaje del registro requerido por una revolución de la primera aguja del dial puede contarse. Para un registro que tenga un índice de registro grande, la primer aguja del dial puede avanzar sólo 1/10 de una revolución. Cuando el índice de registro contiene una fracción, se desea que se utilice un número entero de revoluciones del primer engranaje del registro para dar un número entero de revoluciones de la primera aguja del dial. Por ejemplo, con un índice de registro de  $27 \frac{7}{9}$ , el primer engranaje del registro debería girarse 250 veces para producir 9 revoluciones del primer engranaje de aguja.

**6.1.9.2 Verificando Índice de Engranaje.** El índice de engranaje ( $R_g$ ) es el número de revoluciones del rotor del medidor por una revolución de la primer aguja del dial. El siguiente método es aplicable para verificar índices de engranaje en el taller de medidor: Después de que los medidores se han probado para exactitud, ellos pueden conectarse en serie con un medidor de referencia y permitirles funcionar por un período de tiempo, tal como una noche. El registro de cada medidor al final del período, si los índices de engranaje son correctos, podría ser el mismo como los del medidor de referencia. Si los circuitos de tensión no pueden energizarse separadamente durante el tiempo de funcionamiento, debería hacerse compensación por errores introducidos por las pérdidas en la bobina de tensión.

## **6.2 Medidores de Demanda, Registros de Demanda y Registradores de Pulso.**

**6.2.1 Generalidades.** Los métodos de prueba descritos aquí son adecuados para medidores de demanda, registro de demanda mecánicos y electrónicos, y registradores de pulso utilizados para medición de demandas en kilovatio y kilovar, y otras demandas que pueden medirse correctamente por estos dispositivos.

## **6.2.2 Pruebas en Taller de Intervalo de Bloque de Medidores de Demanda Mecánicos Operados por Pulso y Registradores de Pulso.**

**6.2.2.1 Generalidades.** Cuando el mecanismo temporizador es parte integral del medidor de demanda o registrador de pulso, debería probarse para determinar la corrección del intervalo de demanda. Esta prueba puede hacerse a cualquier punto de carga.

Los medidores de demanda deberían operarse a un número de pulsos por intervalo de demanda conocido, usualmente de 30% a 60% del valor de plena escala. Los registradores de pulso deberían operarse aproximadamente a 90% de la capacidad de pulso. Es preferible que esta prueba se ejecute por un mínimo de 24 horas.

Los pulsos pueden obtenerse de un iniciador de pulso manejado por un dispositivo de velocidad constante.

**6.2.2.2 Medidores de Demanda de Almacenamiento.** Colocar el indicador de demanda a cero e iniciar las pruebas como se perfilaron en 6.2.2.1 al comienzo de un intervalo de tiempo.

Al concluir las pruebas, el número de pulsos almacenado debería verificarse contra el número de pulsos transmitidos por intervalo de demanda. Si el vatímetro se utiliza para manejar el iniciador de pulso, la suma de las lecturas de demanda para todos los intervalos individuales debería verificarse contra el registro de kilovatio-hora durante la prueba. La suma de las lecturas de demanda debería ser igual a los kilovatio-horas para un intervalo de demanda de 60 minutos, dos veces los kilovatio-horas para un intervalo de demanda de 30 minutos, 4 veces los kilovatio-horas para un intervalo de demanda de 15 minutos, y 12 veces los kilovatio-horas para un intervalo de demanda de 5 minutos.

**6.2.2.3 Medidores de Demanda de la Forma Aguja Sencilla.** Permitir un intervalo de reajuste a cero, colocar la aguja indicadora a cero, y proceder con la prueba.

La demanda máxima, determinada en la conclusión de la prueba por la lectura de la aguja indicadora a lo más cercano a la mitad de la división, debería verificarse contra el número de pulsos transmitidos por intervalo de demanda. Cuando el medidor de demanda también registra kilovatio-horas, los circuitos eléctricos de prueba deberían incluir un contador para registrar el número total de pulsos transmitidos durante la prueba para que los valores de kilovatio-horas y kilovatio-hora de los pulsos totales puedan compararse.

**6.2.2.4 Registradores de Pulso.** Ejecutar procedimientos de cinta de carga y conexiones, necesarios de acuerdo con las instrucciones del fabricante e inicio de las pruebas como se perfiló en 6.2.2.1 al comienzo de un intervalo de demanda. Al concluir las pruebas, el número de pulsos almacenados debería verificarse contra el número de pulsos transmitidos por intervalo de demanda. Si se utiliza un vatímetro para manejar el iniciador de pulso, la suma de los pulsos para todos los intervalos individuales debería verificarse contra el registro de kilovatio-hora durante la prueba.

## **6.2.3 Pruebas En Servicio del Intervalo de Bloque de Medidores de Demanda Mecánicos Operados por Pulso y Registradores de Pulso.**

**6.2.3.1 Generalidades.** Pruebas en servicio de rutina se hacen preferiblemente al tiempo que se hacen pruebas en el vatímetro o medidores asociados. Las pruebas deberían incluir una verificación de la operación eléctrica y mecánica del medidor de demanda o registrador de pulso, una inspección de los iniciadores de pulso, y una verificación para determinar que el medidor de demanda se

reajusta a cero correctamente. Debería determinarse el intervalo de demanda actual a cualquier punto de carga.

Un medidor de demanda o registrador de pulso, sus iniciadores de pulso asociados, relés, y circuitos eléctricos pueden considerarse que operan correctamente cuando una verificación de kilovatio-hora indica que los kilovatio-horas del medidor de demanda están dentro de límites aceptables de los kilovatio-horas del vatímetro. Deberían transmitirse un mínimo de 20 pulsos desde cada iniciador de pulso durante la prueba y debería determinarse que cada pulso se recibe (almacena) en el relé totalizador y medidor de demanda asociado. Deberían verificarse las correcciones del valor de kilovatio-hora de un pulso de cada iniciador de pulso.

**6.2.3.2 Medidores de Demanda de Almacenamiento.** Colocar el indicador de demanda a cero e iniciar las pruebas como se perfilaron en 6.2.3.1 al comienzo de un intervalo de demanda. Al concluir las pruebas, el número de pulsos almacenado debería verificarse contra el número de pulsos transmitidos en un intervalo de demanda.

**6.2.3.3 Medidores de Demanda de la Forma Aguja Sencilla.** Permitir un intervalo de reajuste a cero, colocar la aguja indicadora a cero, y proceder con la prueba. La demanda máxima determinada en la conclusión de la prueba por la lectura de la aguja indicadora a lo más cercano a la mitad de la división, debería verificarse contra el número de pulsos transmitidos en un intervalo de demanda.

**6.2.3.4 Registradores de Pulso.** Puesto que el conteo de pulso de un registrador de pulso puede verificarse fácilmente contra el registro del correspondiente medidor en cada período de facturación, pruebas en servicio de registradores de pulso rara vez se requieren. Cuando se desean más pruebas, verificar pulsos entrantes contra los contadores en el registrador de pulsos, cuando están disponibles, o contra equipo de prueba visual o audible. Donde se garantice, puede instalarse una cinta de prueba y la lectura de la cinta compararla con el número de pulsos entrantes.

**6.2.4 Pruebas en Taller de Intervalo de Bloque en Registros de Demanda Mecánicos.**

**6.2.4.1 Generalidades.** Pruebas en taller de un registro de demanda mecánico de la forma de aguja o de la forma acumulativa pueden hacerse:

- (1) Con el registro de demanda instalado en un dispositivo de prueba, el primer engranaje del registro de demanda manejado a través de engranajes apropiados por un dispositivo de velocidad constante;
- (2) Con el registro de demanda instalado en un vatímetro;
- (3) Con un dispositivo de comprobación del registro operado manualmente unido al registro de demanda.

El tercer método suministra una prueba rápida en una deflexión de la aguja y el índice del brazo empujador, pero puede no probar el mecanismo de reestablecimiento.

Equipo de prueba operado manualmente o manejado por motor debería adelantar el registro de demanda a un punto de prueba seleccionado, usualmente entre 30% y 60% del valor de plena escala durante un intervalo de demanda. Cuando el registro de demanda está instalado en un vatímetro para prueba, la carga aplicada al vatímetro debería ser mayor que el 30% del valor de plena escala del registro de demanda.

**6.2.4.2 Métodos de Prueba.** El intervalo de demanda actual (El tiempo desde restablecimiento a cero hasta restablecimiento a cero) debería determinarse, y debería ejecutarse un período de facturación de restablecimiento para determinar que la aguja empujadora o la aguja del dial de prueba retorne a cero, después de lo cual, pueden utilizarse cualesquiera de los métodos descritos en 6.2.4.2.1 hasta 6.2.4.2.3.

**6.2.4.2.1 Método 1.** Cuando el registro está instalado en un dispositivo de prueba de velocidad constante, el punto de prueba de la escala seleccionado determina el número de revoluciones requerido del primer engranaje del registro durante un intervalo de demanda. La indicación de demanda máxima del registro al final de uno o más intervalos de demanda debería ser igual a la demanda representada por el número de revoluciones del primer engranaje del registro.

**6.2.4.2.2 Método 2.** Cuando el registro está instalado en un vatihorímetro, el punto de prueba de la escala seleccionado determina la carga a ser aplicada al vatihorímetro. El número de revoluciones del rotor del vatihorímetro debería determinarse por un dispositivo de sensor óptico, y desconectarse la carga cuando el número requerido de revoluciones se haya alcanzado, preferiblemente alrededor de un minuto antes del final del intervalo de demanda. Una corrección del vatihorímetro por el porcentaje de registro no es necesaria cuando se utiliza este método.

Una variación de este método consiste en operar el medidor de demanda bajo prueba en serie-paralelo con un medidor de demanda de referencia calibrado por un mínimo de cuatro intervalos de demanda y comparar la lectura de la unidad bajo prueba con la de referencia. Correcciones del vatihorímetro deberían utilizarse con este procedimiento.

**6.2.4.2.3 Método 3.** Dispositivos de comprobación del registro, operados manualmente están disponibles para verificación rápida del tren de engranaje kilovatio-hora y el tren de engranaje del intervalo temporizador.

## **6.2.5 Pruebas En Servicio del Intervalo de Bloque en Registros de Demanda Mecánicos.**

**6.2.5.1 Generalidades.** Cuando sea permisible, pruebas en servicio deberían hacerse en el taller usando cualquiera de los métodos descritos en 6.2.4. Cuando las pruebas se requieren para hacerse en el local del cliente, el punto de prueba seleccionado en la escala debería estar arriba del 30% de la escala del registro de demanda. Cuando el valor de plena escala del registro de demanda excede la capacidad a plena carga del vatihorímetro asociado, debería utilizarse la capacidad de plena carga del vatihorímetro en lugar del valor de plena escala del registro de demanda en la determinación del punto de prueba en la escala.

**6.2.5.2 Métodos de Prueba.** El intervalo de demanda actual (el tiempo desde restablecimiento a cero hasta restablecimiento a cero) debería determinarse, y debería ejecutarse un período de facturación de restablecimiento para determinar que la aguja empujadora o la aguja del dial de prueba retorne a cero, después de lo cual, pueden utilizarse cualesquiera de los métodos descritos en 6.2.5.2.1 hasta 6.2.5.2.2.

**6.2.5.2.1 Método 1.** Una prueba de registro de demanda puede hacerse con el registro de demanda instalado en un vatihorímetro al cual se conecta un vatihorímetro patrón portátil midiendo la misma carga que la del vatihorímetro. Las conexiones de prueba utilizadas para pruebas de vatihorímetros son adecuadas para pruebas de registros de demanda. Cuando el registro está instalado en un medidor de

estator múltiple, los circuitos de corriente del medidor deberían conectarse en serie cuando sea factible. Esto es necesario para aplicar correcciones al porcentaje de registro del vatihorímetro cuando se utiliza este método. Es necesario que la carga se aplique durante un intervalo de demanda sencillo, y puede ser ventajoso realizar la prueba por un período de tiempo más corto que aquel de un intervalo de demanda completo. La indicación de demanda máxima del registro al final de la prueba debería compararse con la demanda verdadera determinada por cálculo de las lecturas del vatihorímetro patrón portátil y el intervalo de demanda del registro de demanda.

**6.2.5.2.2 Método 2.** Dispositivos de comprobación del registro, operados manualmente están disponibles para verificación rápida del tren de engranaje kilovatio-hora y el tren de engranaje del intervalo temporizador.

### **6.2.6 Pruebas en Taller de Registros de Demanda Electrónicos**

**6.2.6.1 Generalidades.** Pruebas en taller de registros de demanda electrónicos pueden ejecutarse con o sin sus vatihorímetros asociados.

**6.2.6.2 Pruebas.** Para pruebas en taller, el registro de demanda electrónico se operará en el modo normal de facturación.

**6.2.6.2.1 Intervalo de Demanda.** El intervalo de demanda actual (el tiempo desde restablecimiento a cero hasta restablecimiento a cero) se determinará. También, un período de facturación de restablecimiento debería ejecutarse para determinar que el display electrónico retorne a cero.

#### **6.2.6.2.2 Exactitud**

- (1) *Método 1.* Con el registro instalado en un vatihorímetro, el punto de prueba seleccionado en la escala de demanda determina la carga a ser aplicada al vatihorímetro. La carga será mayor que 30% de la clase del medidor. El número de revoluciones del rotor del vatihorímetro debería determinarse por un dispositivo de sensor óptico y la carga desconectarse cuando se ha alcanzado el número de revoluciones requerido, preferiblemente alrededor de un minuto antes del final del intervalo de demanda. Una corrección del vatihorímetro por porcentaje de registro no es necesaria cuando se utiliza este método.
- (2) *Método 2.* El medidor de demanda bajo prueba se opera en serie-paralelo con un medidor de demanda de referencia calibrado por un mínimo de cuatro intervalos de demanda y la lectura de la unidad bajo prueba se compara con la de referencia. Deberían utilizarse correcciones de vatihorímetros con este procedimiento.
- (3) *Método 3.* Con el registro instalado en un dispositivo que electrónicamente provee de pulsos al registro, los pulsos de entrada se comparan a las lecturas del registro.

NOTA: Este método no verificará la operación del registro de sensor óptico si éste permanece en el medidor cuando el registro se remueve.

**6.2.6.2.3 Salidas Auxiliares.** Cualesquiera salidas auxiliares, como umbral de demanda, pulsos de carga, final de intervalo, etc., se probarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

## **6.2.7 Pruebas En Servicio de Registros de Demanda**

**6.2.7.1 Generalidades.** Cuando sea permisible, deberían hacerse pruebas en el taller utilizando los procedimientos descritos en 6.2.6. Cuando las pruebas se requieren para hacerse en el local del cliente, el punto de prueba seleccionado en la escala debería estar arriba del 30% de la clase del medidor.

**6.2.7.2 Pruebas.** Previo al inicio de las pruebas, el registro de demanda electrónico debería colocarse en el modo de operación de prueba apropiado como se describe en la literatura del fabricante.

**6.2.7.2.1 Intervalo de Demanda.** El intervalo de demanda actual (el tiempo desde restablecimiento a cero hasta restablecimiento a cero) debería determinarse. También, debería ejecutarse un período de facturación de restablecimiento para determinar que el display electrónico retorne a cero.

**6.2.7.2.2 Exactitud.** Una prueba de registro de demanda electrónico puede hacerse con el registro instalado en un vatihorímetro al cual se conecta un vatihorímetro patrón portátil midiendo la misma carga como la del vatihorímetro. Las conexiones de prueba utilizadas para pruebas de vatihorímetros son adecuadas para pruebas de registro de demanda. Cuando el registro está instalado en un medidor de estator múltiple, los circuitos de corriente del medidor deberían conectarse en serie cuando sea factible. Es necesario aplicar correcciones al porcentaje de registro del vatihorímetro y el vatihorímetro patrón portátil cuando se utiliza este procedimiento. Es necesario que la carga se aplique durante un intervalo de demanda sencillo, y puede ser ventajoso realizar la prueba por un período de tiempo más corto que el de un intervalo de demanda completo. La indicación de demanda máxima del registro al final de la prueba debería compararse con la demanda verdadera determinada por cálculo de las lecturas del vatihorímetro patrón portátil y el intervalo de demanda del registro de demanda.

Si las revoluciones del disco del medidor pueden medirse exactamente en el campo, esto puede utilizarse como un método alternativo para una verificación de exactitud del registro de demanda.

**6.2.7.2.3 Salidas Auxiliares.** Cualesquiera salidas auxiliares, como umbral de demanda, pulsos de carga, final de intervalo, etc., también deberían probarse, si es factible en el campo.

## **6.2.8 Pruebas en Taller de Medidores de Demanda en Atrazo**

**6.2.8.1 Generalidades.** Debido a su característica de tiempo en atraso, los medidores de demanda en atraso pueden probarse más económicamente en el taller por métodos de prueba en grupo o lote.

**6.2.8.2 Prueba de Cero.** En medidores de demanda-vatio tipo térmico, energizar sólo los circuitos de tensión por ocho o más intervalos de demanda y observar la aguja indicadora o mecanismo de almacenamiento para posición de cero correcta en la escala del medidor.

**6.2.8.3 Prueba de Carga.** Los dos métodos aceptados generalmente para comprobación de carga de medidores de demanda en atraso se describen en 6.2.8.3.1 y 6.2.8.3.2.

**6.2.8.3.1 Método 1.** Aplicar cargas de prueba manteniéndolas exactamente y continuamente en el medidor de demanda por un período de cuatro o más intervalos de demanda; seleccione cargas de prueba apropiadas para prueba de exactitud en o cerca de plena escala y para otros puntos de prueba en la escala como se requieran.

Las cargas de prueba deberían obtenerse de una fuente de potencia estable y mantenerlas a los valores requeridos por medio de ajustes manuales como esté indicado por la deriva en instrumentos indicadores de alta exactitud conectados al circuito de carga. Las cargas de prueba pueden también mantenerse continuamente en los valores requeridos por medio de dispositivos de control automático.

**6.2.8.3.2 Método 2.** Pasar las cargas de prueba requeridas por un mínimo de cuatro intervalos de demanda a través del medidor bajo prueba y a través de un medidor similar que ha sido previamente calibrado para servir como un medidor de referencia. El uso de tal medidor de referencia elimina la necesidad de mantener precisamente controlados los valores de cargas de prueba, ya que sólo es necesario comparar la lectura de demanda del medidor de referencia y el medidor bajo prueba.

### **6.2.9 Pruebas En Servicio de Medidores de Demanda en Atraso**

**6.2.9.1 Generalidades.** Las pruebas en taller perfiladas en 6.2.6.2 y 6.2.8.3.1 pueden también utilizarse para pruebas en servicio. Sin embargo, puesto que ellas consumen tiempo y pueden requerir equipo de prueba extenso, su aplicación para comprobación en servicio es limitada.

**6.2.9.2 Prueba de Carga.** Pasar las cargas de prueba requeridas por un mínimo de cuatro intervalos de demanda a través del medidor bajo prueba y a través de un medidor similar que ha sido previamente calibrado para servir como un medidor de referencia. El uso de tal medidor de referencia elimina la necesidad de mantener precisamente controlados los valores de cargas de prueba, ya que sólo es necesario comparar la lectura de demanda del medidor de referencia y el medidor bajo prueba. Como una alternativa, la carga del cliente puede pasarse a través del medidor bajo prueba y el medidor de referencia por un período de tiempo extenso, preferiblemente varios días, y así suministrar resultados de prueba basados en condiciones actuales de carga en servicio.

## **6.3 Registros de Tiempo de Uso (TOU)**

**6.3.1 Generalidades.** Los métodos de prueba descritos aquí son adecuados para registros TOU, de ambos tipos display digital y dial de aguja. Cualquier instrucción especial del fabricante para comprobación debería seguirse.

Para registros TOU que incorporan la función de demanda, los procedimientos perfilados en 6.2.6 y 6.2.7 deberían considerarse también.

### **6.3.2 Pruebas en Taller de los registros TOU**

**6.3.2.1 Generalidades.** Se describen dos procedimientos de prueba. El primero es un procedimiento extenso que puede requerir varias horas al día y suministra una buena verificación global del registro. El segundo procedimiento requiere mucho menos tiempo de prueba y suministra una verificación rápida del registro.

Un programa de prueba utilizado para inicializar el registro previo a la prueba incluirá:

- (1) Ensayar cada período de tasa por un mínimo de 2 horas por día.
- (2) Desplegar la hora del día, día de la semana, día del año, kWh totales, kWh para cada tasa e indicación de demanda para cada tasa (si la función del registro incluye demanda).

- (3) Ensayar las opciones de hardware programadas (ejemplos: Relé de control de carga, relé de final de intervalo, etc).

Pruebas en taller de los registros TOU pueden desempeñarse con o sin sus vatihorímetros asociados.

NOTA: Cuando se remueve el registro del medidor, la operación del sensor óptico no verificará si él permanece en el medidor.

**6.3.2.2 Método 1, Prueba Extendida.** Esta prueba cubre la mayoría de las funciones de un registro y le da al registro más oportunidad de fallar con componentes insignificantes.

**6.3.2.2.1 Verificar Display y Procesador.** Inicializar el medidor con el programa de prueba especial (cargado ópticamente o de otra manera) y verificar el display para asegurar que operan todos los segmentos del display y que la apariencia global del display es aceptable. Si el registro comunica y comienza a desplegar magnitudes normales en el display, entonces esto ofrece alguna seguridad que el procesador y los componentes ópticos están operando correctamente.

**6.3.2.2.2 Verificar Iniciador de Pulso y Registro.** Bajo condiciones de una carga constante y con el registro operando en todos los diferentes períodos de tasa por un intervalo completo, la demanda desplegada debería ser la misma en cada período de tasa dentro de  $\pm 1$  pulso.

**6.3.2.2.3 Verificar Potencia Auxiliar.** Remover la potencia de corriente alterna y operar con una fuente de potencia de reserva por 1 hora. Energizar y ver que el registro aparezca, despliegue la secuencia correcta del display, tenga tiempo exacto, y despliegue correctamente los datos de facturación, constantes del programa, y otras magnitudes.

**6.3.2.2.4 Verificar el Mantenimiento del Tiempo y Operación de Función Especial.** Permitir al registro operar la frontera de cambio de día, incluyendo un cambio en temporada y cambios por ahorro en días soleados si se desea. Después del cambio de día y después de 2:00 AM, si se desea verificar tiempo de ahorro en días soleados, verificar que el día de la semana, día del año, hora del día, y que las tasas actuales están correctas.

**6.3.2.2.5 Verificar el Reajuste a Cero de la Demanda.** Iniciar el reajuste a cero de la demanda, si está disponible, y ver que las demandas se reajustan adecuadamente.

**6.3.2.2.6 Verificar las Funciones de Salida.** Monitorear las salidas de control de carga, y el estado de las tasas de las salidas de relé, si se incluyen, asegurarse de operación correcta.

**6.3.2.3 Método 2, Prueba Rápida.** El procedimiento perfilado aquí es una versión abreviada del Método 1, pero suministra unos medios razonablemente exactos de verificación para la correcta operación del registro.

**6.3.2.3.1 Verificar Display y Procesador.** Inicializar el medidor con el programa de prueba especial (cargado ópticamente o de otra manera) y verificar el display para asegurar que operan todos los segmentos del display y que la apariencia global del display es aceptable. Si el registro comunica y comienza a desplegar

magnitudes normales en el display, entonces esto ofrece alguna seguridad que el procesador y los componentes ópticos están operando correctamente.

**6.3.2.3.2 Verificar Iniciador de Pulso y Registro.** Asegura que los pulsos de energía están siendo procesados y registrados en las magnitudes desplegadas de demanda y/o kWh.

**6.3.2.3.3 Verificar Potencia Auxiliar.** Desconectar la corriente alterna mientras enciende la fuente de potencia de reserva por 1 minuto. Energizar y ver que el registro aparezca, despliegue la secuencia correcta del display, tenga tiempo exacto, y despliegue correctamente los datos de facturación, constantes del programa, y otras magnitudes.

**6.3.2.3.4 Verificar el Reajuste a Cero de la Demanda.** Iniciar el reajuste a cero de la demanda, si está disponible, y ver que las demandas se reajustan adecuadamente.

### **6.3.3 Pruebas En Servicio de Registros TOU**

**6.3.3.1 Generalidades.** La complejidad de las pruebas de campo puede crear problemas con los datos actuales y los almacenados en el registro. Por consiguiente, no se presentará ningún procedimiento de prueba específico. Sin embargo, si se requieren las pruebas de campo y no se encuentran problemas, se sugiere que cualesquiera partes aplicables de la prueba en taller, Método 2, Prueba Rápida (ver 6.3.2.3), se utilicen en el local del cliente.

Un registro TOU, sus iniciadores de pulso asociados, relés, y circuitos eléctricos pueden considerarse que operan correctamente cuando una verificación de kilovatio-hora indica que los kilovatio-horas del medidor TOU están dentro de límites aceptables para cada período TOU. Deberían transmitirse un mínimo de 20 pulsos de cada iniciador de pulso durante la prueba y debería determinarse que cada pulso se reciba (almacene) por medio del relé totalizador asociado y el medidor de demanda. Deberían verificarse las correcciones del valor de kilovatio-hora de un pulso de cada iniciador de pulso.

## **6.4 Transformadores de Medida**

**6.4.1 Generalidades.** El método convencional para la determinación del desempeño de transformadores de medida para propósitos de medición es por medio de pruebas de resistencia a la tensión y pruebas de exactitud de relación y ángulo de fase. Los métodos descritos en 6.4.2 cubren pruebas, aparte de las pruebas de fábrica, que típicamente se hacen en transformadores de intensidad y tensión que se pretende sean utilizados para facturación del cliente. Se recomienda referirse a ANSI/IEEE C57.13-1978 [4] y Norma ANSI/IEEE 4-1978 [5] para procedimientos de prueba detallados.

### **6.4.2 Aislamiento**

**6.4.2.1 Generalidades.** Además de las pruebas de fábrica, sólo se hacen dos pruebas de resistencia a la tensión:

- (1) Prueba de resistencia a la tensión del primario al secundario y partes aterrizadas, incluyendo caja metálica, estructura, base, placa de datos, medios de montaje, y núcleo (si está accesible).
- (2) Prueba de resistencia a la tensión del secundario al primario y partes aterrizadas como se indicó en 6.4.2.1 (1).

Otros tipos de pruebas de aislamiento que se pueden hacer incluyen pruebas de impulso y pruebas de tensiones inducidas. Referirse a ANSI/IEEE C57.13-1978 [4] para detalles relacionados a tales pruebas.

**6.4.2.2 Transformadores Inmersos en Líquido.** Todas las pruebas de resistencia a la tensión en transformadores inmersos en líquido deberían hacerse con la caja del transformador, correctamente llena con su líquido aislante.

**6.4.2.3 Tensión de Prueba.** Para la prueba de resistencia a la tensión del primario al secundario y partes aterrizadas como se especificó en 6.4.2.1 (1), la tensión de prueba a utilizarse en pruebas de aceptación se muestra en ANSI/IEEE C57.13 [4]. Para prueba de resistencia a la tensión del secundario al primario y partes aterrizadas, la tensión de prueba para prueba de aceptación es 2.5 kV. La tensión de prueba a utilizarse en pruebas de transformadores adquiridos recientemente debería estar alrededor de 75% de estos valores. La tensión de prueba a utilizarse en pruebas de transformadores restituidos de servicio debería estar alrededor de 65% de estos valores.

## **6.5 Transformadores de Tensión Acoplados por Capacitor**

**6.5.1 Generalidades.** Los errores de relación y ángulo de fase de un transformador de tensión acoplado por capacitor (CCVT) pueden determinarse utilizando un transformador de tensión transportable del tipo inductivo en cascada de capacitor de gas comprimido como un patrón de referencia o por otros métodos aceptables.

## CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO VI

- 1) En el caso de los vatíhorímetros existen dos métodos de comprobación, el método de potencia-tiempo y el método comparativo, siendo este último el más utilizado en la actualidad, por su menor complejidad con respecto al primero, el cual se utiliza en el ámbito de laboratorios que cumplen con las condiciones que el método exige.
- 2) Para lograr las distintas corrientes de prueba a la hora de la comprobación de la indicación de un aparato o dispositivo, existen básicamente tres métodos que son, el de las cargas fantasmas, los resistores de carga y la carga del cliente al cual se le está haciendo la comprobación; de esto últimos se recomiendan los primeros dos, claro está teniendo la consideración de la disipación de energía en el método de los resistores de carga.
- 3) La comprobación se puede hacer ya sea con el medidor bajo prueba operando en el lugar de servicio o llevarlo a un taller de medidor, para ambos casos existen requisitos de conexión, muchos de los cuales son similares, pero otros dependen del lugar en el que se haga la comprobación.
- 4) Cuando se hace una comprobación en servicio se debe tratar la manera de hacer la misma sin necesidad de desconectar el servicio al medidor, para permitir que el cliente que no pierda económicamente por causa de la comprobación.

## CAPÍTULO VII

### REQUISITOS DE INSTALACIÓN

**7.0 Introducción.** En este Capítulo se establecen las especificaciones de instalación para los distintos medidores, aparatos y dispositivos utilizados en la medición de electricidad, además del establecimiento de reglas y requisitos que complementan las especificaciones en algunas instalaciones especiales. En el caso particular de los vatihorímetros, también se establecen aspectos relacionados con la identificación de éstos cuando se instalan en grupo, así como el cableado de los mismos.

Para los transformadores de medida se mencionan características a considerar, entre las cuales están las distintas aplicaciones, el aterrizaje, las conexiones y precauciones de seguridad con el propósito de proteger principalmente a las personas y al equipo en sí.

Las especificaciones dadas a lo largo del Capítulo sirven para facilitar la realización de pruebas descritas en el [Capítulo V](#).

#### 7.1 Vatihorímetros

**7.1.1 Ubicación.** El cliente o su delegado deberían dialogar con el proveedor del servicio eléctrico como uno de los primeros pasos en la planificación de una instalación eléctrica. El vatihorímetro debería ubicarse donde sea fácilmente accesible y conveniente al proveedor del servicio eléctrico y donde no estará sujeto a condiciones de operación adversas o, cause inconveniencia al cliente. Normalmente, el proveedor determinará la ubicación y tipo del equipo de medición a instalarse. Los vatihorímetros pueden instalarse ya sea en ubicaciones externas o internas. Generalmente se prefieren las instalaciones externas por conveniencia al cliente y al proveedor.

**7.1.2 Reglas o Requisitos.** El proveedor del servicio eléctrico debería tener disponible para distribución a clientes, arquitectos, contratistas, y electricistas copias de reglas, especificaciones, y requisitos que puedan regir las instalaciones del medidor. Las instalaciones del medidor deberían amoldarse a las especificaciones del proveedor así como también a los códigos eléctricos aplicables y requisitos de seguridad.

**7.1.3 Espaciamiento de Medidores.** Cuando se agrupan un número de medidores, deberían separarse a fin de que la instalación y remoción de un medidor individual pueda realizarse sin perturbar a los medidores adyacentes.

**7.1.4 Identificación.** Cuando dos o más medidores se instalan en, o sobre, un edificio, cada medidor instalado debería estar permanentemente y legiblemente marcado para indicar el cliente y servicio que está midiendo.

**7.1.5 Instalaciones Exteriores.** Los medidores y equipo de medición asociado, utilizado en instalaciones exteriores, serán diseñados específicamente para tal uso, o serán convenientemente alojados para hacer el conjunto adecuado para servicio exterior. Medidores instalados en el exterior no deberían ubicarse donde puedan ser dañados, tal como en edificios donde medidores sin protección se extenderán en callejones, pasajes, o calle para vehículos. Los medidores deberían ubicarse de tal manera que no estén sujetos a vibración, o daño mecánico, y deberían instalarse sin inclinación.

Los medidores instalados en el exterior no deberían estar más de 6 pies o menos de 4 pies por encima de la superficie permanente final, medido desde el centro de la cubierta del medidor. Debería haber un mínimo de 3 pies de espacio despejado enfrente del medidor, medido desde la superficie sobre la cual el medidor está instalado.

Donde es práctica normal remover los medidores para probarlos en vez de probarlos en el lugar, la altura mínima se puede disminuir.

**7.1.6 Instalaciones Interiores.** Medidores instalados en el interior deberían ubicarse de tal manera que no estén sujetos a vibración, o daño mecánico, y deberían instalarse sin inclinación. En instalaciones individuales de medidores en el interior, el medidor no debería estar a más de 6 pies o menos de 4 pies por encima del nivel del piso, medido desde el centro de la cubierta del medidor. Debería haber un mínimo de 3 pies de espacio despejado enfrente del medidor, medido desde la superficie sobre la cual el medidor está instalado. En instalaciones de grupo de medidores en el interior, ninguno debería de estar a más de 6 pies o menos de 3 pies por encima del nivel del piso, medido desde la cubierta del medidor. Debería haber un mínimo de 3 pies de espacio despejado enfrente del medidor, medido desde la superficie sobre la cual el medidor está instalado.

Donde es práctica normal remover los medidores para probarlos en vez de probarlos en el lugar, la altura mínima se puede disminuir.

**7.1.7 Cableado para Medidores.** En general, se recomienda que el medidor se instale en el lado del suministro del equipo de servicio. Cualquier gabinete instalado en el lado del suministro del medidor que permita acceso al cableado de servicio debe poder sellarse. Cuando el cliente provea cualquier dispositivo o planta generadora de una instalación de medición, tal dispositivo o planta generadora estará sujeta a la aceptación por el proveedor del servicio eléctrico.

Cuando sea necesario impedir interrupción del servicio al cliente durante la prueba o cambio del medidor, se proveerán facilidades para puentear el medidor, las cuales estarán sujetas a la aceptación del proveedor del servicio eléctrico.

Cuando la aplicación se hace para servicio, el cliente debería definitivamente entender y estar de acuerdo que el proveedor del servicio eléctrico tiene el derecho de inspeccionar todos los circuitos y equipo eléctrico en cualquier tiempo razonable para asegurar que están midiendo correctamente.

**7.1.8 Requisitos de Servicio Anormal.** Cuando el equipo eléctrico conectado al circuito de suministro es de tal naturaleza que someterá al suministro actual o instalación del medidor a efectos anormales, deberían darse consideraciones especiales a la instalación del equipo de medición. En cualquier momento que se contempla el uso de equipo eléctrico, su diseño e instalación estarán sujetos a la aceptación del proveedor del servicio eléctrico.

## **7.2 Medidores de Demanda, Registros de Demanda, y Registradores de Pulso**

**7.2.1 Ubicación.** Los medidores de demanda normalmente pueden instalarse en ubicaciones similares a aquellas requeridas para los vatíhorímetros. Cuando están equipados con mecanismos temporizadores, sistemas de entintado, de desplazamientos, o cintas que son sensibles a condiciones de temperatura o de humedad, la ubicación del medidor de demanda debería ser tal que se minimice el efecto de estas condiciones. Los medidores de demanda deberían instalarse a una altura que permita el reajuste a cero manual y mantenimiento sin el uso de escaleras.

Puesto que algunas formas de registradores de pulso contienen circuitos electrónicos sensibles, están sujetos a falsos o pérdida de pulsos debido a influencias electromagnéticas o electroestáticas. Deberían tomarse precauciones adecuadas para evitar esta situación.

**7.2.2 Registro.** La selección de los medidores de demanda y dispositivos de demanda debería basarse en la demanda máxima esperada. La capacidad del medidor de demanda o dispositivo de demanda debería ser tal que los registros de máxima demanda en la mitad superior del rango de escala, tomen en consideración cualesquiera características tempestivas de la carga del cliente.

## **7.3 Transformadores de Medida**

**7.3.1 Ubicación.** Los transformadores de medida pueden ubicarse ya sea en el interior o exterior. Transformadores tipo interior pueden utilizarse en el exterior cuando se protegen convenientemente por medio de alojamientos resistentes a la intemperie. La instalación debería tener adecuado espaciado eléctrico y mecánico, y debería estar correctamente protegida para el tipo de instalación y tensiones envueltas.

Transformadores de intensidad deberían instalarse tan cerca como sea factible al punto de entrada de servicio. Se recomienda que los transformadores de intensidad se instalen en el lado de la línea del interruptor de servicio.

**7.3.2 Aplicación.** La selección de transformadores de medida para una aplicación específica debería tomar en consideración los diseños eléctricos y mecánicos de los transformadores relacionados a todas las características del circuito en el cual son aplicados. Todas las aplicaciones deberían amoldarse a las buenas prácticas de medición. Referencias para valores asignados de corriente de corto tiempo, mecánicas y térmicas, de transformadores de intensidad pueden encontrarse en ANSI/IEEE C57.13-1978 [4], 4.6.

**7.3.3 Devanado Primario.** Se sugiere que no más de un conductor se conecte directamente a cualquier lado del primario del transformador de intensidad. Cuando se utilizan múltiples conductores, ellos deberían conectarse a un terminal de acoplamiento o a un bus que se conecta al primario del transformador de intensidad. Este método de conexión provee máxima seguridad y conveniencia durante la instalación, reemplazo, o remociones del transformador de intensidad.

**7.3.4 Devanado Secundario.** El devanado secundario de transformadores de medida debería estar en conducto, tubería, estructuras, o separar el cable de todos los otros devanados. El devanado secundario del transformador de medida para un servicio no se debe hacer en el mismo conducto, tubería, o cable con el devanado de otro servicio. Devanado secundario debería ser continuo sin empalmes entre los transformadores y el terminal de conexión del primer medidor, si es factible. Se recomienda que se utilice el

código de color para el devanado. Los tamaños mínimos del conductor deberían determinarse sobre la base de las longitudes de los circuitos, cargas de los circuitos, clasificaciones de carga de los transformadores, y exactitudes de medición requeridas.

### **7.3.5 Aterrizaje**

**7.3.5.1 Cajas de Transformador de Medida.** Las cajas metálicas, armazones, bases, y otras facilidades de montaje de transformadores de medida se aterrizarán cuando sean accesibles a personas no calificadas, excepto que las cajas metálicas, armazones, bases, y otras facilidades de montaje de los transformadores de intensidad, los primarios no estén arriba de 150 V a tierra y se utilicen exclusivamente para suplir corriente a medidores, no necesitan aterrizarse. (Ver ANSI/NFPA 70-1987 [9], Sección 250-122.)

Superficies no metálicas de transformadores de medida deberían estar sujetas a las mismas precauciones de seguridad aplicables a sus circuitos primarios.

**7.3.5.2 Circuitos del Transformador de Medida.** Los circuitos secundarios de transformadores de medida de intensidad y tensión se aterrizarán cuando los devanados primarios se dirigen a circuitos de 300 V o más a tierra y, cuando estén en tableros de mando, se aterrizarán sin tomar en cuenta la tensión, solo que tales circuitos no necesiten aterrizarse cuando los devanados primarios se conectan a circuitos de menos de 1000 V sin partes vivas o devanado expuesto o accesible a personas no calificadas. (Ver ANSI/NFPA 70-1987 [9], Sección 250-121.)

**7.3.5.3 Interconexión de Tierras Secundarias de Transformadores.** Los hilos secundarios de transformadores de intensidad y tensión que van a aterrizarse deberían interconectarse y aterrizarse en un solo punto. La tierra de un solo punto en los devanados secundarios es para prevenir el paralelo de hilos secundarios con hilos aterrizados del sistema conduciendo corrientes ajenas a la medición de magnitudes.

**7.3.5.4 Ubicación de Tierras Secundarias De Transformadores.** Para máxima efectividad y confiabilidad, los circuitos secundarios de los transformadores de medida deberían aterrizarse lo más cercano como sea factible a los transformadores de medida. Sin embargo, se permite aterrizarlos en algún otro punto en el circuito secundario, si el arreglo de los circuitos secundarios de dispositivos en los circuitos hace esto necesario para proveer desempeño correcto, o si las ventajas obtenidas por esa razón se considera que tienen más peso que las ventajas de aterrizar los circuitos secundarios lo más cercano a los transformadores de medida.

**7.3.6 Tensiones Peligrosas de Circuito Abierto en el Secundario.** El circuito secundario de un transformador de intensidad no debería estar abierto cuando el circuito primario está conduciendo corriente puesto que puede inducirse una tensión peligrosa en el circuito secundario bajo condiciones de circuito abierto. Una excepción a esta recomendación de seguridad puede hacerse sólo para transformadores de intensidad del tipo barra o atravesado de pequeño tamaño cuando se haya determinado que el pico de tensión de circuito abierto no es peligroso bajo las condiciones de operación o trabajo que existirán.

### **7.3.7 Conectando en Paralelo Circuitos Secundarios de Transformadores de Intensidad**

**7.3.7.1 Aplicación.** La carga de salida de dos o más circuitos teniendo una fuente común puede totalizarse en un vatímetro, conectando en paralelo los circuitos secundarios de los transformadores de intensidad. El uso de este método requiere

consideración cuidadosa de todos los factores envueltos para evitar errores excesivos de medición.

**7.3.7.2 Efectos en la Exactitud de la Medición.** La exactitud puede despreciarse debido al incremento en la carga efectiva en cada transformador como un resultado de conectar en paralelo los circuitos secundarios. La exactitud también puede afectarse adversamente en uno o más de los transformadores conectados en paralelo que no tienen carga. La exactitud también puede reducirse si todas las corrientes de carga a ser totalizadas no son aditivas.

**7.3.7.3 Requisitos Generales.** En la conexión en paralelo de los circuitos secundarios de transformadores de intensidad, los siguientes requisitos y precauciones son importantes desde el punto de vista de la exactitud de la medición.

- (1) Todos los transformadores tendrán la misma relación, y de preferencia debería ser del mismo tipo.
- (2) Todos los transformadores que tengan sus devanados secundarios en paralelo se conectarán a la misma fase de los circuitos primarios.
- (3) El devanado secundario se conectará en paralelo al medidor para mantener la carga común tan baja como sea posible.
- (4) Los devanados secundarios deberían aterrizar solo en el punto común en el medidor. Si es necesario aterrizar en los terminales secundarios, el conductor para el retorno común debería dimensionarse adecuadamente.
- (5) El medidor será capaz de conducir las corrientes combinadas de todos los transformadores.
- (6) La carga efectiva en cada transformador no debería exceder su carga asignada. Puesto que la caída total de tensión a través de la carga común establece la densidad de flujo para cada transformador, la carga efectiva incrementará sustancialmente cuando un conductor secundario o componente de circuito lleve la corriente secundaria de más de un transformador.
- (7) Una tensión común para dos o más circuitos de carga estarán disponibles para el medidor.
- (8) Deben tomarse precauciones para asegurar que ni los secundarios ni los circuitos primarios de transformadores de intensidad en paralelo estén cortocircuitados cuando la medición esté en operación normal.

## **CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO VII**

- 1) Es de suma importancia cumplir con los requisitos de instalación para los aparatos y dispositivos que se establecen en esta norma, puesto que por medio de ello se brinda seguridad tanto a las personas como al medidor en sí, además se facilitan todas las operaciones de comprobación y mantenimiento que se pretendan realizar en el mismo con el propósito de verificar que no se afecte el desempeño por factores atribuibles a negligencia en el cumplimiento de estos requisitos.

## CAPÍTULO VIII

### NORMAS PARA DESEMPEÑO EN SERVICIO

**8.0 Introducción.** En este Capítulo se presenta una serie de requisitos de exactitud que deben cumplir los vatihorímetros, medidores y registros de demanda, y otros dispositivos y aparatos utilizados en la medición en servicio. También se establecen distintas pruebas a realizarse dependiendo de las condiciones en las que se encuentre operando el medidor o dispositivo, siendo la más importante para cada uno de ellos, la prueba de desempeño en servicio

#### 8.1 Vatihorímetros

**8.1.1 Generalidades.** El propósito de este Capítulo es establecer límites de exactitud para medidores de corriente alterna que se usan o se utilizarán para mediciones de facturación de energía eléctrica y perfilar pruebas de medidor y procedimientos de inspección que razonablemente asegurarán el acatamiento con los requisitos de este Capítulo. Las pruebas e inspecciones publicadas en el Capítulo VIII son en adición a las pruebas de aceptación de tipo perfiladas en el [Capítulo V](#), Desempeño Aceptable de Nuevos Tipos de Medidores de Electricidad y Transformadores de Medida.

**8.1.2 Definiciones.** Los siguientes términos se utilizan en este Capítulo y fueron definidos en el Capítulo II, Definiciones:

- (1) Inspección de instalación del medidor ([ver 2.28](#)).
- (2) Taller de medidor ([ver 2.66](#)).
- (3) Prueba en servicio ([ver 2.77](#)).
- (4) Prueba arbitral ([ver 2.78](#)).
- (5) Solicitud de prueba ([ver 2.79](#)).
- (6) Arrastre del vatihorímetro ([ver 2.91](#)).
- (7) Corriente de prueba (TA) del vatihorímetro ([ver 2.114](#)).

#### 8.1.3 Requisitos de Exactitud

**8.1.3.1 Generalidades.** Ningún medidor se colocará en servicio, o se le permitirá permanecer en servicio, si tiene una incorrecta constante de registro, constante vatio-hora, índice de engranaje, o tren de dial; está mecánica o eléctricamente defectuoso, incorrectamente conectado, instalado, o aplicado; o con registros fuera de los límites especificados en [8.1.3.4](#).

**8.1.3.2 Cargas de Prueba.** Para medidores independientes, carga elevada será aproximadamente 100% de la corriente de prueba y carga leve aproximadamente 10% de la corriente de prueba. Para medidores utilizados con transformadores de intensidad, carga elevada será aproximadamente 100% ya sea de la corriente de prueba

del medidor o del valor asignado de corriente secundaria del transformador de intensidad; carga leve será aproximadamente 10% de la corriente seleccionada para carga elevada.

**8.1.3.3 Desempeño Aceptable.** A pesar que el acatamiento de los incisos de 8.1.3.4 es obligatorio, el desempeño de un vatihorímetro se considera aceptable para 8.1.8 cuando el disco del medidor no tiene arrastre y cuando el porcentaje de registro no es más del 102% o menos del 98%, calculado conforme a uno de los métodos descritos en 6.1.8.

Cuando se utilizan transformadores de medida junto con el medidor, los límites de registro aplican al equipo medidor como un conjunto, excepto para las condiciones en 6.1.7.2.

**8.1.3.4 Límites de Ajuste.** Cuando una prueba de un vatihorímetro indica que el error en el registro excede 1% ya sea con carga leve o carga elevada a factor de potencia unitario, o excede 2% en carga elevada a un factor de potencia aproximadamente de 0.5 en atraso, el porcentaje de registro del medidor se ajustará dentro de estos límites de error, tan cercanamente como sea factible a la condición de cero error. Cuando se utilizan transformadores de medida junto con el medidor, estos límites aplican al equipo medidor como un conjunto, excepto para las condiciones en 6.1.7.2. Todos los medidores que se prueban estarán sin arrastre.

#### **8.1.4 Pruebas**

**8.1.4.1 Pruebas de Preinstalación.** Nuevos medidores que se prueban previo a instalación se probarán a carga elevada y carga leve a factor de potencia unitario, a carga elevada a factor de potencia aproximadamente de 0.5 en atraso, y para arrastre si se requiere por 8.1.4.4.

**8.1.4.2 Pruebas en Servicio Como se Encontró.** Los medidores que se prueban para determinar su desempeño en servicio se probarán a carga elevada y a carga leve a factor de potencia unitario. Para pruebas arbitral y solicitud de prueba, generalmente debería hacerse una prueba de arrastre. En otros casos, se hará una prueba de arrastre cuando se requiera por 8.1.4.4.

**8.1.4.3 Pruebas Cómo Salió.** Los medidores que son para permanecer en servicio después de ajuste, o que se prueban para determinar su desempeño antes de reinstalación, se probarán a carga elevada y a carga leve a factor de potencia unitario, y para arrastre si se requiere por 8.1.4.4. En los medidores en los cuales una parte, o todo, de la estructura electromagnética se altere o reemplace también se probarán a carga elevada a factor de potencia aproximadamente de 0.5 en atraso.

**8.1.4.4 Pruebas para Arrastre.** Si el porcentaje de registro a carga leve se desvía por 2% o más del registro a carga elevada, se hará una prueba para arrastre. Para propósito de esta prueba, se considera que un medidor arrastra si, con los hilos de carga removidos y con tensión de operación normal aplicada a los circuitos de tensión del medidor, el rotor hace una revolución completa en 10 minutos o menos.

#### **8.1.5 Medidores Nuevos**

**8.1.5.1 Generalidades.** Los medidores nuevos se inspeccionarán y probarán en un taller o laboratorio de medidor, ya sea sobre la base de 100% o sobre una base de muestreo estadístico aceptable para la autoridad reguladora, y se tomará acción apropiada para asegurar que esos medidores se adapten a los requisitos de 8.1.3.

## **8.1.6. Medidores en Local del Cliente**

**8.1.6.1 Inspección.** Una inspección del medidor y equipo auxiliar se hará antes que se pruebe el medidor. Una inspección y verificaciones adecuadas también se harán luego de la instalación cuando transformadores de medida, transformadores de desplazamiento de fase, o iniciadores de pulso sean parte de una instalación de medición, para asegurar que la instalación esta funcionando apropiadamente.

### **8.1.6.2 Pruebas**

**8.1.6.2.1 Pruebas Cómo se Encontró.** Una prueba de cómo se encontró, realizada en el local del cliente para determinar el desempeño del medidor en servicio, se hará de acuerdo con 8.1.4.2 antes de remover la cubierta del medidor.

**8.1.6.2.2 Pruebas Cómo Salió.** Si el medidor es para permanecer en servicio, se hará una prueba de cómo salió de acuerdo con 8.1.4.3, y el medidor se ajustará, si es necesario, para acomodarse a los requisitos de 8.1.3.4.

## **8.1.7 Medidores Removidos de Servicio**

**8.1.7.1 Inspección.** Debe hacerse una inspección antes de la remoción del medidor.

### **8.1.7.2 Pruebas**

**8.1.7.2.1 Pruebas Cómo se Encontró.** Inmediatamente antes de, o luego de la remoción del medidor del local del cliente, deben hacerse pruebas de cómo se encontró el medidor de acuerdo con 8.1.4.2, antes de remover la cubierta del medidor si es factible, y antes de hacer cualquier ajuste.

**8.1.7.2.2 Pruebas Cómo Salió.** Si el medidor será reinstalado en servicio, deben hacerse pruebas de cómo salió con 8.1.4.3. Si se probó, el medidor se ajustará como sea necesario para adaptarse a los requisitos de 8.1.3.4.

## **8.1.8 Pruebas de Desempeño en Servicio**

**8.1.8.1 Generalidades.** Medidores monofásicos independientes, medidores polifásicos independientes, y medidores de red de tres hilos no equipados con registros de demanda o iniciadores del pulso pueden probarse bajo cualquiera de los programas listados en 8.1.8.2. En cada una de estas tres categorías todos los medidores se probarán bajo el mismo programa, excepto que cuando están probándose medidores polifásicos bajo un programa de intervalo variable o de muestreo estadístico, pueden probarse grupos homogéneos pequeños de tales medidores bajo la agenda de prueba periódica si esto requiere menos comprobación. Medidores equipados con registros de demanda o iniciadores de pulso, se probarán, de acuerdo con 8.2.3.1. Todos los otros medidores, se probarán de acuerdo con 8.1.8.4.

Pruebas en servicio pueden hacerse en el local del cliente o en el taller de medidor de la distribuidora. Sin embargo, se recomienda que medidores conectados al fondo asociados con transformadores de medida, o transformadores de desplazamiento de fase, o aquellos que tienen iniciadores de pulso, se prueben en el local del cliente.

Pruebas hechas para otros propósitos tal como solicitud de prueba o prueba arbitral, no se considerarán como pruebas de desempeño en servicio, excepto para aquellos medidores que se prueban como se especifica en 8.1.8.4.

**8.1.8.2 Programas de Prueba.**<sup>21</sup> Programas de prueba permisivos referidos en 8.1.8.1 serán como sigue:

- (1) Intervalo periódico (ver 8.1.8.4)
- (2) Intervalo variable (ver 8.1.8.5)
- (3) Muestreo estadístico (ver 8.1.8.6)

**8.1.8.3 Objetivos.** El propósito principal de la comprobación de desempeño en servicio es suministrar información sobre la cual, la distribuidora puede basar un programa para mantener medidores en un grado de exactitud aceptable a lo largo de su vida de servicio. El programa de comprobación, procedimientos de mantenimiento, diseño del medidor, y el nivel de exactitud especificado debe ser tal que exista un balance realista entre los beneficios realizados de altos niveles de exactitud y el costo de lograr estos niveles. Los tres programas alternos de desempeño en servicio, especificados en 8.1.8.2 para medidores monofásicos independientes, medidores polifásicos independientes, y medidores de red de tres hilos se discuten en 8.1.8.4 hasta 8.1.8.6.

La agenda de prueba periódica facilita un intervalo fijo entre pruebas de medidores monofásicos independientes, medidores polifásicos independientes, y medidores de red de tres hilos. Aunque la agenda de prueba periódica puede lograr el objetivo de mantenimiento de un aceptable grado de exactitud en promedio, bajo algunas circunstancias no encontrará el objetivo de lograr estos resultados para grupos particulares de medidor o, cuando encuentra los objetivos para un grupo particular de medidor, el costo no puede ser consistente con el valor de los beneficios recibidos. Las debilidades principales de las agendas de prueba periódicas son estas

- (1) Falla para reconocer las diferencias en características de exactitud de varios tipos de medidores; y
- (2) Falla para proveer incentivos para programas de mantenimiento y modernización.

El plan de intervalo variable facilita la división medidores dentro de grupos homogéneos y el establecimiento de una tasa de comprobación para cada grupo, basado en resultados de pruebas de desempeño en servicio, hechas en medidores de mucho tiempo en servicio sin haberlos probado. La tasa máxima de prueba recomendada es 25% por año. La tasa mínima de prueba recomendada facilita la comprobación de un número suficiente de medidores para suministrar datos adecuados para determinar la tasa de prueba para tener éxito anual. Los incisos del plan de intervalo variable reconocen las diferencias entre los varios tipos de medidores y promueve los programas adecuados de mantenimiento y reemplazo del medidor.

El programa de muestreo estadístico incluido aquí no se ha limitado intencionalmente a un método específico, dado que se reconoce que hay muchas maneras aceptables de lograr buenos resultados. Los incisos generales del programa de muestreo estadístico facilita la división de los medidores dentro de grupos homogéneos, la selección anual y comprobación de una muestra aleatoria de medidores de cada grupo, y la evaluación de los resultados de la prueba. El programa facilita la comprobación

---

<sup>21</sup> Para medidores monofásicos independientes, medidores polifásicos independientes, y medidores de red de tres hilos se espera que la agenda de prueba periódica se utilice solamente por las distribuidoras con un número muy pequeño de tales medidores. El plan de intervalo variable probablemente se usará por distribuidoras de tamaño intermedio, y por aquellos que no quieren ser agobiados con las complejidades de un plan de muestreo estadístico.

acelerada, mantenimiento, o reemplazo si el análisis de los datos de la muestra de prueba indica que un grupo de medidores no reúne el criterio de desempeño.

Determinando los resultados de programa de mantenimiento por métodos de muestreo estadístico, la distribuidora asume un cierto riesgo predeterminado que un buen grupo de medidores aparecerá malo y por consiguiente requerirá un aumento de mantenimiento innecesariamente. El cliente también asume un cierto riesgo predeterminado que un grupo malo de medidores aparecerá ser bueno y no será sujeto a aumentos de mantenimiento, cuando deban. Para un grupo estable, el cambio tal que una decisión incorrecta se repetirá en el segundo y tercer año disminuirá con el cuadrado y cubo respectivamente, de la oportunidad que ocurrió el primer año. En otras palabras, si la oportunidad es una en diez que una decisión incorrecta ocurrió en la prueba de un año, entonces la oportunidad que podría repetirse en el mismo grupo de medidores para el siguiente año es solamente uno en un ciento. La oportunidad que podría repetirse en el tercer año sucesivo sería una en mil.

**8.1.8.4 Agenda de Prueba Periódica.** En los intervalos de prueba especificados en 8.1.8.4(1) y 8.1.8.4(2) la palabra "años" significa años calendario. Los períodos indicados son intervalos de prueba recomendados. Pueden haber situaciones en las que medidores individuales, grupos de medidores, o tipos de medidores deben probarse más frecuentemente. Además, debido a la complejidad de instalaciones que usan transformadores de medida y la importancia de cargas grandes, puede ser deseable una inspección más frecuente y prueba de tales instalaciones.

En general las agendas de prueba periódicas serían como sigue:

- (1) Medidores con magnetos resistentes a corrientes de impulso y sin registros de demanda o iniciadores de pulso: 16 años
- (2) Medidores sin magnetos resistentes a corrientes de impulso y sin registros de demanda o iniciadores de pulsos: 8 años

NOTA: Para agendas de prueba para medidores con registros de demanda o iniciadores de pulso, [ver 8.2.3.1](#).

**8.1.8.5 Plan de Intervalo Variable.** Un plan de intervalo variable para comprobación de medidores monofásicos independientes, medidores polifásicos independientes, y medidores de red de tres hilos, adaptándose a incisos generales establecidos en 8.1.8.5, puede utilizarse si es aceptable para la autoridad reguladora.

Los medidores serán divididos dentro de grupos homogéneos, tales como tipo de fabricante, pueden además dividirse de acuerdo con la ubicación u otros factores que pueden ser descubiertos por registros de pruebas para tener efecto en el porcentaje de registro de los medidores. Posteriormente, pueden modificarse o combinarse agrupamientos si se justifica por los registros de desempeño.

Los medidores a probar serán representativos de aquellos con gran tiempo en servicio sin haberlos probado.

El porcentaje de medidores a probar en cada grupo durante el presente año dependerá de los resultados de la prueba de desempeño en servicio hecha durante el año o años precedentes, hasta un máximo de tres. La tasa de prueba o porcentaje de medidores a probar en cada grupo será una función del porcentaje de medidores encontrados fuera de los límites de desempeño aceptables especificados en [8.1.3.3](#). La relación utilizada para

determinar la tasa de prueba de los datos de prueba se diseñará para lograr los objetivos establecidos en 8.1.8.3 y facilitará aumentar las tasas de prueba con incrementos en el porcentaje de medidores fuera de los límites aceptables. Se recomienda que las fórmulas utilizadas facilitan una tasa de prueba de 12.5% cuando el porcentaje de medidores fuera de los límites aceptables es igual a 3.0%, y para una tasa de prueba máxima de 25.0% cuando el porcentaje de medidores fuera de los límites aceptables sea igual o exceda 6.0% para una relación no lineal, o igual o exceda 5.0% para una relación lineal. También se recomienda que el número mínimo de medidores probados en cada grupo deba ser 200, o 12.5%, cualquiera que sea el más pequeño.

Fórmulas resultantes ya sean en relaciones lineales o no lineales que satisfagan los requisitos generales de 8.1.8.5 son aceptables. Tales fórmulas pueden incluir incisos para incrementar la tasa de prueba como una función del porcentaje de medidores que registran dentro de un exceso de 102%.

Un plan de intervalo variable será acompañado por una política liberal de hacer solicitud de prueba y un procedimiento por el cual altos o bajos inusuales en factura por servicio se detecte e investigue.

Registros se mantendrán y tabularán para indicar el número de medidores en cada grupo homogéneo en servicio al comienzo de cada año, el número de medidores probados por cada grupo homogéneo, los resultados de la prueba para cada grupo, y cualquier acción de corrección necesaria que se haya tomado.

**8.1.8.6 Muestreo Estadístico.** Un programa de muestreo estadístico para medidores monofásicos independientes, medidores polifásicos independientes, y medidores de red de tres hilos, conforme a los incisos generales establecidos en 8.1.8.6, puede utilizarse si es aceptable por la autoridad reguladora. El programa utilizado se amoldará a los principios aceptados de muestreo estadístico basados ya sea en métodos variables o por atributos, y deben evaluarse por estadísticos matemáticos independientes.

Un programa de muestreo estadístico se incluirá en una política adecuada para comprobar medidores a petición y un procedimiento por el cual altos o bajos inusuales en factura por servicio se detecten e investiguen.

Los medidores serán divididos dentro de grupos homogéneos, tal como tipo de fabricante, y pueden además subdividirse de acuerdo con la ubicación u otros factores que pueden descubrirse por registros de pruebas para tener un efecto en el porcentaje de registro de los medidores. Posteriormente, los agrupamientos pueden modificarse o combinarse si se justifica por registros de desempeño.

Se tomará una muestra de cada grupo homogéneo cada año.

Es extremadamente importante que cada medidor en la muestra se extraiga al azar; es decir, cada medidor en el grupo debe tener una oportunidad igual de extraerlo. Para lograr esta meta es aconsejable usar una tabla de números aleatorios.

La muestra tomada cada año será de tamaño suficiente para demostrar, con razonable certidumbre, la condición del grupo del cual la muestra se extrajo.

El programa de muestreo se diseñará para lograr los objetivos establecidos en 8.1.8.3, y deberá contener una tabla de tamaños de muestra calculados matemáticamente y constantes relacionadas para determinar las características del grupo homogéneo, acompañado por curvas para determinar el riesgo de tomar una decisión incorrecta.

Si un grupo de medidores no reúne el criterio de desempeño, entonces se tomarán acciones correctivas. Esta acción puede consistir de un programa de prueba acelerado

para elevar la exactitud de desempeño del grupo para patrones aceptables, o puede consistir en remoción del grupo de servicio. Un programa de prueba acelerado se debe suministrar para comprobación a tasas que varían de acuerdo con el porcentaje calculado de medidores fuera de los límites aceptables de exactitud en grupos rechazados. En su aplicación para un grupo individual, la tasa de comprobación o extracción de servicio debe ser tal que la acción correctiva requerida se complete dentro de 4 años. Comprobación acelerada puede descontinuarse cuando los resultados de la prueba indiquen que el grupo rechazado está dentro de los límites aceptables.

Los registros se mantendrán y tabularán para indicar el número de medidores en cada grupo homogéneo en servicio al comienzo de cada año, el número de medidores completando la muestra para cada grupo homogéneo, los resultados de la prueba para cada grupo, y cualquier acción correctiva necesaria que se haya tomado.

## **8.2 Medidores de Demanda, Registros de Demanda, y Registradores de Pulso**

### **8.2.1 Requisitos de Exactitud**

**8.2.1.1 Desempeño Aceptable.** El desempeño de un medidor o registro de demanda será aceptable cuando el error en el registro no exceda el 4% en términos del valor de plena escala cuando se prueba en cualquier punto entre 25% y 100% del valor de plena escala.

Bajo condiciones habituales de operación, el desempeño de un registrador de pulso será aceptable cuando los kilovatio–horas mensuales calculados del conteo de pulsos no difiera más de 2% del correspondiente registro kilovatio-hora del medidor y el error del elemento temporizador no es más del  $\pm 2$  minutos por día.

**8.2.1.2 Puntos de Prueba.** Los medidores y registros de demanda se probarán en puntos de carga a, o sobre 50% de plena escala.

**8.2.1.3 Límites de Ajuste.** Cuando una prueba de un medidor o registro de demanda indica que el error en registro excede el especificado en 8.2.1.1, el medidor o registro de demanda se ajustará dentro de  $\pm 2\%$  de valor de plena escala.

Cuando un elemento temporizador también sirve para guardar un registro de la hora del día a la que la demanda ocurre, se corregirá si se encuentra un error que sea más de  $\pm 2$  minutos por día.

Para registradores de pulso que no tienen ningún ajuste, los errores en su conteo de pulsos usualmente se deberán a mal funcionamiento o equipo asociado o de uno o más componentes del registrador. Se requiere la corrección de la condición molesta o reemplazo de partes defectuosas.

**8.2.1.4 Generalidades.** Los medidores de demanda o registros de demanda se corregirán o removerán de servicio si se encuentra que ellos registran debido a cualquier influencia no causada por el apropiado funcionamiento del mecanismo puesto en servicio.

Los medidores de demanda de intervalo de bloque o registros de demanda se corregirán o removerán de servicio si ellos no reajustan a cero adecuadamente.

Los iniciadores de pulso se corregirán o removerán de servicio si se encuentra que ellos transmiten pulsos incorrectos o un número incorrecto de pulsos.

Registradores de pulso se corregirán o removerán de servicio si se encuentra que ellos son defectuosos o almacenan un número incorrecto de pulsos.

### **8.2.2 Reglas de Prueba**

**8.2.2.1 Prueba Inicial.** Todos los medidores de demanda, registros de demanda, registradores de pulsos, se probarán previo a instalación o dentro de 60 días después de instalación.

**8.2.2.2 Lugar de Prueba.** La prueba puede hacerse en el local donde el medidor o registro de demanda está instalado, o el medidor o registro de demanda puede llevarse al taller de medidor para prueba.

**8.2.2.3 Comparación en el Lugar de Prueba.** En comprobación de un dispositivo de demanda operado por pulso, una comparación de la sumatoria de las demandas registradas para cualquier período específico de tiempo con el registro kilovatio-hora del vatihorímetro asociado, durante el mismo período de tiempo, puede considerarse como una prueba del dispositivo de demanda.

**8.2.2.4 Iniciador del Pulso.** Cuando es posible verificar la operación de los iniciadores de pulso por medio de contadores instalados para ese propósito, no se necesita hacer ninguna otra prueba de los iniciadores del pulso o sus circuitos, pero el medidor o registro de demanda se probarán como prescribió.

**8.2.2.5 Transmisión de Pulsos.** Cuando un dispositivo de demanda es accionado por pulsos desde un iniciador de pulso instalado en uno o más vatihorímetros o relés, cada uno de los vatihorímetros o relés asociados serán provocados para transmitir un mínimo de 20 pulsos al medidor de demanda, registro de demanda, o dispositivo de conteo adecuado como una verificación en los iniciadores de pulso, equipo asociado, y circuitos eléctricos. El dispositivo de demanda se probará como se prescribió.

**8.2.2.6 Dispositivos de Demanda Accionados Mecánicamente.** Cuando un medidor o registro de demanda es accionado mecánicamente por un vatihorímetro o relé totalizador de demanda, la prueba se hará con el vatihorímetro, relé, o la fuerza manejadora equivalente correcta para accionar el elemento de demanda.

### **8.2.3 Pruebas de Desempeño en Servicio**

**8.2.3.1 Agenda de Prueba Periódica.** Las pruebas periódicas se harán con suficiente frecuencia para asegurar confiabilidad continua y exactitud aceptable del sistema de medición de demanda como un todo. El intervalo de prueba periódica correcto dependerá de la confiabilidad inherente del tipo particular de medidor de demanda y equipo asociado, determinado por experiencia pasada. Además, debido a la complejidad de algunas instalaciones que usan los dispositivos de demanda y la importancia de las cargas grandes, una inspección más frecuente o prueba de tales instalaciones puede ser deseable.

En general, la agenda de prueba periódica debe ser como sigue:

- (1) Vatihorímetros equipados con registro de demanda mecánico de intervalo de bloque:
  - (a) Medidores con magnetos a prueba de corrientes de impulso: 12 años
  - (b) Medidores sin magnetos a prueba de corriente de impulso: 8 años

- (2) Medidores de demanda vatio-hora de intervalo de bloque gráficos: 2 años
- (3) Medidores de demanda en atraso: 8 años<sup>22</sup>
- (4) Vatihorímetros con registros TOU operados por pulsos: 8 años
- (5) Vatihorímetros con registros de demanda electrónicos operados por pulsos: 8 años
- (6) Medidores de demanda operados por pulso y registros en combinación con vatihorímetros equipados con iniciador de pulso remoto: 2 años

Si se hace una comparación entre el registro del medidor y el registro almacenado para cada periodo de facturación, y el registro almacenado coincide dentro de 1% de aquel del medidor asociado, la agenda para los registradores del pulso y los medidores de demanda operados por pulso debe ser como sigue:

- (a) Medidores con magnetos a prueba de corriente de impulso: 16 años
- (b) Medidores sin magnetos a prueba de corriente de impulso: 8 años

Si la verificación del registro de medidor registrador no concuerda dentro del 1%, el equipo de medición de demanda debe probarse.

**8.2.3.2 Prueba de Intervalo Variable.** Si se requiere, un plan de intervalo variable para comprobación de medidores de demanda, registros de demanda, medidores de tiempo de uso puede utilizarse si es aceptable para la autoridad reguladora. Tales planes deben estar basados en principios perfilados en [8.1.8.5](#) y [8.1.8.6](#).

## 8.3 Transformadores de Medida

**8.3.1 Generalidades.** Ningún transformador de medida se colocará en servicio o se le permitirá permanecer en servicio, si muestra evidencia de daño físico, terminales descoloridos debido a sobre carga, cambio en textura o elasticidad de aislamiento, o huellas de formaciones de arcos en el aislamiento o boquillas.

### 8.3.2 Reglas de Prueba.

**8.3.2.1 Pruebas de Preinstalación.** Previo a la instalación, todos los transformadores de medida nuevos se probarán para soportar tensión y para factor de corrección de relación y ángulo de fase.

Los transformadores de intensidad se probarán a frecuencia asignada, a 10% y 100% de la corriente primaria asignada, y con la carga máxima para la cual es dado un valor asignado de clase de exactitud de 0.3 por el fabricante, o a la carga deseada de operación o la carga patrón más cercana a esa. Los transformadores de tensión se probarán a frecuencia asignada, al 100% de la tensión asignada sin carga, y a 100% de la tensión asignada con la máxima carga para la cual un valor asignado de clase de exactitud de 0.3 es dada por el fabricante, o a tensiones y cargas tales que den seguridad de desempeño satisfactorio en servicio. Las pruebas de resistencia de tensión se harán a 75% de la tensión especificada en ANSI/IEEE C57.13-1978 [4], Tabla 2. Debe hacerse un registro de todos los resultados de la prueba.

---

<sup>22</sup> No se han recopilado datos suficientes todavía para poner un intervalo definitivo. Por consiguiente, las agendas de prueba pueden tener que ajustarse basadas en experiencia adicional.

**8.2.3.2 Transformadores Removidos de Servicio.** Un transformador de medida que ha sido removido de servicio debería probarse para resistencia de tensión o exactitud, o ambos, previo a la reinstalación si la razón de la remoción, apariencia física, o registro de desempeño da origen a tener dudas de su confiabilidad. Las pruebas se deben hacer de acuerdo a 8.3.2.1, excepto que las pruebas de resistencia de tensión deben hacerse a 65% del valor especificado en ANSI/IEEE C57.13-1978 [4], Tabla 2. Debe hacerse un registro de todos los resultados de la prueba.

### **8.3.3 Pruebas de Desempeño en Servicio.**

**8.3.3.1 Agenda de Pruebas Periódicas.** La experiencia ha demostrado que los transformadores de medida en servicio mantienen sus exactitudes, excepto cuando los transformadores se han sobrecargado severamente por períodos extensos de tiempo, han sido dañados físicamente, o han sido sometidos a condiciones anormales. Por consiguiente, se considera que la comprobación periódica de transformadores de medida es innecesaria.

**8.3.3.2 Inspección en Servicio.** Cuando se inspeccionan instalaciones de medición con agendas periódicas, los transformadores de medida asociados con las instalaciones deben recibir una inspección visual cercana para correcciones de conexiones y evidencia de cualquier daño como se perfiló en 8.3.1.

**8.3.3.3 Prueba de Carga Elevada.** Los transformadores de intensidad pueden probarse con un dispositivo de carga variable adecuada para determinar si los devanados del circuito secundario han desarrollado un circuito abierto, corto circuito, o conexiones a tierra no deseadas.

**8.3.3.4 Prueba de Tensión Secundaria.** Cuando se conoce la tensión primaria, los transformadores de tensión pueden probarse midiendo la tensión secundaria para revelar defectos en el transformador o circuito secundario que afecten apreciablemente las exactitudes.

## **8.4 Transformadores de Tensión Acoplados por Capacitor**

**8.4.1 Pruebas de Desempeño en Servicio.** Un programa para prueba periódica del transformador debe establecerse para asegurar el mantenimiento de exactitud aceptable. La frecuencia de la prueba debe establecerse de acuerdo con la estabilidad de operación demostrada por el transformador.

## CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO VIII

- 1) Existen normas específicas para aplicar cuando las pruebas no se hacen en un laboratorio o un taller de medidor, sino que se hacen en servicio, casos en los cuales, estas normas exigen consideraciones especiales dependiendo tanto del dispositivo que se esté probando como de las condiciones en las que se encuentra operando al momento de hacer las pruebas.
- 2) Las muestras de los medidores que se someten a pruebas se pueden seleccionar por distintos métodos, la implementación de uno de estos métodos de selección básicamente depende de la cantidad del lote de medidores a comprobar, que a su vez está relacionado con la capacidad de la entidad que desea hacer las pruebas en los medidores.

## CAPÍTULO IX

### DISPOSITIVOS DE PULSO

**9.0 Introducción.** Para profundizar en los dispositivos de pulso, en este Capítulo se definen los tipos de dispositivos de pulso, las especificaciones para diseño y construcción de los mismos, estableciendo también la forma correcta de seleccionar los dispositivos de pulso para pruebas de aprobación y las condiciones que las rigen, estableciendo además los requisitos de desempeño de estos dispositivos cuando se usan en la medición de electricidad.

#### 9.1 Generalidades

**9.1.1 Alcance.** Esta Capítulo incluye los requisitos normalizados, pruebas de aprobación, y métodos de prueba para iniciadores de pulso, relés, y totalizadores. Registradores de pulso son cubiertos en [5.3](#).

**9.1.2 Dispositivos de Pulso Aceptable.** Nuevos tipos de dispositivos de pulso, para ser aceptables, se adecuarán a ciertos requisitos especificados en 9.7.1 hasta 9.7.3, los cuales son con la intención de determinar su confiabilidad y aceptación de exactitud a tal grado que estas cualidades puedan demostrarse por pruebas de laboratorio.

**9.1.3 Adecuación del Laboratorio de Prueba.** Pruebas para determinación de la aceptabilidad de los tipos de dispositivos de pulso bajo estas especificaciones se harán en un laboratorio teniendo las facilidades adecuadas, usando instrumentos de un orden de exactitud como mínimo igual a aquella de los instrumentos de taller y patrones descritos en el [Capítulo IV](#), Patrones y Equipo Normalizado. Estos instrumentos se verificarán contra los patrones de trabajo del laboratorio antes y después de las pruebas, o más a menudo como se requiera. Las pruebas serán realizadas solo por personal que tenga exhaustiva práctica y conocimiento teórico y adecuado entrenamiento haciendo mediciones de precisión.

**9.1.4 Definiciones.** Para definiciones, ver [Capítulo II](#).

#### 9.2 Tipos de Dispositivos de Pulso

**9.2.1 Tipo Básico.** Los iniciadores de pulso, relés, y totalizadores se consideran que son del mismo tipo básico si se producen por el mismo fabricante, llevan un tipo de designación relacionado, son del mismo diseño general, y tienen la misma relación de partes.

**9.2.2 Variaciones Dentro del Tipo Básico.** Iniciadores de pulso, relés, y totalizadores del mismo tipo básico pueden variar de acuerdo al servicio para el cual ellos fueron diseñados, tal como (pero no limitado a) lo siguiente:

- (1) Tensión
- (2) Frecuencia
- (3) Tipo de entrada (dos hilos o tres hilos)
- (4) Tipo de salida (dos hilos o tres hilos)
- (5) Índice de iniciador de pulso
- (6) Distribución de terminales

**9.2.3 Aceptación de los Tipos Básicos en Conjunto o Partes.** Un tipo básico de iniciador de pulso, relé, o totalizador puede aceptarse como un conjunto, o como una variación restringida de un tipo.

**9.2.4 Variaciones Menores.** Variaciones menores en la construcción mecánica, las cuales no sean de tal carácter como para afectar la operación del iniciador, relé, o totalizador, pueden permitirse en los diferentes iniciadores de pulso, relés, y totalizadores del mismo tipo básico.

**9.2.5 Iniciadores de Pulso, Relés, y Totalizadores que Requieren Pruebas Separadas.** Iniciadores de pulso, relés, y totalizadores del mismo tipo básico, pero difiriendo en frecuencia, se tratarán como tipos diferentes para propósitos de pruebas de aprobación.

**9.2.6 Tipos Especiales.** En el caso de un tipo de iniciador de pulso, relé, o totalizador que está dentro del alcance de estas especificaciones, pero es de tal diseño que alguna de las pruebas especificadas a partir de ahora son inaplicables o no pueden hacerse bajo las condiciones especificadas, puede concederse aprobación limitada sujeta a las restricciones apropiadas.

### **9.3 Especificaciones para Diseño y Construcción**

**9.3.1 Designación de Tipo e Identificación.** Cada iniciador de pulso, relé, o totalizador se designará por tipo y puede también tener un número de serie u otra marca para identificarlo. Tal identificación estará marcada legiblemente en cada iniciador de pulso, relé, o totalizador.

**9.3.2 Sellado.** Iniciadores de pulso, relés, y totalizadores serán provistos con facilidades para sellado para prevenir acceso no autorizado cuando se instalen externos al vatihorímetro.

**9.3.3 Gabinetes.** Iniciadores de pulso, relés, y totalizadores, cuando se instalan fuera de los vatihorímetros, serán instalados en un gabinete. El gabinete, si se pretende utilizar para aplicación interior, se adecuará a las especificaciones de desempeño descritas en ANSI/NEMA 250-1985 [8] para gabinetes Tipo 2. Si se pretende utilizar para aplicación exterior, los gabinetes se adecuarán a las especificaciones de desempeño para gabinetes Tipo 3R descritos en la misma publicación.

**9.3.4 Marcación de Cables y Terminales.** Los cables y terminales del iniciador de pulso, relé, o totalizador estarán legiblemente numeradas o identificadas de tal manera que la identificación no pueda borrarse fácilmente. Sólo para los iniciadores de pulso, los cables serán codificados por color como sigue:

Y = amarillo

K = rojo

Z = negro

**9.3.5 Construcción y Calidad de Mano de Obra.** Iniciadores de pulso, relés, y totalizadores se construirán sustancialmente en una manera concienzuda de materiales convenientes, para lograr estabilidad del desempeño y exactitud sostenida sobre largos períodos de tiempo y sobre amplios rangos de condiciones de operación con un mínimo de mantenimiento.

### **9.3.6 Datos a Ser Impresos en Dispositivos de Pulso**

#### **9.3.6.1 Iniciador de Pulso.**

- (1) Identificación de Tipo
- (2) Índice de Salida del iniciador de pulso ( $M_p$ ,  $R/P$ , o  $P/DR$ ) (ver [Sección B2](#) de Apéndice B)
- (3) Valor asignado de tensión (no aplicable a dispositivos de pulso mecánicos)
- (4) Valor asignado de frecuencia (no aplicable a dispositivos de pulso mecánicos)
- (5) Tipo de Salida (dos hilos o tres hilos)<sup>23</sup>

#### **9.3.6.2 Amplificador de Pulso o Relé.**

- (1) Nombre del fabricante o marca registrada
- (2) Identificación de tipo
- (3) Tipo de entrada (dos hilos o tres hilos)<sup>23</sup>
- (4) Tipo de salida (dos hilos o tres hilos)<sup>23</sup>
- (5) Tensión
- (6) Frecuencia
- (7) Diagrama de alambrado

#### **9.3.6.3 Relé Totalizador**

- (1) Nombre del fabricante o marca registrada
- (2) Identificación de tipo
- (3) Índice de pulso entrada a salida
- (4) Número de elementos aditivos o sustractivos. Si ambos están presentes, cada uno debe estar claramente identificado.
- (5) Tipo de entrada (dos hilos o tres hilos)<sup>23</sup>
- (6) Tipo de salida (dos o tres hilos)
- (7) Tensión
- (8) Frecuencia

**9.3.7 Velocidad de Transmisión y Recepción.** Los iniciadores de pulso, relés, o totalizadores serán capaces de recibir pulsos o transmitir pulsos, o ambos, continuamente a su máxima velocidad de pulso.

## **9.4 Selección de Dispositivos de Pulso para pruebas de Aprobación**

**9.4.1 Muestras para Ser Representativas del Tipo Básico.** Los iniciadores de pulso, relés, o totalizadores a probar serán representativos del tipo y representarán el producto comercial promedio del fabricante.

---

<sup>23</sup> Puede omitirse cuando el espacio en la placa de datos es limitado, pero se incluirá en los datos de aplicación del fabricante.

**9.4.2 Número a Ser Probado.** Se utilizará un mínimo de dos dispositivos de un tipo para determinar la aceptabilidad del tipo.

## **9.5 Condiciones de Prueba**

**9.5.1 Pruebas a Ser Aplicadas.** Cada iniciador de pulso, relé, o totalizador se someterá a las pruebas como se especifica en 9.7, solo que aquellos que son una modificación de un tipo que ya ha sido sometido a las pruebas o seleccionado para servicios especiales pueden estar exentos de ciertas pruebas.

**9.5.2 Orden de Realización de las Pruebas.** Los ítems de cada prueba se realizarán en el orden dado.

Después de cada prueba, se permitirá un intervalo suficiente de tiempo para que el dispositivo de pulso llegue a una condición estable antes de hacer la próxima observación o prueba.

**9.5.3 Condiciones Específicas de Prueba.** Los iniciadores de pulso, relés, o totalizadores se instalarán en un soporte libre de vibración.

Todas las pruebas se harán a  $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , tensión de placa, y frecuencia asignada, a menos que se especifique de otra manera.

**9.5.4 Condición Inicial.** Los iniciadores de pulso, relés, o totalizadores se conectarán como para iniciar o recibir pulsos, o ambos, y la salida de pulso se conectará a un contador con el propósito de almacenar los pulsos totales transmitidos.

## **9.6 Reglas que Gobiernan la Aceptación de Tipos.**

**9.6.1 Reemplazos.** Reemplazos o reparaciones pueden hacerse si defectos físicos de una naturaleza menor llegan a aparecer durante las pruebas. Si, durante las pruebas, defectos significantes en diseño o fabricación llegan a aparecer, la prueba se suspenderá.

**9.6.2 Bases de Desempeño Aceptable.** Un iniciador de pulso, relé, o totalizador se considerará aceptable bajo estas especificaciones cuando todas las muestras cumplan los requisitos de 9.7.

## **9.7 Requisitos de Desempeño**

**9.7.1 Carga Mecánica.** La carga mecánica impuesta en el medidor por el iniciador de pulso estará dentro del rango de ajuste del medidor. Esta carga será tan constante como sea factible en todo el ciclo entero de operación del iniciador de pulso.

**9.7.2 Aislamiento.** La prueba de resistencia a la tensión (dieléctrico) consistirá en la aplicación de una tensión eficaz de 1.5 kV 60 Hz por 1 minuto entre partes conductoras de corriente y la armazón.

NOTA: Circuitos electrónicos de baja tensión y los terminales de pulso (KYZ) no se someterán a la prueba de aislamiento.

**9.7.3 Prueba de Desempeño.** El dispositivo de pulso se colocará en un espacio teniendo una temperatura de  $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , y se le permitirá permanecer por no menos de 2 horas con los circuitos de tensión energizados aproximadamente a tensión de placa. Esta operación se repetirá a los varios valores de temperatura mostrados en la [Tabla 9.7.3](#).

El dispositivo de pulso se operará en cada condición de prueba por un mínimo de 1 hora. Un dispositivo de pulso aceptable no ganará pero puede perder un pulso cuando todos los circuitos de pulso se energizan bajo cualesquiera condiciones de prueba en la Tabla 9.7.3 a 85%, 100%, y 110% de la tensión de placa.

**Tabla 9.7.3**  
**Prueba de Desempeño, Dispositivos de Pulso**

Condición	Punto de Prueba en Porcentaje Aproximado de la Capacidad de Pulso Asignada	Temperatura Ambiente
Condición (1)	10	23 °C ± 5 °C
Condición (2)	100	23 °C ± 5 °C
Condición (3)	10	50 °C ± 5 °C
Condición (4)	100	50 °C ± 5 °C
Condición (5)	10	-20 °C ± 5 °C
Condición (6)	100	-20 °C ± 5 °C

### 9.8 Instalación y Requisitos En Servicio

**9.8.1 Instalación.** Los requisitos de instalación como los perfilados para medidores en el [Capítulo VII](#) serán aplicables a dispositivos de pulso.

**9.8.2 Condiciones En Servicio.** Todas las conexiones estarán en tal condición como para proveer buen contacto eléctrico.

Marcas en terminales serán legibles.

No habrá evidencia de daño físico a cualquier parte mecánica o cualquier devanado.

No habrá evidencia de sobrecarga térmica en el aislamiento, contactos, terminales, u otras partes componentes.

**9.8.3 Desempeño En Servicio.** La utilización de dispositivos de pulso en un sistema de medición no agregará errores al registro de facturación de tal manera que los errores globales excedan aquellos dados en [8.2](#).

## CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO IX

- 1) En el caso de los dispositivos de pulso, al igual que en los vatihorímetros y medidores de demanda todas las pruebas para determinar su aceptabilidad se deben hacer en una infraestructura adecuada y con instrumentos de laboratorio de un orden de exactitud que garantice que la comprobación de tales dispositivos este dentro de lo especificado por las normas que lo regulan.
- 2) Estos dispositivos de pulso al ser utilizados en la medición de electricidad involucrando facturación, deben de satisfacer características eléctricas, mecánicas y de seguridad que permitan asegurarnos que los mismos trabajan correctamente y no afectarán el desempeño de los medidores a los cuales están asociados.

## CAPÍTULO X

### DISPOSITIVOS AUXILIARES PARA MEDIDORES DE ELECTRICIDAD

**10.0 Introducción.** Este capítulo trata acerca de los requisitos para declarar a los dispositivos auxiliares aceptables, también se estipula como debe ser la adecuación del laboratorio de prueba. Para los transformadores de desplazamiento de fase y compensadores de pérdida en transformador, se establecen los tipos definidos, las especificaciones para diseño y construcción, la forma de seleccionarlos para pruebas de aprobación y las condiciones que se deben tener para realizarlas, además de las bases y requisitos de desempeño, finalizando con la instalación y requisitos de desempeño.

#### 10.1 Generalidades

**10.1.1 Alcance.** Esta Capítulo incluye los requisitos normalizados, pruebas de aprobación, y métodos de prueba para dispositivos auxiliares que comúnmente se utilizan con medidores de electricidad. Incluidos en este Capítulo están:

- (1) Transformadores de desplazamiento de fase
- (2) Compensadores de pérdidas en transformador

**10.1.2 Dispositivos Auxiliares Aceptables.** Nuevos tipos de dispositivos auxiliares, para ser aceptables, deben cumplir ciertos requisitos especificados en [10.2.7](#) y [10.3.7](#), con los cuales se desea determinar su confiabilidad y exactitud aceptable a tal grado que estas cualidades puedan demostrarse por pruebas de laboratorio.

**10.1.3 Adecuación de Laboratorio de Prueba.** Las pruebas para determinar la aceptabilidad de los tipos de dispositivos auxiliares bajo estas especificaciones se harán en un laboratorio que tenga las facilidades adecuadas, usando instrumentos de un orden de exactitud como mínimo igual al de los instrumentos de taller y patrones descritos en el [Capítulo IV](#). Estos instrumentos deben verificarse contra patrones de trabajo de laboratorio antes y después de las pruebas, o más frecuentemente como se requiera. Las pruebas serán realizadas solo por personal que tenga exhaustivo conocimiento teórico y práctico y adecuado entrenamiento haciendo mediciones de precisión.

#### 10.2 Transformadores de Desplazamiento de Fase

**10.2.1 Definición.** Para la definición de un transformador de desplazamiento de fase, ver [Capítulo II](#).

**10.2.2 Tipos Definidos.** Los transformadores de desplazamiento de fase se consideran que son del mismo tipo si se producen por el mismo fabricante, llevan la misma designación de tipo del fabricante, son del mismo diseño general, y tienen la

misma relación de partes. Ellos tendrán el mismo diagrama de fasor y ser sustancialmente equivalentes en las siguientes consideraciones para ser agrupados como un tipo para pruebas de aprobación:

- (1) Voltios asignados por vuelta
- (2) Longitud, sección transversal y forma del circuito magnético
- (3) Características del material del núcleo
- (4) Arreglo de las bobinas con respecto al circuito magnético
- (5) Relación de resistencia de los devanados a tensión asignada

### **10.2.3 Especificaciones para Diseño y Construcción**

**10.2.3.1 Designación de Tipo e Identificación.** Cada transformador de desplazamiento de fase se designará por tipo y se le dará un número de serie por el fabricante. El número de serie y la designación de tipo estarán marcados legiblemente en la placa de cada transformador.

**10.2.3.2 Marcación de Cables de Derivación y Terminales.** Los terminales de transformadores de desplazamiento de fase se numerarán legiblemente de tal manera que los números no puedan borrarse fácilmente. Los números corresponderán a aquellos indicados en un diagrama de fasor conveniente, mostrando el porcentaje de tensión aplicada y el ángulo de fase entre las tensiones de entrada y salida para todas las derivaciones.

**10.2.3.3 Construcción y Calidad de Mano de Obra.** Los transformadores de desplazamiento de fase se construirán sustancialmente de manera concienzuda de material adecuado para lograr estabilidad de desempeño y exactitud continua sobre largos períodos de tiempo y sobre amplios rangos de condiciones de operación con un mínimo de mantenimiento. La cubierta se podrá sellar, broches estarán accesibles, y la cubierta se arreglará de manera tal que pueda removerse para propósitos de inspección. El transformador de desplazamiento de fase estará provisto con facilidades de montaje apropiadas de manera que puedan ser sujetados rígidamente en el lugar. Tales facilidades de montaje pueden consistir de huecos en la estructura para acomodar pernos o tornillos, o el transformador puede ser sujetado rígidamente en un contenedor teniendo facilidades de montaje adecuadas proporcionadas como parte del contenedor. Se harán provisiones para poner a tierra externamente los núcleos del transformador, si están accesibles.

**10.2.3.4 Placa de Datos.** Transformadores de desplazamiento de fase estarán provistos con placas de datos que incluirán, como mínimo, la siguiente información:

- (1) Nombre del fabricante o marca registrada
- (2) Número de serie del fabricante
- (3) Tipo de fabricante
- (4) Valores asignados de tensión
- (5) Tipo de servicio (por ejemplo, trifásico cuatro hilos en estrella)
- (6) Frecuencia

### **10.2.4 Selección de Transformadores de Desplazamiento de Fase para Pruebas de Aprobación**

**10.2.4.1 Muestras para Ser Representativas del Tipo.** Los transformadores a probar serán representativos del tipo y representarán el producto comercial típico del fabricante.

**10.2.4.2 Número a Ser Probado.** Se probarán un mínimo de dos transformadores para determinar la aceptabilidad del tipo. Cuando las muestras representando un tipo dado incluyen valores asignados de tensiones diferentes o son para diferentes tipos de servicio o para diferentes frecuencias, no habrá menos de dos transformadores de cada uno de los valores asignados de tensiones representativas o tipos de servicio.

#### **10.2.5 Condiciones de Prueba**

**10.2.5.1 Pruebas de Corriente Alterna.** Todas las pruebas de corriente alterna se realizarán en un circuito alimentado por una fuente de onda seno con un factor de distorsión no mayor de 3%.

**10.2.5.2 Orden de Realización de las Pruebas.** Los ítems de cada prueba se realizarán en el orden dado. Después de cada cambio en tensión o carga, se permitirá un intervalo de tiempo suficiente para que el transformador de desplazamiento de fase llegue a una condición estable antes de hacer la siguiente observación o prueba.

**10.2.6 Bases de Desempeño Aceptable.** Un transformador de desplazamiento de fase se considerará aceptable bajo estas especificaciones cuando todas las muestras reúnan los requisitos de 10.2.7 y los cables de derivaciones y terminales se marquen de acuerdo con el diagrama del fabricante.

#### **10.2.7 Requisitos de Desempeño**

**10.2.7.1 Aislamiento.** La prueba de resistencia de tensión (dieléctrico) consistirá de la aplicación de una tensión eficaz de 2.5 kV, 60 Hz por 1 minuto entre los devanados y el núcleo, con el último conectado a la caja aterrizada.

**10.2.7.2 Prueba No 1: Desempeño.** Pruebas de exactitud se ejecutarán de acuerdo a los métodos descritos en 10.2.7.2.1 y 10.2.7.2.2.

**10.2.7.2.1 Prueba Polifásica.** Con tensión polifásica asignada balanceada aplicada a los terminales de entrada y cargas de 12.5 VA a factor de potencia 0.1 conectado a los terminales de salida correspondientes para el desplazamiento de fase, se medirán todas las tensiones de entrada y salida. Transformadores de desplazamiento de fase teniendo más de un valor asignado de carga se probarán a cada carga asignada. La tolerancia permitida de la tensión de salida será entre  $\pm 1.0\%$  en términos de la tensión de salida.

**10.2.7.2.2 Prueba Monofásica.** Con tensión aproximadamente asignada aplicada a los terminales de entrada y sin cargas conectadas a los terminales de derivaciones, se medirán todas las derivaciones de tensión. Las magnitudes de las tensiones medidas, convertidas a porcentaje de tensión de entrada, estarán dentro de  $\pm 1.0\%$  de los valores teóricos dados en los datos publicados por el fabricante, los cuales incluyen diagramas de fasor y de alambreado apropiados.

**10.2.7.3 Prueba N° 2: Incremento de Temperatura.** La prueba de incremento de temperatura se realizará a tensión asignada máxima y a cargas de 12.5 VA a factor de potencia 0.1 o a las cargas máximas asignadas. Esta prueba se realizará en la manera perfilada para transformadores de medida en ANSI/IEEE C57.13 – 1978[4]. Los valores así obtenidos no excederán el incremento de temperatura permitido para la clase de aislamiento empleado.

### **10.2.8 Instalación y Requisitos En Servicio**

**10.2.8.1 Instalación.** Los requisitos generales para instalación de medidores que se perfilaron en el [Capítulo VII](#) serán normalmente aplicados para transformadores de desplazamiento de fase.

**10.2.8.2 Condiciones En Servicio.** Los terminales de conexión estarán en una condición tal que provean un buen contacto eléctrico. Los números de los terminales serán claramente visibles. No habrá ninguna evidencia de daño físico a los interruptores o alambrado interno. No habrá ninguna evidencia de sobrecarga térmica en el aislamiento, interruptores, terminales, etc.

**10.2.8.3 Desempeño En Servicio.** Los valores de tensión de salida en términos del porcentaje de tensión de entrada estarán dentro de  $\pm 2.0\%$  para cuando se prueben bajo las condiciones de [10.2.7.2](#)

Los transformadores de desplazamiento de fase devueltos al laboratorio reunirán las especificaciones originales, excepto que la prueba de resistencia de tensión se hará a 1.5 kV.

### **10.3 Compensadores de Pérdida en Transformador**

**10.3.1 Definición.** Para una definición de compensadores de pérdida en transformadores, ver [Capítulo II](#).

#### **10.3.2 Tipos Definidos**

**10.3.2.1 Definición de Tipo.** Los compensadores de pérdida en transformador se consideran que son del mismo tipo si ellos se producen por el mismo fabricante, llevan la misma designación de tipo del fabricante, son del mismo diseño general, y tienen la misma relación de partes.

**10.3.2.2 Variaciones Dentro del Tipo.** Los compensadores de pérdida en transformador se consideran que son de tres tipos generales:

- (1) Compensadores de un solo elemento son destinados para usar con un medidor monofásico, o para conectar a un estator de un medidor de estator múltiple para usar en un circuito polifásico balanceado.
- (2) Compensadores de dos elementos son destinados para usar con un medidor de dos estatores en cargas balanceadas o desbalanceadas con cualquier tipo de servicio para el cual el medidor puede ser destinado.
- (3) Compensadores de tres elementos son destinados para usar con un medidor de tres estatores conectado a cargas balanceadas o desbalanceadas.

#### **10.3.3 Especificaciones para Diseño y Construcción**

**10.3.3.1 Designación de Tipo e Identificación.** Cada compensador de pérdida en transformador se designará por tipo y se le dará un número de serie por el fabricante. El número de serie y la designación de tipo se marcará legiblemente en la placa de datos de cada compensador de pérdida en transformador.

**10.3.3.2 Construcción y Calidad de Mano de Obra.** El compensador de pérdida en transformador será sustancialmente construido de manera concienzuda de material adecuado para lograr estabilidad de desempeño y exactitud sostenida sobre largos períodos de tiempo y sobre rangos amplios de condiciones de operación con un mínimo de mantenimiento. El compensador de pérdida en transformador estará provisto con facilidades de montaje adecuadas para que pueda sujetarse rígidamente en el lugar.

**10.3.3.3 Marcación de Terminales.** Los terminales de los compensadores de pérdida en transformador se marcarán legiblemente para identificar los circuitos de tensión y corriente de tal manera que las designaciones corresponderán a los diagramas de conexión normalizados del fabricante.

**10.3.3.4 Placa de Datos.** Los compensadores de pérdida en transformador serán provistos con placas de datos que incluirán, como mínimo, la siguiente información:

- (1) Nombre del fabricante o marca registrada
- (2) Número de serie del fabricante
- (3) Número de estatores del medidor para el cual el compensador es destinado
- (4) Tensión
- (5) Frecuencia

**10.3.3.5 Cubierta.** La cubierta se podrá sellar, y los broches estarán accesibles.

### **10.3.4 Selección de Compensadores de Pérdida en Transformador para Prueba de Aprobación**

**10.3.4.1 Muestras para Ser Representativas del Tipo.** Cualquier compensador de pérdida en transformador sometido a prueba será representativo de su tipo y representará el producto comercial típico del fabricante.

**10.3.4.2 Número a Ser Probado.** Se probará un mínimo de dos dispositivos de un tipo para determinar la aceptabilidad del tipo.

### **10.3.5 Condiciones de Prueba**

**10.3.5.1 Fuente de Corriente Alterna.** Todas las pruebas de corriente alterna se realizarán en un circuito alimentado por una fuente de onda seno con un factor de distorsión no mayor de 3%.

**10.3.5.2 Orden de Realización de las Pruebas.** Las pruebas en los compensadores de pérdida en transformador se realizarán en el orden perfilado en 10.3.7.

**10.3.6 Bases de Desempeño Aceptables.** Un compensador de pérdida en transformador se considerará aceptable bajo estas especificaciones cuando satisfaga cada uno de los siguientes requisitos:

- (1) Pasará las pruebas de resistencia de tensión (dieléctrico) como se especifica en 10.3.7.1
- (2) El porcentaje de registro de pérdida más carga, relacionado a los valores correctos deseados, estará dentro de los límites dados en 10.3.7 para todas las pruebas.
- (3) Los terminales se marcarán conforme al diagrama del fabricante.

### **10.3.7 Requisitos de Desempeño**

**10.3.7.1 Aislamiento.** La prueba de resistencia de tensión (dieléctrico) consistirá de la aplicación de una tensión eficaz de 2.5 kV a 60 Hz entre todos los devanados del compensador de pérdida en transformador y una placa de metal aterrizada sobre la cual el compensador esta instalado.

**10.3.7.2 Operaciones Preliminares.** El compensador se conectará a un medidor adecuado que ha sido calibrado para leer correctamente a carga leve, carga elevada, y carga inductiva, y si el medidor es de un tipo estator múltiple, su balance de estator estará dentro de los límites aceptables especificados en 5.1.8.1. A lo largo de las pruebas, no se hará ningún ajuste adicional en el medidor.

El compensador se ajustará para neutralizar los efectos de tensión – corriente de los estatores del medidor de acuerdo con las instrucciones del fabricante. El mismo medidor se utilizará con el compensador a lo largo de las pruebas.

El compensador se ajustará para pérdidas en hierro en vatios igual a 1% del valor secundario asignado del medidor. Para propósitos de estas pruebas, el valor asignado del medidor se define como el producto de la tensión asignada del medidor, el valor secundario asignado de los transformadores de intensidad para el cual el transformador está diseñado, y el número de elementos del compensador (es decir, para medidores de 120 V, 600 VA para un medidor de estator sencillo, 1200 VA para un medidor de dos estatores, y 1800 VA para un medidor de tres estatores). Como el ajuste de pérdida en el hierro se hace a 10% de la corriente asignada, el ajuste correcto del compensador para esta pérdida causará que el medidor opere al 110% del registro.

Los elementos de pérdidas de cobre del compensador se ajustarán para 5% de pérdidas en el cobre a valor asignado del medidor sobre cada elemento del compensador. A lo largo de todas las pruebas restantes, no se hará ningún ajuste adicional sobre el compensador.

El desempeño deseado en las pruebas siguientes se basa en compensación para pérdidas en el cobre de acuerdo con el cuadrado de la corriente y en la variación de pérdidas en el hierro de acuerdo con el cuadrado de la tensión.

Si los compensadores de pérdida en transformador bajo prueba están diseñados para usar con medidores de estator múltiple, la prueba descrita en 10.3.7.3 puede hacerse con los estatores del medidor y elementos del compensador de pérdida conectados en serie, de acuerdo con conexiones normalizadas del fabricante.

**10.3.7.3 Prueba N° 1: Efecto en Registro por Variación de Corriente en Pérdidas de Cobre.** La prueba se hará a tensión de placa, frecuencia asignada, y con factor de potencia de carga de 1.0. La compensación de pérdida en hierro se desconectará para esta prueba. El efecto en registro por pérdida en cobre no se desviará del desempeño deseado del medidor con compensador por una cantidad que exceda la especificada en Tabla 10.3.7.3

**Tabla 10.3.7.3**  
**Efecto de Variación de Corriente,**  
**Compensadores de Pérdida en Transformadores**

Condición	Porcentaje de Corriente Asignada	Porcentaje de Registro del Medidor sin Compensador*	Porcentaje de Registro Deseado del Medidor con Compensador	Desviación Porcentual Máxima Respecto al Registro Deseado
Condición(1)	10	100	100.5	± 3.0
Condición(2)	20	100	101.0	± 3.0
Condición(3)	50	100	102.5	± 3.0
Condición(4)	100	100	105.0	± 3.0
Condición(5)	150	100	107.5	± 3.0
Condición(6)	200	100	110.0	± 3.0

\* Aunque el medidor no debería ajustarse para cada lectura, deberían hacerse correcciones por cualquier desviación de 100.0% del medidor sin el compensador cuando se determina la desviación del desempeño deseado.

**10.3.7.4 Prueba N° 2: Efecto en Registro por Variación de Carga en Pérdida Total.** La prueba se hará a tensión de calibración, frecuencia asignada, y con factor de potencia de carga de 1.0. Ambas compensaciones, para pérdida en hierro y para pérdida en cobre, se incluirán en ésta y en las siguientes pruebas.

El efecto en registro por pérdida no se desviará del desempeño deseado del medidor con compensador por una cantidad que exceda la especificada en la Tabla 10.3.7.4

**Tabla 10.3.7.4**  
**Efecto de Variación de Carga a Factor de Potencia Unitario,**  
**Compensadores de Pérdida en Transformador**

Condición	Porcentaje de Corriente Asignada	Porcentaje de Registro del Medidor sin Compensador*	Porcentaje de Registro Deseado del Medidor con Compensador	Desviación Porcentual Máxima Respecto al Registro Deseado
Condición(1)	10	100	110.5	± 3.0
Condición(2)	20	100	106.0	± 3.0
Condición(3)	50	100	104.5	± 3.0
Condición(4)	100	100	106.0	± 3.0
Condición(5)	150	100	108.2	± 3.0
Condición(6)	200	100	110.5	± 3.0

\* Aunque el medidor no debería ajustarse para cada lectura, deberían hacerse correcciones por cualquier desviación de 100.0% del medidor sin el compensador cuando se determina la desviación del desempeño deseado

**10.3.7.5 Prueba N° 3: Efecto en Registro por Variación de Carga en Pérdida a Factor de Potencia en Atraso.** La prueba se hará a factor de potencia 0.5 en atraso. Ambas compensaciones, para pérdida en hierro y para pérdida en cobre incluirán: NOTA: En comprobación de compensadores de pérdida es importante que el factor de potencia sea exacto. Esto es debido a que el desempeño deseado del compensador varía con el factor de potencia bajo el cual se hace la prueba.

El efecto en registro por pérdida no se desviará del desempeño deseado del medidor con compensador por una cantidad que exceda la especificada en la Tabla 10.3.7.5.

**Tabla 10.3.7.5**  
**Efecto de Variación de Carga a Factor de Potencia en Atraso,**  
**Compensadores de Pérdida en Transformador**

Condición	Porcentaje de Corriente Asignada	Porcentaje de Registro del Medidor sin Compensador*	Porcentaje de Registro Deseado del Medidor con Compensador	Desviación Porcentual Máxima Respecto al Registro Deseado
Condición(1)	10	100	121.5	± 3.0
Condición(2)	20	100	112.0	± 3.0
Condición(3)	50	100	109.0	± 3.0
Condición(4)	100	100	112.0	± 3.0
Condición(5)	150	100	116.3	± 3.0
Condición(6)	200	100	121.0	± 3.0

\* Aunque el medidor no debería ajustarse para cada lectura, deberían hacerse correcciones por cualquier desviación de 100.0% del medidor sin el compensador cuando se determina la desviación del desempeño deseado.

**10.3.7.6 Prueba N° 4: Efecto en Registro por Variación de Tensión en Pérdida.** La prueba se hará a 10% y 100% de corriente asignada, frecuencia asignada, y con factor de potencia de carga de 1.0.

El efecto en registro por pérdida no se desviará del desempeño deseado del medidor con compensador por una cantidad que exceda la especificada en la Tabla 10.3.7.6.

**Tabla 10.3.7.6**  
**Efecto de Variación de Tensión, Compensadores de Pérdida en Transformador**

Condición	Porcentaje de Tensión de Calibración	Porcentaje de Corriente de Corriente Asignada	Porcentaje de Registro del Medidor sin Compensador*	Porcentaje de Registro Deseado del Medidor con Compensador	Desviación Porcentual Máxima Respecto al Registro Deseado
Condición(1)	100	10	100	110.5	± 3.0
Condición(2)	110	10	100	111.5	± 3.0
Condición(3)	90	10	100	109.5	± 3.0
Condición(4)	100	100	100	106.0	± 3.0
Condición(5)	110	100	100	106.1	± 3.0
Condición(6)	90	100	100	105.9	± 3.0

\* Aunque el medidor no debería ajustarse para cada lectura, deberían hacerse correcciones por cualquier desviación de 100.0% del medidor sin el compensador cuando se determina la desviación del desempeño deseado

**10.3.7.7 Prueba N° 5: Incremento de Temperatura.** La prueba de incremento de temperatura se realizará a corriente asignada, tensión de placa, y factor de potencia de 1.0, con el compensador ajustado de acuerdo con 10.3.7.2. El incremento de temperatura se determinará por medición después que el compensador ha estado en operación continua por 6 horas. Los valores así obtenidos de esta manera no excederán el incremento de temperatura permitido para la clase de aislamiento empleado en las diversas partes.

### **10.3.8 Instalación y Requisitos en Servicio**

**10.3.8.1 Instalación.** Los requisitos generales para instalación de medidores así como se perfilaron en el [Capítulo VII](#) serán normalmente aplicados a compensadores de pérdida en transformador. Ellos se instalarán para facilitar la inspección en servicio, prueba, y calibración.

**10.3.8.2 Condiciones En Servicio.** Las conexiones de terminales estarán en tal condición que proporcionen un buen contacto eléctrico. Las designaciones de terminales serán claramente visibles.

No habrá ninguna evidencia de daño físico a partes que lo componen, sus ajustes, o alambrado interior.

No habrá ninguna evidencia de sobrecarga térmica en el aislamiento, resistores, terminales, etc.

**10.3.8.3 Desempeño En Servicio.** Compensadores de pérdida en transformador se probarán en la misma agenda y al mismo tiempo que los medidores con los que ellos están asociados.

Las pruebas en servicio de compensadores de pérdida en transformador se harán a los puntos de prueba de servicio normales del medidor. Desviaciones del desempeño determinadas de acuerdo con [10.3.7](#) relacionadas al desempeño deseado para la instalación no excederán  $\pm 0.3\%$

Los compensadores de pérdida en transformador devueltos al laboratorio reunirán las especificaciones originales excepto que la prueba de resistencia de tensión eficaz se hará a 1.5 kV.

## CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO X

- 1) Cuando se tiene el caso de dispositivos auxiliares, se debe de cumplir que todas las pruebas para determinar su aceptabilidad se realicen dentro de un laboratorio con condiciones e instrumentos adecuados.
- 2) Cuando se van a utilizar dispositivos auxiliares en las mediciones de electricidad que involucren facturación, al igual que los dispositivos de pulso, deben satisfacer una serie de características que permitan asegurarnos que dichos dispositivos trabajan correctamente y no alterarán el desempeño de los medidores con los cuales ellos están asociados.

## Apéndices

( Estos Apéndices no son parte de ANSI C12.1-1988, *American National Standard Code for Electricity Metering*)

### Apéndice A

## Aplicación De Factores de Corrección de Transformadores de Medida

### A1. Generalidades

Como se estableció en 6.1 de esta norma, errores por transformador pueden obviarse en la calibración del medidor si los transformadores de medida se utilizan conforme a los límites de clase de exactitud de 0.3 con la carga secundaria actual.

Las cartas de prueba del transformador de medida muestran el factor de corrección de relación (RCF) y el ángulo de fase de los transformadores en minutos, positivos o negativos. Cuando el factor de corrección de relación y ángulo de fase de un transformador de medida o grupo de transformadores de medida a ser utilizados con un vatímetro se conocen, puede hacerse una determinación del ajuste requerido del medidor ya sea por el uso de nomograma en Fig. A1 o por el uso de fórmulas o datos en Tablas A1 y A2.

### A2. Nomograma

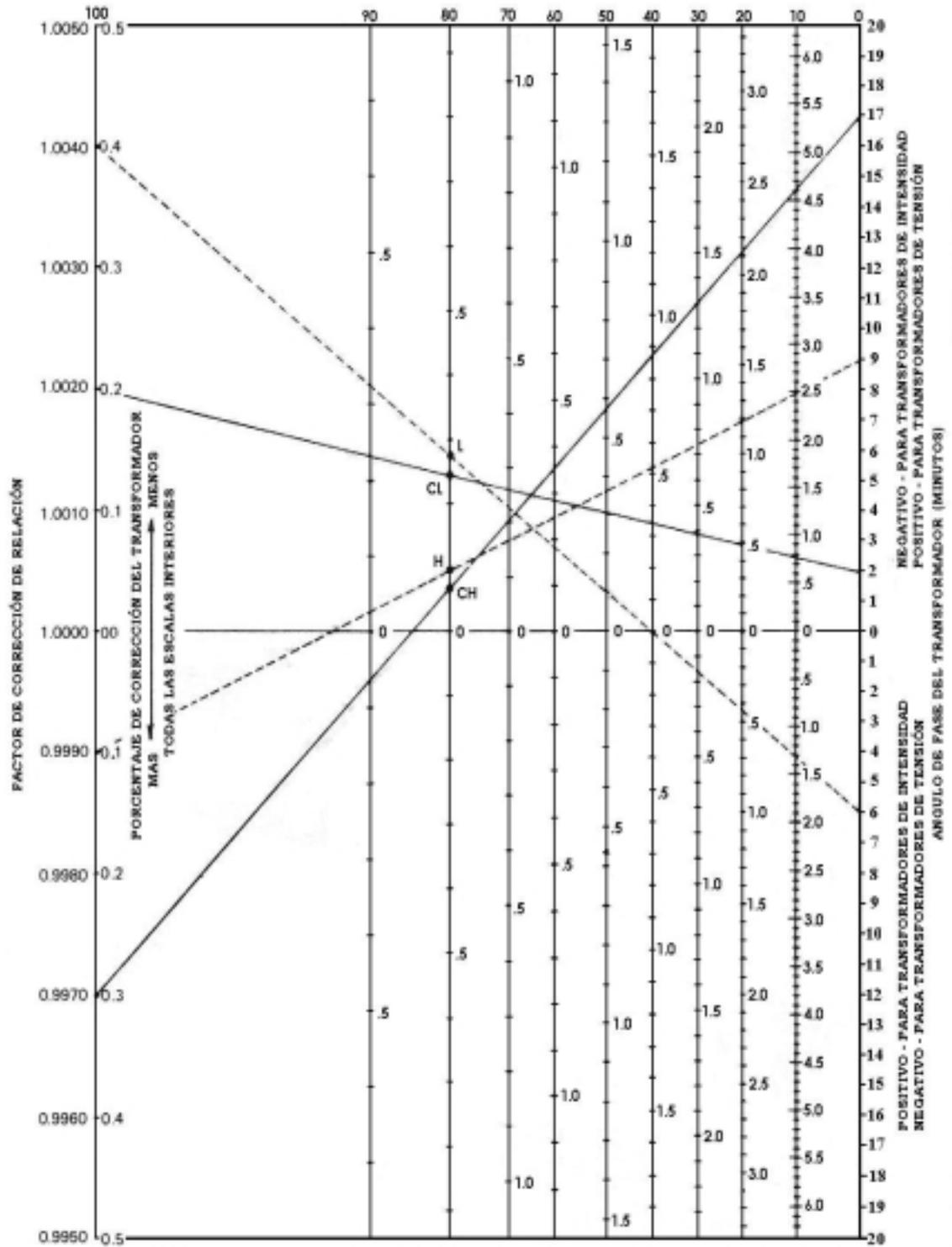
**A2.1 Transformadores de Intensidad.** Para un medidor con transformador asignado sólo con transformadores de intensidad, las correcciones promedio por transformador pueden obtenerse como sigue:

- (1) Calcular el RCF promedio de todos los transformadores de intensidad conectados al medidor para carga elevada y para carga leve.

EJEMPLO 1:

	Factor de Corrección de Relación	
	Carga Elevada	Carga Leve
CT No 1	1.0026	1.0072
CT No 2	0.9966	1.0064
CT No 3	0.9978	0.9984
RCF Promedio	0.9990	1.0040

PORCENTAJE DEL FACTOR DE POTENCIA DE CARGA (EN ATRASO)\*



\*LA CARTA PUEDE UTILIZARSE PARA FACTORES DE POTENCIA DE CARGA EN ADELANTO SIEMPRE QUE, LOS SIGNOS ALOMBRACION DE LOS ANGULOS DE FASE DEL TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD Y TENSION SE CONSIDEREN INVERTIDOS

Fig A1

CARTA DE CORRECCIÓN PARA TRANSFORMADORES DE MEDIDA

**Tabla A1**  
**Factores de Corrección (cos  $\theta$ /cos  $\theta_2$ )\* para Ángulo de Fase, para Corriente en Atraso cuando ( $\beta - \gamma$ ) es Positivo o para Corriente en Adelanto cuando ( $\beta - \gamma$ ) es Negativo**

Angulo de Fase ( $\beta - \gamma$ )	FACTOR DE POTENCIA APARENTE (cos $\theta_2$ )													
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.99	1.00
5°	0.9855	0.9904	0.9929	0.9944	0.9954	0.9967	0.9975	0.9981	0.9985	0.9989	0.9993	0.9995	0.9998	1.0000
10°	0.9711	0.9808	0.9857	0.9887	0.9907	0.9933	0.9950	0.9961	0.9970	0.9978	0.9986	0.9990	0.9996	1.0000
15°	0.9566	0.9712	0.9786	0.9831	0.9861	0.9900	0.9924	0.9942	0.9955	0.9967	0.9979	0.9986	0.9994	1.0000
20°	0.9421	0.9616	0.9715	0.9775	0.9815	0.9867	0.9899	0.9922	0.9940	0.9956	0.9972	0.9981	0.9992	1.0000
25°	0.9276	0.9520	0.9643	0.9718	0.9768	0.9833	0.9874	0.9903	0.9926	0.9945	0.9965	0.9976	0.9980	1.0000
30°	0.9131	0.9424	0.9572	0.9662	0.9722	0.9800	0.9848	0.9883	0.9911	0.9934	0.9957	0.9971	0.9987	1.0000
40°	0.8842	0.9232	0.9429	0.9549	0.9629	0.9733	0.9798	0.9844	0.9881	0.9912	0.9943	0.9961	0.9983	0.9999
50°	0.8552	0.9040	0.9286	0.9436	0.9536	0.9666	0.9747	0.9805	0.9851	0.9800	0.9929	0.9951	0.9978	0.9999
1° 0'	0.8262	0.8848	0.9143	0.9323	0.9444	0.9599	0.9696	0.9766	0.9820	0.9868	0.9914	0.9941	0.9974	0.9998
10'	0.7972	0.8656	0.9000	0.9209	0.9350	0.9531	0.9645	0.9726	0.9790	0.9845	0.9899	0.9931	0.9969	0.9998
20'	0.7682	0.8464	0.8857	0.9096	0.9257	0.9464	0.9594	0.9687	0.9760	0.9823	0.9885	0.9921	0.9964	0.9997
30'	0.7393	0.8271	0.8714	0.8983	0.9164	0.9397	0.9543	0.9648	0.9730	0.9800	0.9870	0.9911	0.9959	0.9997
40'	0.7102	0.8079	0.8571	0.8869	0.9071	0.9329	0.9492	0.9608	0.9699	0.9778	0.9855	0.9900	0.9954	0.9996
50'	0.6812	0.7886	0.8428	0.8750	0.8978	0.9262	0.9441	0.9568	0.9668	0.9755	0.9840	0.9890	0.9949	0.9995
2° 0'	0.6521	0.7694	0.8234	0.8642	0.8884	0.9194	0.9389	0.9529	0.9638	0.9732	0.9825	0.9879	0.9944	0.9994
10'	0.6231	0.7501	0.8141	0.8529	0.8791	0.9127	0.9338	0.9480	0.9607	0.9709	0.9810	0.9869	0.9939	0.9993
20'	0.5941	0.7308	0.7997	0.8415	0.8697	0.9059	0.9287	0.9449	0.9576	0.9686	0.9795	0.9853	0.9934	0.9992
30'	0.5650	0.7115	0.7854	0.8301	0.8603	0.8991	0.9235	0.9409	0.9545	0.9663	0.9779	0.9847	0.9928	0.9990
40'	0.5360	0.6923	0.7710	0.8187	0.8510	0.8923	0.9183	0.9369	0.9515	0.9640	0.9764	0.9836	0.9923	0.9989
50'	0.5069	0.6730	0.7566	0.8073	0.8416	0.8855	0.9132	0.9329	0.9483	0.9617	0.9748	0.9825	0.9917	0.9988
3° 0'	0.4779	0.6537	0.7422	0.7959	0.8322	0.8787	0.9080	0.9288	0.9452	0.9594	0.9733	0.9814	0.9912	0.9986
10'	0.4488	0.6344	0.7279	0.7845	0.8228	0.8719	0.9028	0.9248	0.9421	0.9570	0.9717	0.9803	0.9906	0.9985
20'	0.4198	0.6151	0.7135	0.7731	0.8134	0.8651	0.8976	0.9208	0.9390	0.9547	0.9701	0.9792	0.9900	0.9983
30'	0.3907	0.5957	0.6991	0.7617	0.8040	0.8582	0.8924	0.9167	0.9359	0.9523	0.9686	0.9781	0.9894	0.9981
40'	0.3616	0.5764	0.6847	0.7503	0.7946	0.8514	0.8872	0.9127	0.9327	0.9500	0.9670	0.9769	0.9888	0.9980
50'	0.3326	0.5571	0.6702	0.7388	0.7852	0.8446	0.8820	0.9086	0.9296	0.9476	0.9654	0.9758	0.9882	0.9978
4° 0'	0.3035	0.5378	0.6558	0.7274	0.7758	0.8377	0.8767	0.9046	0.9264	0.9452	0.9638	0.9746	0.9876	0.9976
10'	0.2744	0.5185	0.6414	0.7160	0.7663	0.8309	0.8715	0.9005	0.9232	0.9429	0.9622	0.9735	0.9870	0.9974
20'	0.2453	0.4901	0.6270	0.7045	0.7569	0.8240	0.8663	0.8964	0.9201	0.9405	0.9605	0.9723	0.9864	0.9971
30'	0.2163	0.4798	0.6125	0.6930	0.7474	0.8171	0.8610	0.8923	0.9169	0.9381	0.9589	0.9711	0.9857	0.9969
40'	0.1872	0.4604	0.5981	0.6816	0.7380	0.8103	0.8558	0.8882	0.9137	0.9357	0.9573	0.9699	0.9851	0.9967
50'	0.1581	0.4411	0.5837	0.6701	0.7285	0.8034	0.8505	0.8841	0.9105	0.9333	0.9556	0.9687	0.9844	0.9964
5° 0'	0.1290	0.4217	0.5692	0.6586	0.7191	0.7965	0.8452	0.8800	0.9073	0.9308	0.9540	0.9675	0.9838	0.9962
10'	0.0999	0.4024	0.5548	0.6472	0.7096	0.7896	0.8400	0.8759	0.9041	0.9284	0.9523	0.9663	0.9831	0.9959
20'	0.0708	0.3830	0.5403	0.6357	0.7001	0.7827	0.8347	0.8717	0.9008	0.9260	0.9507	0.9651	0.9824	0.9957

\*  $\frac{\cos \theta}{\cos \theta_2}$  puede también escribirse  $\frac{\cos(\theta_2 + \beta - \gamma)}{\cos \theta_2}$

La interpolación para factores de corrección correspondientes a valores de ( $\beta - \gamma$ ) encontrándose entre aquellos dados en la tabla puede hacerse sin error. Interpolación para factores de corrección correspondientes a valores de  $\cos \theta_2$  encontrándose entre aquellos dados en la tabla puede hacerse sin exceder un error de 0.0010 en las secciones de la tabla encontrándose entre las líneas negras repintadas: fuera de estas secciones, y en todos los casos donde los valores adyacentes de  $\cos \theta_2$  están separados por las líneas negras repintadas, el error máximo en interpolación excederá 0.0010.

**Tabla A2**  
**Factores de Corrección ( $\cos \theta / \cos \theta_2$ )\* para Ángulo de Fase, para Corriente en Atraso cuando ( $\beta - \gamma$ ) es Negativo o para Corriente en Adelanto cuando ( $\beta - \gamma$ ) es Positivo**

Angulo de Fase ( $\beta - \gamma$ )	FACTOR DE POTENCIA APARENTE ( $\cos \theta_2$ )													
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.99	1.00
5°	1.0145	1.0096	1.0071	1.0056	1.0046	1.0033	1.0025	1.0019	1.0015	1.0011	1.0007	1.0005	1.0002	1.0000
10°	1.0289	1.0192	1.0142	1.0113	1.0092	1.0067	1.0050	1.0039	1.0030	1.0022	1.0014	1.0010	1.0004	1.0000
15°	1.0434	1.0288	1.0214	1.0169	1.0139	1.0100	1.0075	1.0058	1.0044	1.0033	1.0021	1.0014	1.0006	1.0000
20°	1.0579	1.0383	1.0285	1.0225	1.0185	1.0133	1.0101	1.0077	1.0059	1.0043	1.0028	1.0019	1.0008	1.0000
25°	1.0723	1.0479	1.0356	1.0281	1.0231	1.0166	1.0126	1.0097	1.0074	1.0054	1.0035	1.0024	1.0010	1.0000
30°	1.0868	1.0575	1.0427	1.0338	1.0277	1.0200	1.0151	1.0116	1.0089	1.0065	1.0042	1.0028	1.0012	1.0000
40°	1.1157	1.0766	1.0569	1.0450	1.0369	1.0266	1.0201	1.0154	1.0118	1.0087	1.0056	1.0038	1.0016	1.9999
50°	1.1446	1.0958	1.0711	1.0562	1.0461	1.0332	1.0251	1.0193	1.0147	1.0108	1.0069	1.0047	1.0020	1.9999
1° 0'	1.1735	1.1149	1.0853	1.0674	1.0553	1.0398	1.0301	1.0231	1.0177	1.0129	1.0083	1.0056	1.0023	1.9998
10'	1.2024	1.1340	1.0995	1.0787	1.0645	1.0464	1.0351	1.0269	1.0206	1.0151	1.0097	1.0065	1.0027	1.9998
20'	1.2313	1.1531	1.1137	1.0898	1.0737	1.0530	1.0400	1.0308	1.0235	1.0172	1.0110	1.0074	1.0030	1.9997
30'	1.2601	1.1722	1.1279	1.1010	1.0829	1.0596	1.0450	1.0346	1.0264	1.0193	1.0123	1.0083	1.0034	1.9997
40'	1.2890	1.1913	1.1421	1.1122	1.0921	1.0662	1.0500	1.0384	1.0292	1.0214	1.0137	1.0091	1.0037	1.9996
50'	1.3178	1.2104	1.1562	1.1234	1.1012	1.0728	1.0549	1.0421	1.0321	1.0235	1.0150	1.0100	1.0040	1.9995
2° 0'	1.3466	1.2294	1.1704	1.1346	1.1104	1.0794	1.0598	1.0459	1.0350	1.0256	1.0163	1.0109	1.0044	1.9994
10'	1.3755	1.2485	1.1845	1.1457	1.1195	1.0859	1.0648	1.0497	1.0379	1.0276	1.0176	1.0117	1.0047	1.9993
20'	1.4043	1.2675	1.1986	1.1569	1.1286	1.0925	1.0697	1.0535	1.0407	1.0297	1.0189	1.0126	1.0050	1.9992
30'	1.4331	1.2866	1.2127	1.1680	1.1377	1.0990	1.0746	1.0572	1.0435	1.0318	1.0202	1.0134	1.0053	1.9990
40'	1.4618	1.3056	1.2268	1.1791	1.1469	1.1055	1.0795	1.0610	1.0464	1.0338	1.0215	1.0142	1.0055	1.9989
50'	1.4906	1.3246	1.2409	1.1902	1.1560	1.1120	1.0844	1.0647	1.0492	1.0359	1.0227	1.0150	1.0058	1.9988
3° 0'	1.5194	1.3436	1.2550	1.2013	1.1650	1.1185	1.0893	1.0684	1.0520	1.0379	1.0240	1.0158	1.0061	1.9986
10'	1.5481	1.3626	1.2691	1.2124	1.1741	1.1250	1.0942	1.0721	1.0548	1.0399	1.0252	1.0166	1.0063	1.9985
20'	1.5768	1.3816	1.2832	1.2235	1.1832	1.1315	1.0990	1.0758	1.0576	1.0419	1.0265	1.0174	1.0066	1.9983
30'	1.6056	1.4005	1.2972	1.2346	1.1923	1.1380	1.1039	1.0795	1.0604	1.0439	1.0277	1.0182	1.0068	1.9981
40'	1.6343	1.4195	1.3113	1.2456	1.2013	1.1445	1.1087	1.0832	1.0632	1.0459	1.0289	1.0190	1.0071	1.9980
50'	1.6630	1.4384	1.3253	1.2567	1.2103	1.1509	1.1136	1.0869	1.0660	1.0479	1.0301	1.0197	1.0073	1.9978
4° 0'	1.6916	1.4573	1.3393	1.2677	1.2194	1.1574	1.1184	1.0906	1.0687	1.0499	1.0313	1.0205	1.0075	1.9976
10'	1.7203	1.4763	1.3533	1.2788	1.2284	1.1638	1.1232	1.0942	1.0715	1.0519	1.0325	1.0212	1.0077	1.9974
20'	1.7489	1.4952	1.3673	1.2898	1.2374	1.1703	1.1280	1.0979	1.0742	1.0538	1.0337	1.0220	1.0079	1.9971
30'	1.7776	1.5141	1.3813	1.3008	1.2464	1.1767	1.1328	1.1015	1.0770	1.0558	1.0349	1.0227	1.0081	1.9969
40'	1.8062	1.5329	1.3953	1.3118	1.2554	1.1831	1.1376	1.1052	1.0797	1.0577	1.0361	1.0234	1.0083	1.9967
50'	1.8348	1.5518	1.4092	1.3228	1.2644	1.1895	1.1424	1.1088	1.0824	1.0596	1.0373	1.0241	1.0085	1.9964
5° 0'	1.8634	1.5707	1.4232	1.3337	1.2733	1.1959	1.1472	1.1124	1.0851	1.0616	1.0384	1.0248	1.0086	1.9962
10'	1.8920	1.5895	1.4371	1.3447	1.2823	1.2023	1.1519	1.1160	1.0878	1.0635	1.0396	1.0255	1.0088	1.9959
20'	1.9205	1.6083	1.4510	1.3557	1.2912	1.2086	1.1567	1.1196	1.0905	1.0654	1.0407	1.0262	1.0089	1.9957

\*  $\frac{\cos \theta}{\cos \theta_2}$  puede también escribirse  $\frac{\cos(\theta_2 + \beta - \gamma)}{\cos \theta_2}$

La interpolación para factores de corrección correspondientes a valores de ( $\beta - \gamma$ ) encontrándose entre aquellos dados en la tabla puede hacerse sin error. Interpolación para factores de corrección correspondientes a valores de  $\cos \theta_2$  encontrándose entre aquellos dados en la tabla puede hacerse sin exceder un error de 0.0010 en las secciones de la tabla encontrándose entre las líneas negras repintadas: fuera de estas secciones, y en todos los casos donde los valores adyacentes de  $\cos \theta_2$  están separados por las líneas negras repintadas, el error máximo en interpolación excederá 0.0010.

- (2) Calcular el ángulo de fase promedio algebraico para carga elevada y para carga leve.

EJEMPLO 2:

		Ángulo de Fase	
		Carga Elevada	Carga Leve
CT No 1		+ 1'	+ 25'
CT No 2		- 13'	- 3'
CT No 3		- 15'	- 4'
Ángulo de Fase Promedio		- 9'	+ 6'

- (3) Obtener las correcciones por transformador promedio a carga elevada y carga leve por medio del uso del nomograma en Fig. A1, como sigue:

- (a) Carga Elevada. Colocar una regla a través de la carta a fin de que intercepte el extremo de la escala vertical en el lado izquierdo en el valor RCF promedio (0.999) e intercepte el extremo de la escala vertical en el lado derecho en la figura representando el valor de ángulo de fase promedio (- 9'). La corrección a aplicar al medidor es el valor obtenido de donde esta línea intercepta la línea vertical representando el factor de potencia de la carga. Por ejemplo la corrección a aplicar al registro de medidor se muestra que es - 0.1% para factor de potencia 0.8 en atraso (punto H).
- (b) Carga Leve. Utilizando el valor de RCF promedio (1.0040) y el valor de ángulo de fase promedio (+ 6'), obtener la corrección a aplicar al registro del medidor para carga leve siguiendo el mismo procedimiento como para carga elevada. Por ejemplo, la corrección a aplicar al registro del medidor se muestra que es - 0.3% para factor de potencia de 0.8 en atraso (punto L).

NOTA: El nomograma en Fig. A1 puede utilizarse cuando los factores de corrección de relación y ángulo de fase están dentro de  $\pm 0.5\%$  y  $\pm 20$  minutos uno del otro para:

- (1) transformadores de intensidad, o
- (2) transformadores de tensión.

Sólo para transformadores de intensidad, valores de ángulo de fase negativo se encuentran arriba de la línea central, y valores positivos de ángulo de fase abajo.

**A2.2 Transformadores de Intensidad y Tensión.** Para un medidor con transformador asignado con transformadores de intensidad y tensión, las correcciones por transformador combinadas promedios pueden obtenerse como sigue:

- (1) Calcular el RCF promedio de los transformadores de intensidad conectados al medidor para carga elevada y para carga leve como en A2.1 (1).
- (2) Calcular el RCF promedio de los transformadores de tensión utilizando valores para la tensión secundaria próximos a la tensión en el medidor.

EJEMPLO 3:

	<u>RCF</u>
VT No 1	0.9964
VT No 2	0.9966
VT No 3	<u>1.0010</u>
RCF Promedio	0.9980

- (3) Obtener un RCF promedio combinado para carga elevada y para carga leve multiplicando los RCFs promedios de carga elevada y de carga leve de los transformadores de intensidad por el RCF promedio de los transformadores de tensión.

EJEMPLO 4:

		<u>Factor de Corrección de Relación</u>	
		<u>Carga Elevada</u>	<u>Carga Leve</u>
CT (de Ejemplo 1)		0.9990	1.0040
VT (de Ejemplo 3)		<u>0.9980</u>	<u>0.9980</u>
RCF Promedio	Combinado	0.9970	1.0020

- (4) Calcular el ángulo de fase promedio algebraico de todos los transformadores de intensidad conectados al medidor para carga elevada y carga leve como en A2.1 (2).
- (5) Calcular el ángulo de fase promedio algebraico de los transformadores de tensión utilizando valores para la tensión secundaria próximos a la tensión en el medidor.

EJEMPLO 5:

	<u>Ángulo de Fase</u>
VT No 1	- 3'
VT No 2	+ 15'
VT No 3	<u>+ 12'</u>
Ángulo de fase promedio	+ 8'

- (6) Obtener el ángulo de fase promedio combinado para carga elevada y para carga leve substrayendo algebraicamente el ángulo de fase promedio de los transformadores de tensión de los ángulos de fase promedio de carga elevada y de carga leve de los transformadores de intensidad.

EJEMPLO 6:

		<u>Ángulo de fase</u>	
		<u>Carga Elevada</u>	<u>Carga Leve</u>
CT (de Ejemplo 2)		- 9'	+ 6'
VT (de Ejemplo 5)		<u>(-) + 8'</u>	<u>(-) + 8'</u>
Ángulo de fase promedio combinado		- 17'	- 2'

- (7) Obtener las correcciones por transformador promedio combinadas de carga elevada y carga leve de Fig. A1 como se perfiló en A2.1 (3). Por ejemplo, la línea ahora se dibuja entre el RCF promedio combinado de 0.9970 y el ángulo de fase

promedio combinado de – 17 minutos para carga elevada, y la corrección a aplicar al registro del medidor se muestra que es – 0.1% para factor de potencia de 0.8 en atraso (punto CH). Para carga leve, la línea se dibuja entre el RCF promedio combinado de 1.0020 y el ángulo de fase promedio combinado de – 2 minutos, y la corrección a aplicar al registro del medidor se muestra que es – 0.2% para factor de potencia de 0.8 en atraso (punto CL).

Nota: Si el ángulo de fase combinado para transformadores de intensidad y de tensión ( ángulo de fase del transformador de intensidad menos ángulo de fase de transformador de tensión) resulta en un valor negativo, la figura se encuentra arriba de la línea horizontal central; inversamente, ángulos de fase combinados positivos se encuentran debajo de la línea horizontal central.

**A2.3 Corrección por Transformador Promedio Combinada Ponderada.** Una corrección por transformador promedio combinada ponderada puede obtenerse en una manera comparable a aquella utilizada para obtener el porcentaje de registro promedio para vatihorímetros (ver 6.1.8). La corrección por transformador promedio combinada para carga elevada y la corrección promedio combinada para carga leve podrían sumarse juntas y la suma dividirse entre dos en un método; y en otro método, la corrección de carga elevada podría multiplicarse por cuatro, sumada a la corrección de carga leve, y la suma dividirla entre cinco. El método utilizado debería ser consistente con aquel adoptado para medidores.

Un ejemplo de la aplicación de la corrección por transformador promedio final es como sigue:

Registro del medidor (sin corrección)	= 99.2%
Corrección del vatihorímetro patrón	= +0.1 %
Corrección por transformador promedio combinada final	= +0.6 %
Registro promedio final del medidor	= 99.9%

NOTA: Cuando la corrección por transformador promedio combinada para carga leve difiere de aquella a carga elevada por más de 0.6%, es aconsejable aplicar las correcciones por transformador promedio combinada separadamente cuando se calibra el medidor.

### A3. Fórmulas

Las fórmulas en esta sección pueden emplearse para obtener los factores de corrección para uso en comprobación de medidores independientemente de transformadores e intensidad y tensión. Se utilizan los siguientes símbolos:

$RCF_I$  = Factor de corrección de relación de un transformado de intensidad

$RCF_E$  = Factor de corrección de relación de un transformador de tensión

$RCF_K$  = Factor de corrección de relación combinado =  $RCF_I \cdot RCF_E$

$\beta$  = ángulo de fase de un transformador de intensidad, el ángulo entre el fasor de intensidad primario y el fasor de intensidad secundario invertido.

$\gamma$  = ángulo de fase de un transformador de tensión, el ángulo entre el fasor de tensión primario y el fasor de tensión secundario invertido.

$\cos \theta$  = factor de potencia del circuito primario

$\cos \theta_2$  = factor de potencia aparente de la carga como se mide en el devanado secundario del transformador o transformadores

$PACF_I$  = factor de corrección de ángulo de fase de un transformador de intensidad

$$= \frac{\cos (\theta_2 + \beta)}{\cos \theta_2}$$

$PACF_E$  = factor de corrección de ángulo de fase de un transformador de tensión

$$= \frac{\cos (\theta_2 + \gamma)}{\cos \theta_2}$$

$PACF_K$  = factor de corrección de ángulo de fase para ambos, un transformador de intensidad y uno de tensión

$$= \frac{\cos (\theta_2 + \beta - \gamma)}{\cos \theta_2}$$

TCF = Factor de corrección por transformador para ya sea, transformador de intensidad o tensión = RCF • PACF

FCF = factor de corrección final donde se utilizan ambos transformadores, de intensidad y tensión =  $RCF_K \cdot PACF_K$

Referente a A2.2, se da un ejemplo de medidor de transformador asignado con transformadores de intensidad y tensión datos de carga leve de 1.0020 para RCF promedio combinado y  $-2$  minutos para ángulo de fase promedio combinado ( $\beta - \gamma$ ).

Para un factor de potencia aparente de 0.8 en atraso, el factor de corrección de ángulo de fase para los transformadores de intensidad y tensión podría determinarse como sigue:

$$\begin{aligned} PACF_K &= \frac{\cos (\theta_2 + \beta - \gamma)}{\cos \theta_2} = \frac{\cos (36^\circ 52' 12'' - 0^\circ 2' 0'')}{0.8} \\ &= \frac{\cos 36^\circ 50' 12''}{0.8} = \frac{0.800348}{0.8} = 1.0004 \end{aligned}$$

El factor de corrección final (FCF) igual a  $RCF_K \cdot PACF_K = 1.0020 \cdot 1.0004 = 1.0024$ , así la corrección a aplicarse al medidor podría ser  $-0.2\%$ .

## A4. Tablas

Tablas A1 y A2 muestran factores de conversión por ángulo de fase a varios factores de potencia y son particularmente útiles cuando los ángulos de fase exceden los valores de 20 minutos cubiertos en el nomograma.

En A2.2, se da un ejemplo de medidor de transformador asignado con transformadores de intensidad y tensión teniendo datos de carga leve de 1.0020 para RCF promedio combinado y  $-2$  minutos para ángulo de fase promedio combinado ( $\beta - \gamma$ ). Para un factor de potencia de 0.8 en atraso, nosotros encontramos en la primer línea de Tabla A2 que el factor de corrección por ángulo de fase para  $-5$  minutos y factor de potencia 0.8 podría ser 1.0011. Por interpolación, el factor de corrección por ángulo de fase para  $-2$  minutos podría ser 1.0004. El factor de corrección final (FCF) igual a  $RCF_K \cdot PACF_K = 1.0020 \cdot 1.0004 = 1.0024$ , así la corrección a aplicar al registro del medidor podría ser  $-0.2\%$ .

## **Apéndice B**

### **Dispositivos de Pulso**

#### **B1. Generalidades**

La forma usual del iniciador de pulso es aquella de uno adjunto a un vatímetro, arreglado de tal manera que el número de pulsos producido es proporcional a las revoluciones del rotor del medidor. El principio de operación puede ser mecánico, fotoeléctrico, magnético, efecto *Hall*, u otro. Las constantes asociadas con los iniciadores de pulso están relacionadas matemáticamente para permitir al dispositivo verificar el dispositivo con fórmulas en una manera similar a las utilizadas para verificar engranaje de registro. El índice de salida del iniciador de pulso generalmente es la única constante marcada por el fabricante en el dispositivo. Esta es suficiente para describir los resultados finales, siempre que el iniciador de pulso permanezca con el medidor como se compró originalmente. Conocimiento de engranajes intermedios y constantes relacionadas se requieren para verificar operación después de hacer reparaciones, reemplazo de partes modificaciones, o conversiones.

#### **B2. Símbolos**

$K_d$ , o KWC (constante de demanda del receptor de pulso): El valor de cada pulso recibido dividido entre el intervalo de demanda, expresado en kilovatio por pulso, kilovar por pulso, u otras unidades convenientes.

$K_e$ , o KWHC (constante de salida del iniciador de pulso): El valor de la magnitud medida por cada pulso saliente de un iniciador de pulso, expresado en kilovatio-horas por pulso, kilovar-horas por pulso, u otras unidades convenientes.

$K_h$  (constante vatio-hora): El registro, expresado en vatio-horas, correspondiente a una revolución del rotor del vatímetro.

$M_p$ , o  $R/P$  (índice de salida del iniciador de pulso): El número de revoluciones del rotor del medidor por pulso de salida del iniciador de pulso.

$P/DR$  (índice de salida del iniciador de pulso): El número de pulsos de salida del iniciador de pulso por revolución del disco del medidor.

$P_c$  (índice de acople del iniciador de pulso): El número de revoluciones del eje del iniciador de pulso por cada pulso de salida.

$P_g$  (índice de engranaje del iniciador de pulso): El cociente entre las revoluciones del rotor del medidor y las revoluciones del eje del iniciador de pulso.

$P_r$  (índice de iniciador de pulso): El cociente entre las revoluciones del primer engranaje del iniciador de pulso y las revoluciones del eje del iniciador de pulso.

$P_s$  (reducción de eje del iniciador de pulso): El cociente entre las revoluciones del rotor del medidor y las revoluciones del primer engranaje del iniciador de pulso.

$R_p$ : El cociente entre los pulsos de entrada y los pulsos de salida para un relé totalizador.

$t$  (intervalo de demanda): La longitud del intervalo de tiempo sobre el cual se basa la medición de demanda.

### B3. Constante de Salida del Iniciador de Pulso

El iniciador de pulso debe ser capaz de proveer un valor práctico de constante de salida ( $K_e$  o KWHC) para el rango total de constantes vatio-hora posible. Lo óptimo usualmente es minimizar  $K_e$  sin exceder la capacidad opcional de cualquier componente sencillo de la instalación. Equipo de demanda moderno se caracteriza por grandes capacidades de pulso y correspondientemente pequeñas constantes de salida para una constante vatio-hora primaria dada. El iniciador de pulso, tanto moderno o de otra manera, todavía provee control práctico para la variable dependiente mediante la elección opcional del índice de salida  $M_p$ .

### B4. Fórmulas

La constante de demanda ( $K_d$  o KWC) es de sumo interés para el departamento de facturación de una distribuidora. Su cálculo y verificación son por consiguiente de principal preocupación a la persona que hace la lectura del medidor. Todos los factores que afectan la  $K_d$  deben considerarse. Relés o totalizadores que cambian el valor de la constante de pulso  $K_e$  por algún cociente  $R_p$  deben incluirse en los cálculos. La forma usual de constante de demanda es en términos de potencia activa o reactiva por pulso de salida. Esto puede llevar a confusión, puesto que es energía (activa o reactiva) y no sólo potencia que se requiere para producir pulso mediante movimiento del rotor del medidor. El conocimiento de intervalo  $t$  y su correcto entendimiento, en fórmulas, es por consiguiente importante. En las siguientes fórmulas, el intervalo  $t$  debe expresarse en horas.

$$K_e = \frac{PK_h \cdot M_p}{1000}$$

$$K_d = \frac{K_e \cdot R_p}{t}$$

( $R_p = 1$  cuando no se utiliza totalizador)

$$M_p = \frac{1000 \cdot t \cdot K_d}{PK_h}$$

$$M_p = \frac{R}{P} = P_g \cdot P_c$$

$$P_g = P_s \cdot P_r$$

$$PK_h = K_h \cdot CTR \cdot VTR$$

donde

CTR = relación de transformador de intensidad

VTR = relación de transformador de tensión

# Apéndice C

## Mecanismos de Registro y Constantes del Medidor

### C1. Generalidades

En 6.1, donde se dieron descripciones de métodos para la determinación de la exactitud de un medidor hasta lo concerniente a la velocidad del rotor, y para verificación física del registro e índices de engranaje. Es igualmente importante que se determine matemáticamente que las relaciones entre la constante de registro (dial), constante vatio-hora, índice de registro, e índice de engranaje son correctas. La constante de registro debería aparecer siempre en el frente del registro cuando no sea uno, el índice de registro se encontrará marcado en el registro o en la placa de datos, y la constante vatio-hora usualmente se encontrará marcada en la placa de datos o en el disco. Los fabricantes generalmente utilizan una reducción de eje normalizada para todos los valores asignados del medidor del mismo tipo, pero la información no aparece sobre el medidor. El índice de engranaje depende de la reducción de eje y también del índice de registro. La información del índice de engranaje tampoco aparece en el medidor.

### C2. Símbolos

$K_h$  (constante vatio-hora): El número de vatio-horas por revolución del rotor (disco) del medidor.

$K_r$  (constante de registro, o dial): El multiplicador utilizado para convertir la lectura del registro a kilovatio-horas.

$R_g$  (índice de engranaje): El número de revoluciones del rotor (disco) por una revolución de la primer aguja del dial.

$R_r$  (índice de registro): El número de revoluciones del primer engranaje del registro por una revolución de la primer aguja del dial.

$R_s$  (reducción de eje): El número de revoluciones del rotor (disco) del medidor por una revolución del primer engranaje del registro.

### C3. Reducción de Eje

En algunos medidores se utiliza en el rotor un tornillo sin fin de simple envolvente, engranado con una rueda dentada de tornillo sin fin de 100 dientes en el registro; así, la reducción de eje es de 100. Un tornillo sin fin de simple envolvente a veces se utiliza con una rueda dentada de tornillo sin fin de 50 dientes para dar una reducción de eje de 50.

En otros, se utiliza en el rotor un tornillo sin fin de doble envolvente, engranado con una rueda dentada de tornillo sin fin de 100 dientes en el registro; así, la reducción de eje es 50.

En otros todavía, piñones en el rotor engranados con engranajes en registros resultan en reducciones de eje de  $6^{1/4}$ ,  $8^{1/3}$ , etc.

Engranaje de transferencia entre el eje del disco y el registro se utiliza en unos pocos tipos de medidores. En algunos, esto es de relación 1:1 y no tiene efecto en la reducción de eje. Hay ejemplos, si embargo, donde el engranaje de transferencia es ya sea  $16^{2/3}$  a 15 o  $16^{2/3}$  a 30.

La reducción de eje puede determinarse de la literatura del fabricante, de tablas, por conteo de dientes en engranajes o piñones, o por prueba.

#### C4. Fórmulas

Cuando se conocen la constante de registro ( $K_r$ ), constante vatio-hora ( $K_h$ ), y la reducción de eje ( $R_s$ ), puede determinarse el índice de registro ( $R_r$ ) por la siguiente fórmula:

$$R_r = \frac{K_r \cdot 10 \cdot 1000}{K_h \cdot R_s}$$

Por ejemplo, si  $K_r = 1$ ,  $K_h = 3.5$ , y  $R_s = 100$ , entonces

$$R_r = \frac{1 \cdot 10000}{3.5 \cdot 100} = 27\%$$

Otras fórmulas útiles son las siguientes:

Registro de una revolución de la primer aguja del dial

$$= \frac{K_h \cdot R_r \cdot R_s}{1000} = \text{kilovatio - horas}$$

$$R_g = R_r \cdot R_s$$

$$K_r = \frac{K_h \cdot R_r \cdot R_s}{10 \cdot 1000} = \frac{K_h \cdot R_g}{10000}$$

$$K_h = \frac{K_r \cdot 10 \cdot 1000}{R_r \cdot R_s}$$

$$R_s = \frac{K_r \cdot 10 \cdot 1000}{K_h \cdot R_r}$$

En las fórmulas anteriores, 10 es el valor numérico de una revolución de la primer aguja del dial.

## **Apéndice D**

### **Patrones para Desempeño En Servicio de Vatíhorímetros de Corriente Directa**

#### **D1. Requisitos Generales**

Cualquier medidor que tenga una constante de registro incorrecta, constante de prueba, índice de engranaje, o tren de dial; esté defectuoso mecánicamente bajo no carga (arrastre) no se colocará en servicio o permitirá permanecer en servicio sin ajuste y corrección.

#### **D2. Límites de Exactitud**

Cualquier medidor que tiene un error en registro de más de  $\pm 2\%$  a carga leve o a carga elevada no se colocará en servicio o permitirle permanecer en servicio sin ajuste.

#### **D3. Pruebas Previas a Instalación**

Medidores nuevos o medidores devueltos de servicio deberán inspeccionarse y probarse previo a instalación en el local del cliente. Medidores que requieren ajuste se ajustarán tan estrechamente como sea factible para la condición de cero error.

#### **D4. Pruebas de Desempeño**

Antes de que condiciones perturbadoras puedan afectar su exactitud, el medidor debería inspeccionarse y probarse para arrastre y para exactitud, antes de remover la cubierta del medidor si es factible. Medidores que requieren ajuste se ajustarán tan estrechamente como sea factible para la condición de cero error.

#### **D5. Pruebas Después de Instalación**

La exactitud de medidores de corriente directa es materialmente afectada por campos magnéticos adyacentes; por consiguiente, además de las pruebas regulares hechas en tales medidores, previo a la instalación, los medidores deberían probarse dentro de 60 días después de la instalación en el local del cliente.

#### **D6. Pruebas Periódicas**

Para determinar su desempeño en servicio, medidores de corriente directa deberían probarse de acuerdo a la siguiente agenda:

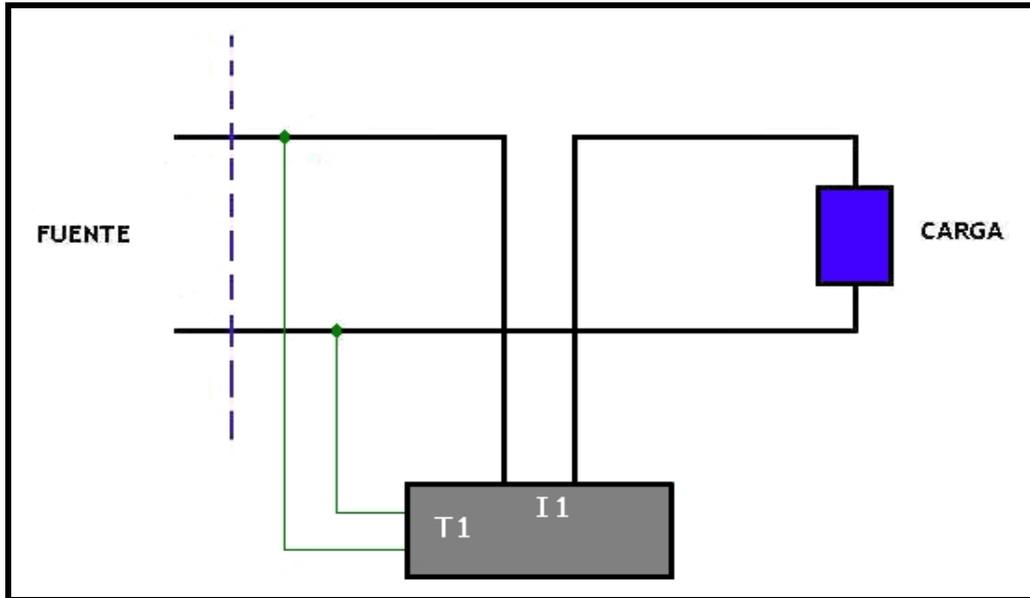
Hasta e incluyendo 8 kW – como mínimo una vez en 3 años

Sobre 8 kW – como mínimo una vez cada año.

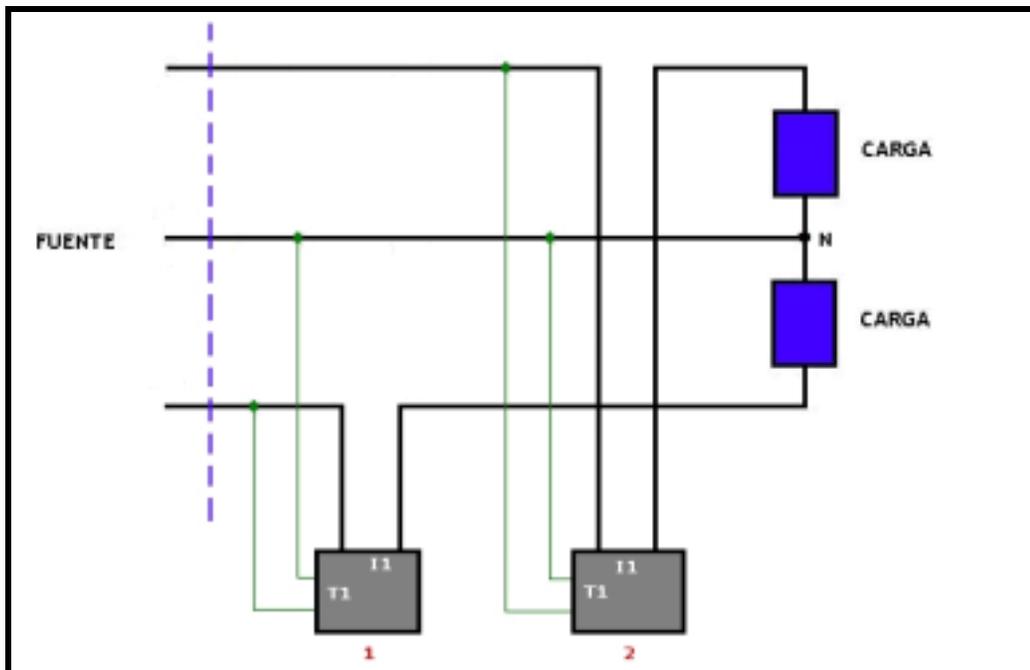
# Apéndice E

## Conexiones de Aparatos de Medida

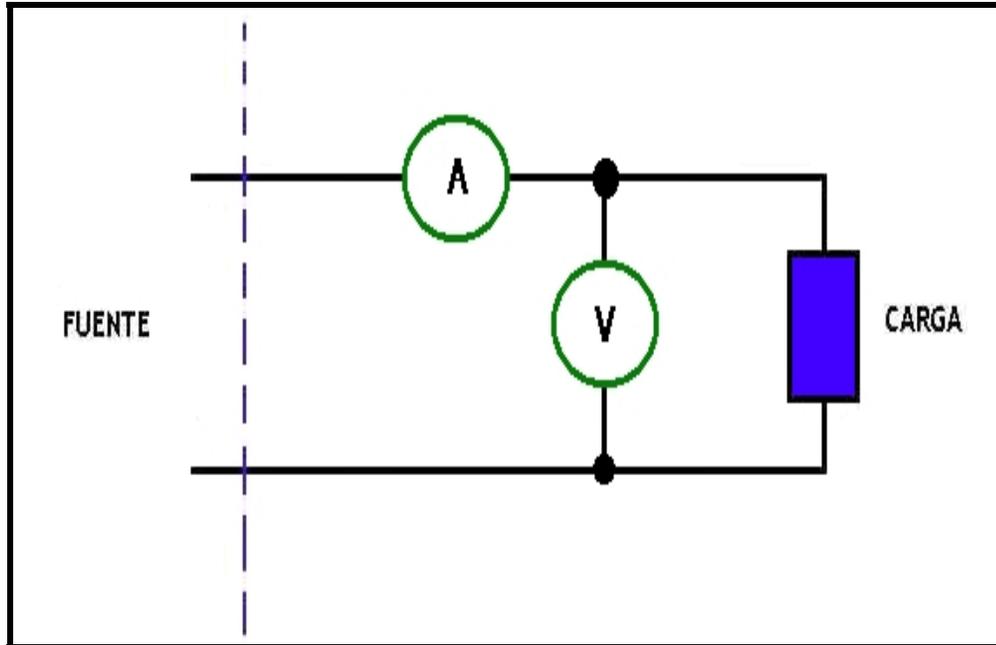
Circuitos de Corriente Directa de Dos Hilos



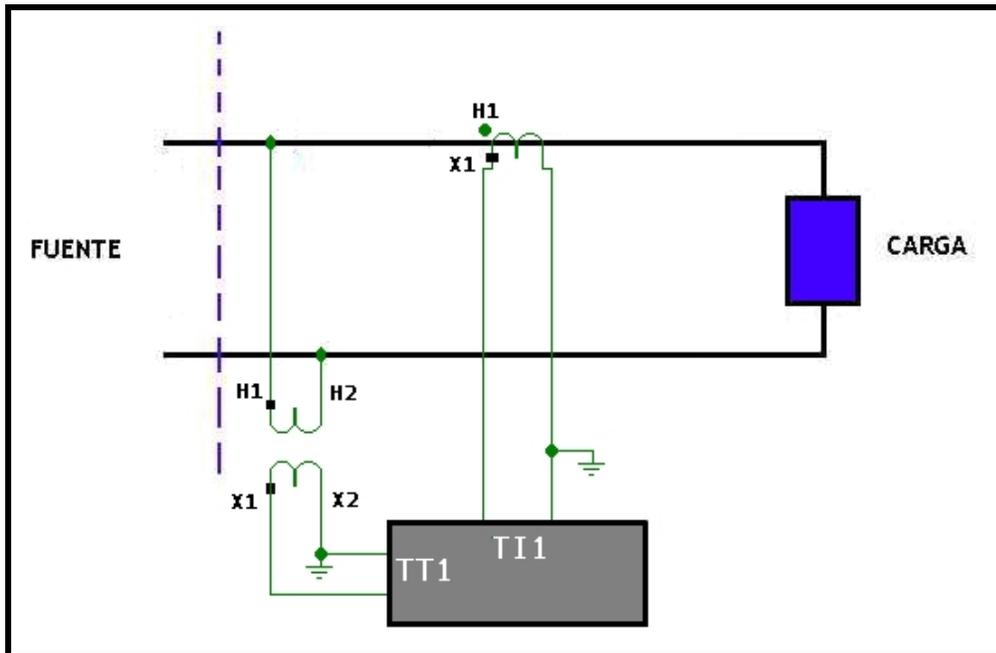
Circuitos de Corriente Directa de Tres Hilos



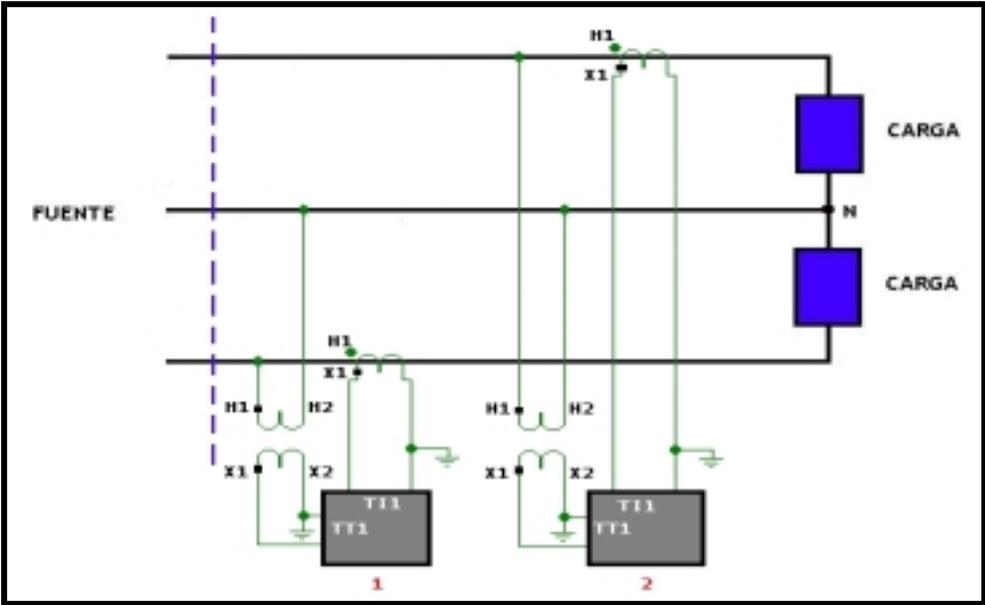
## Método del Voltímetro y del Amperímetro



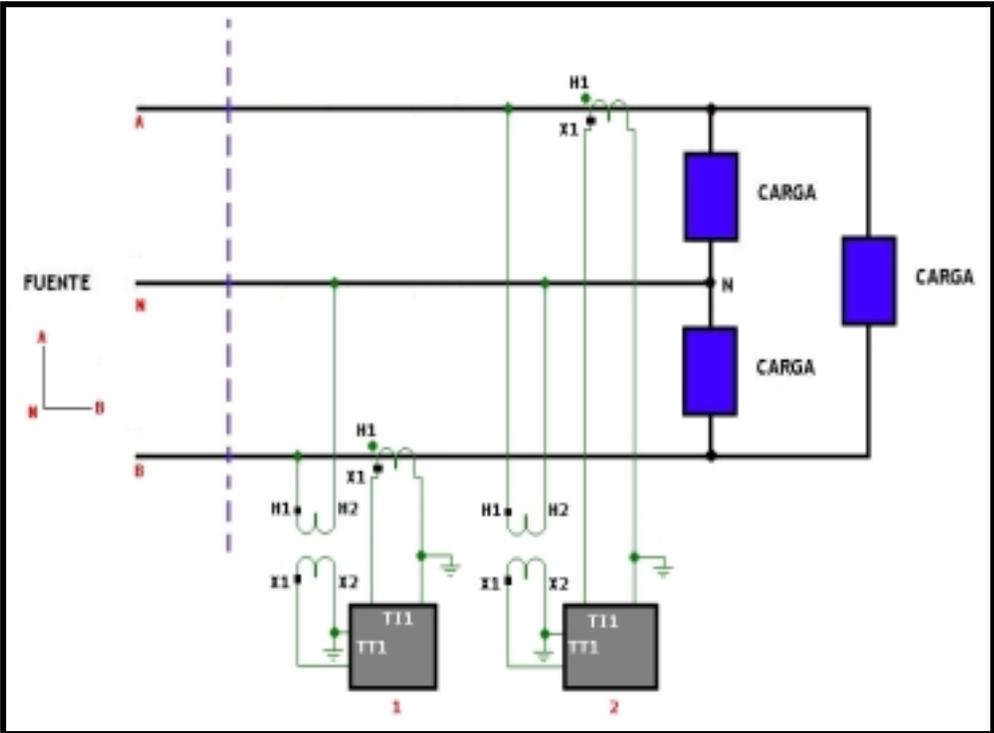
## Circuitos Monofásicos de Dos Hilos



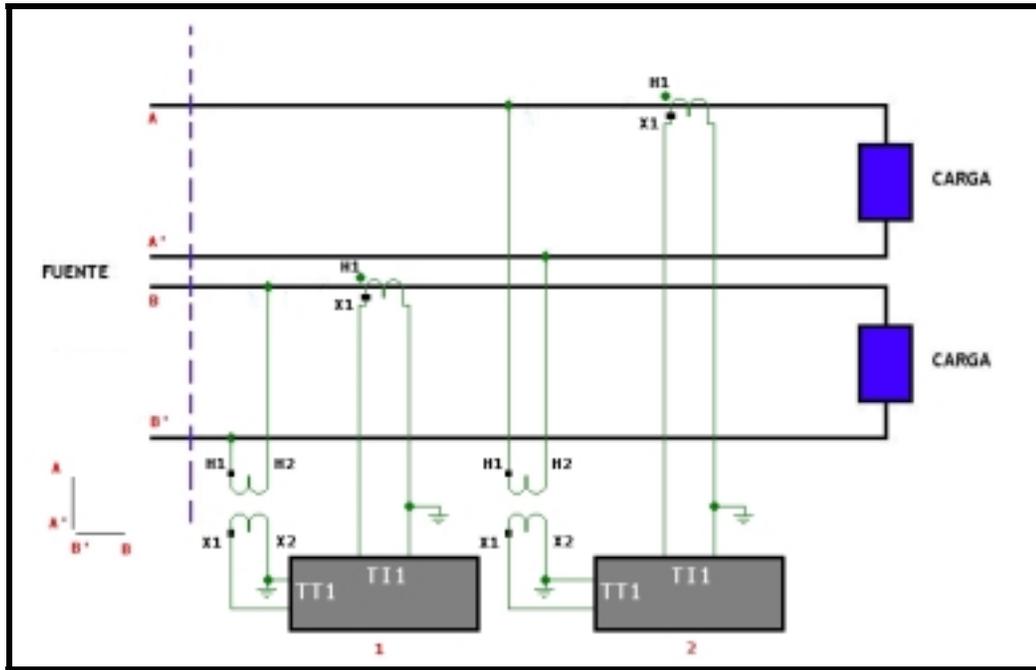
Circuitos Monofásicos de Tres Hilos



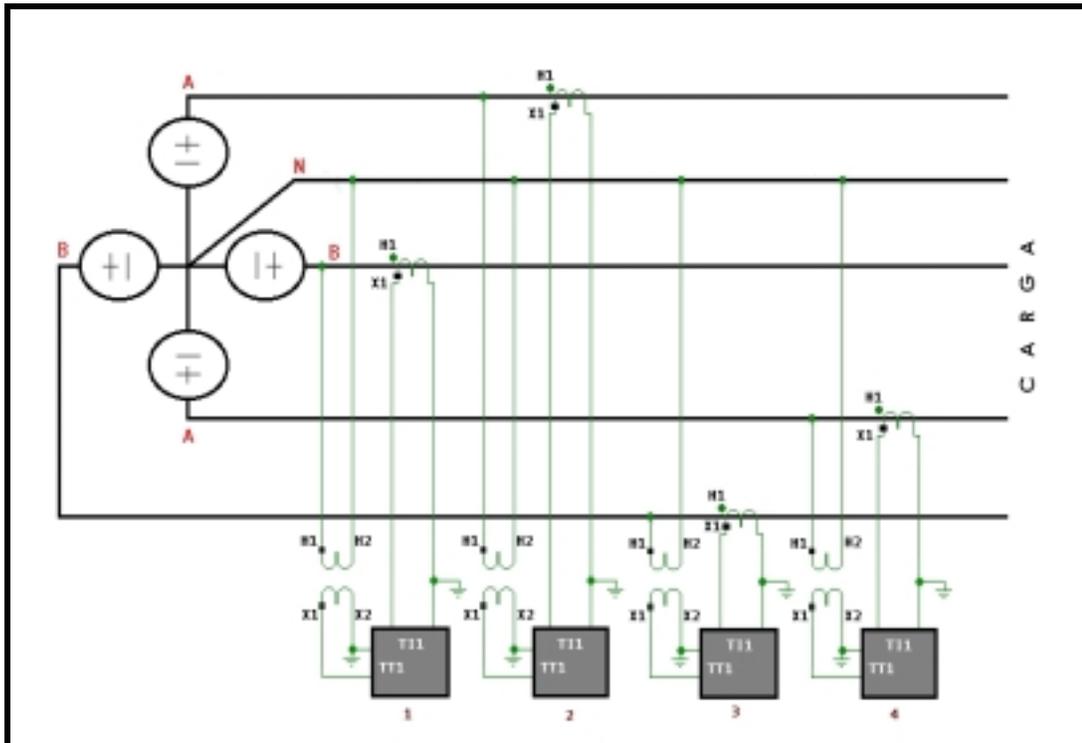
Circuitos Bifásicos de Tres Hilos



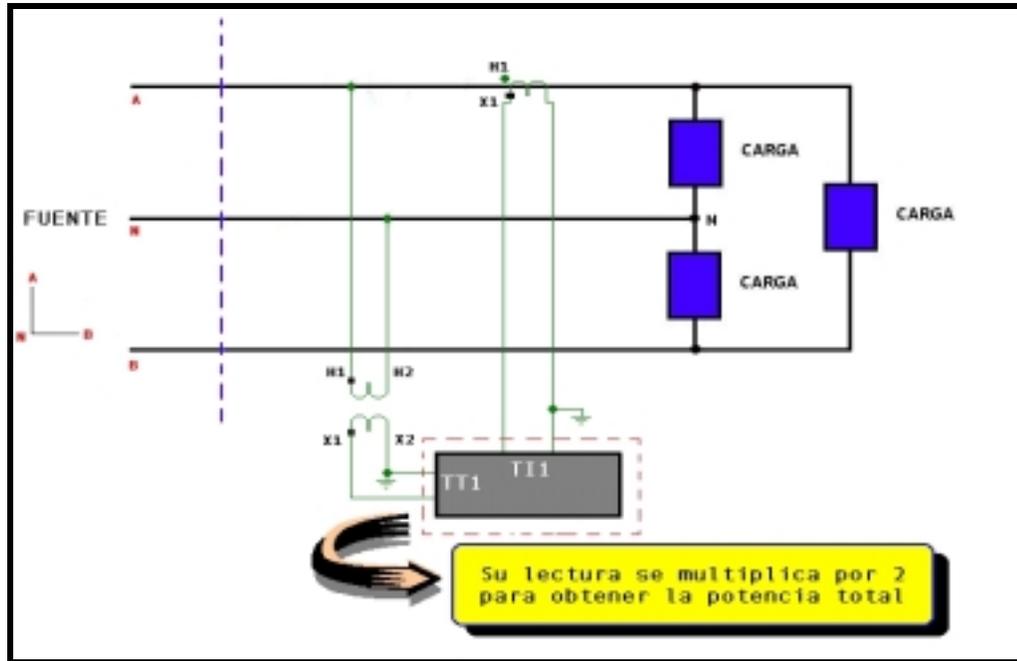
### Circuitos Bifásicos de Cuatro Hilos



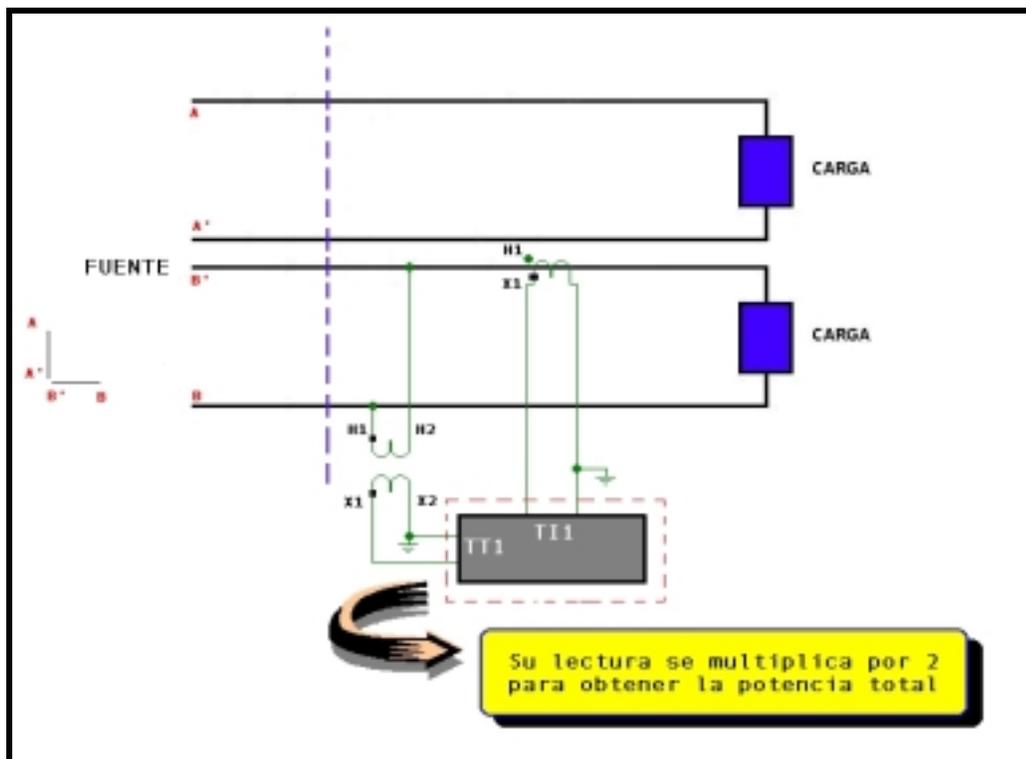
### Circuitos Bifásicos de Cinco Hilos



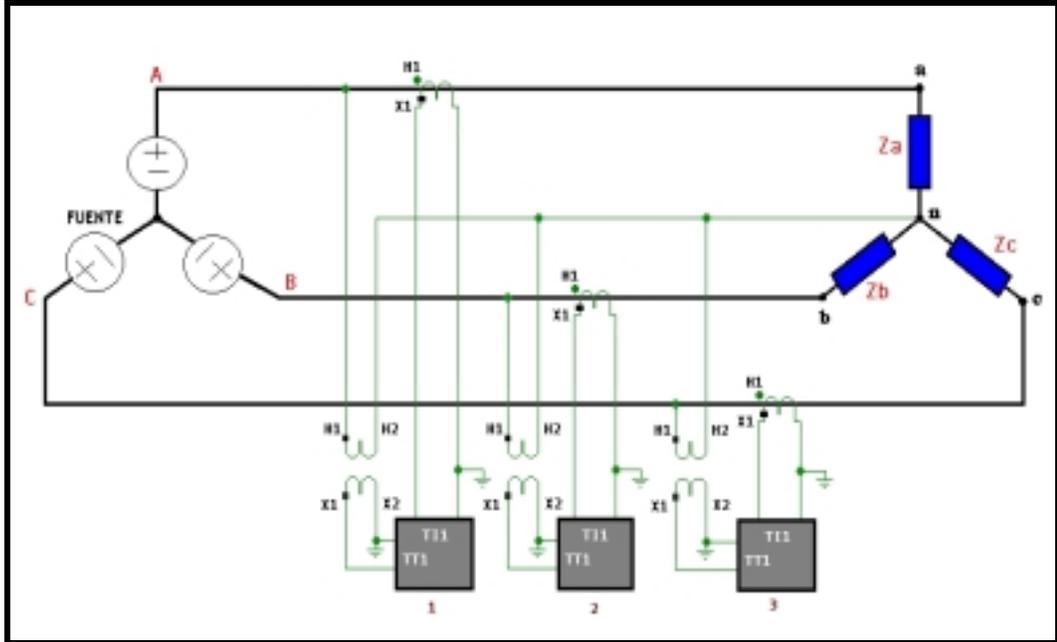
# Circuitos Bifásicos Balanceados 3 Hilos



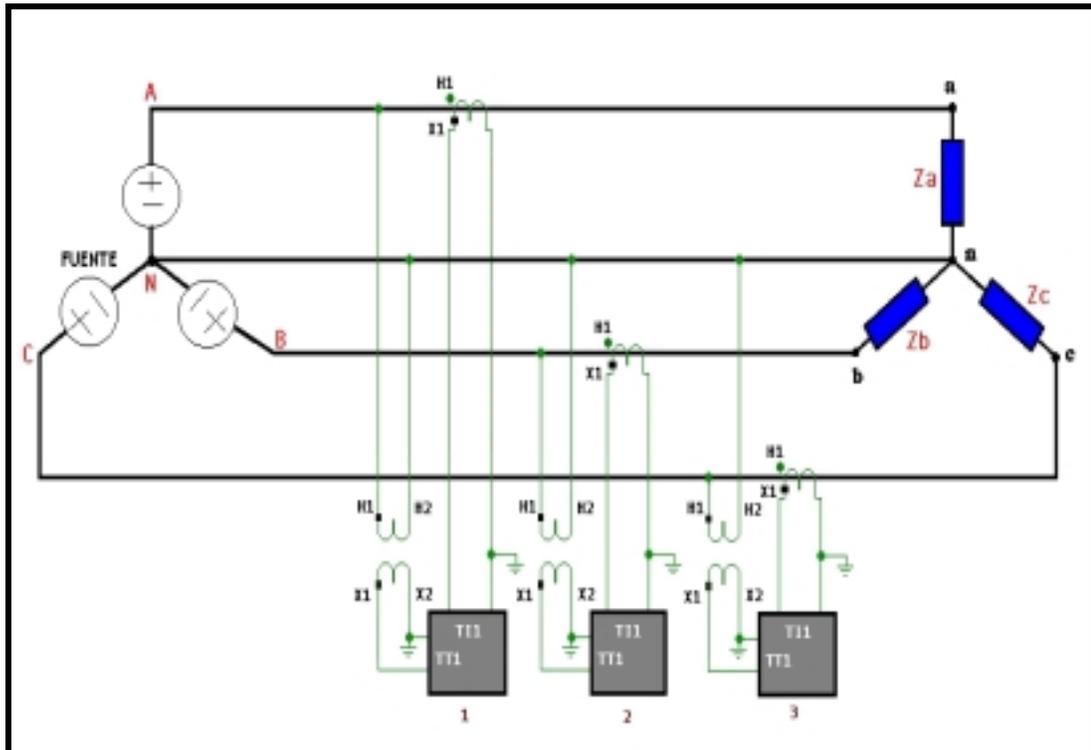
# 4 Hilos



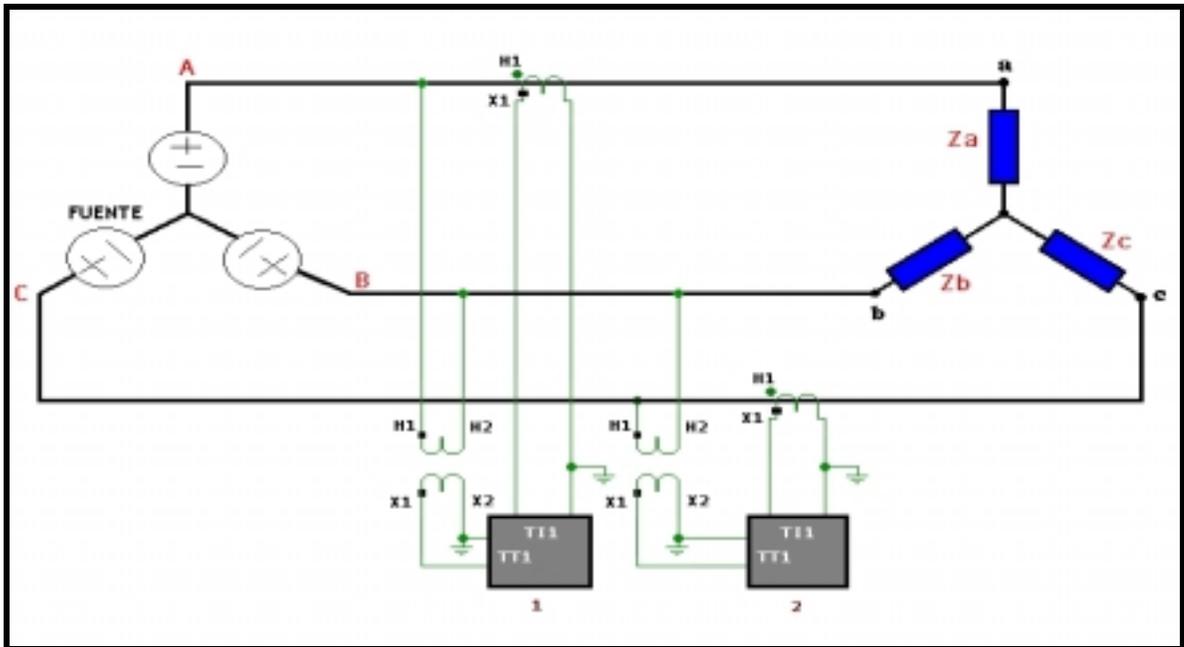
Método de los Tres Vatímetros  
3 Hilos



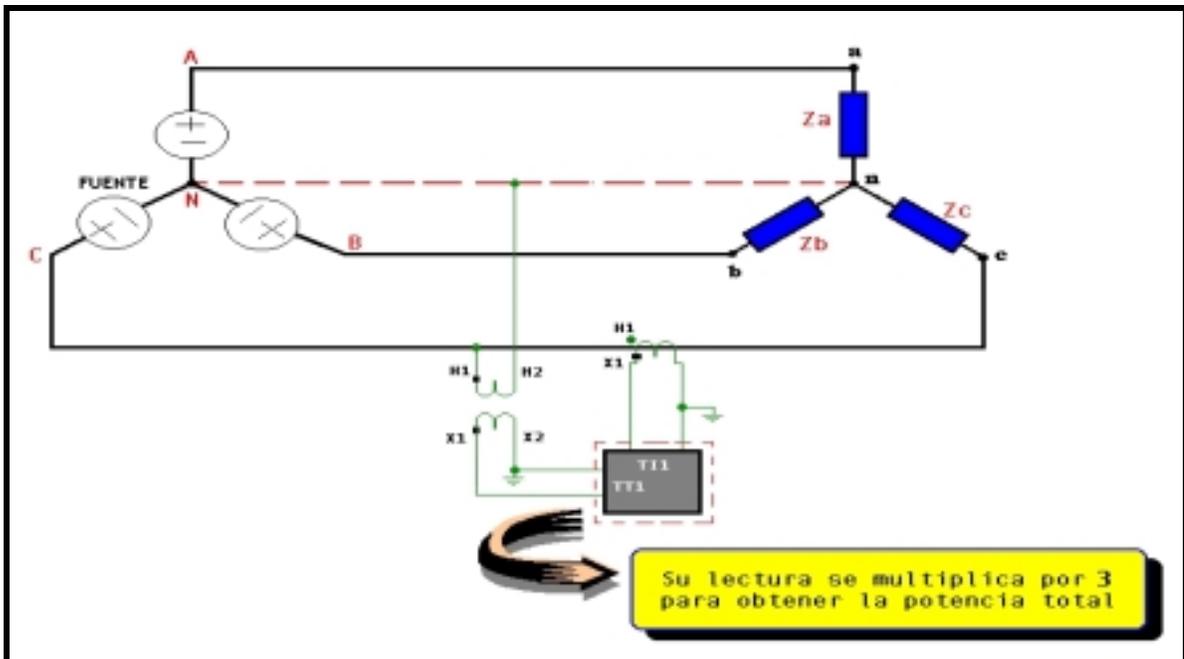
4 Hilos



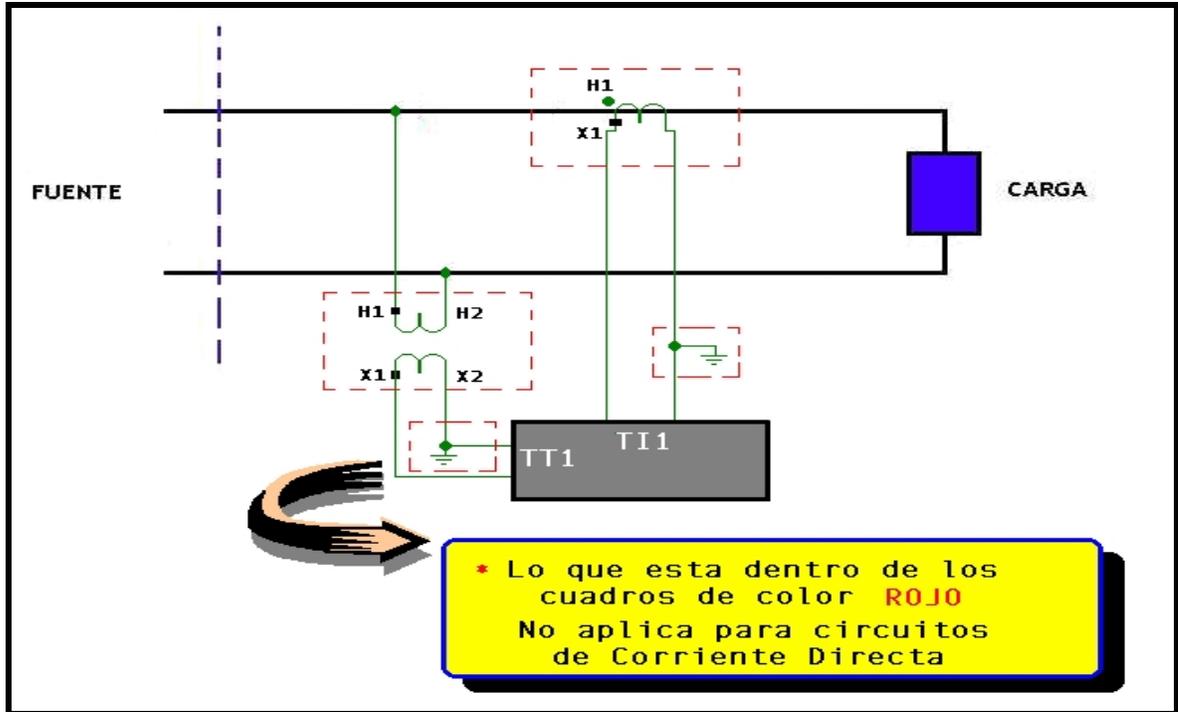
### Método de los Dos Watímetros



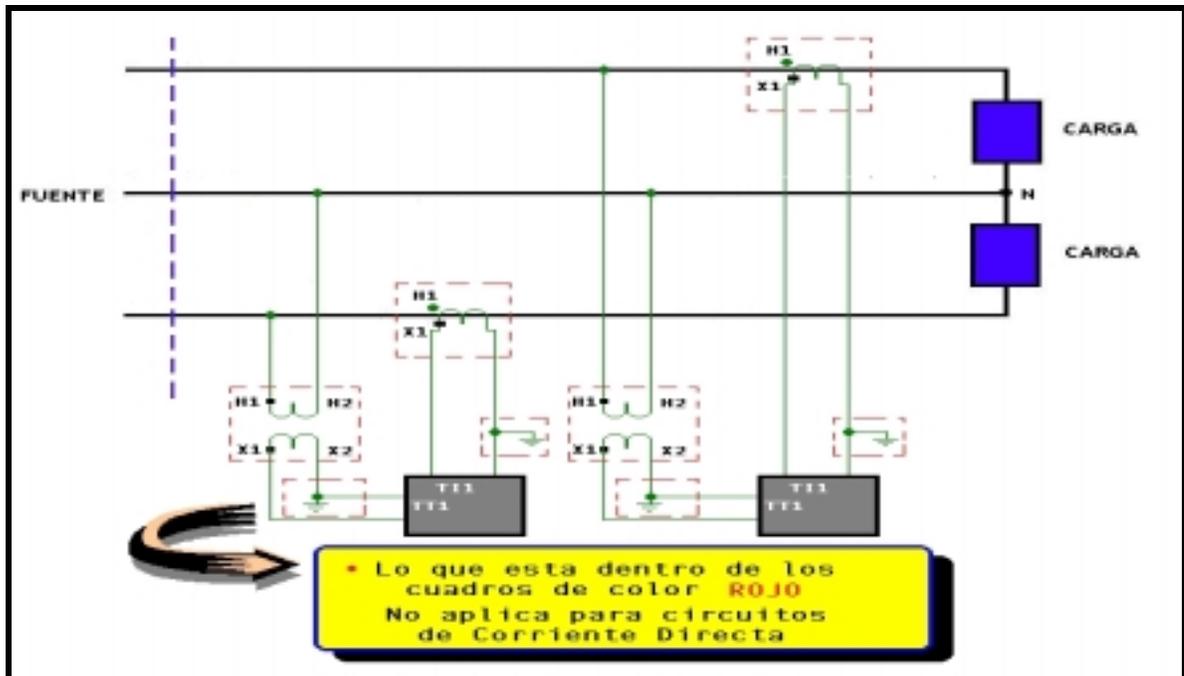
### Circuitos Trifásicos Balanceados



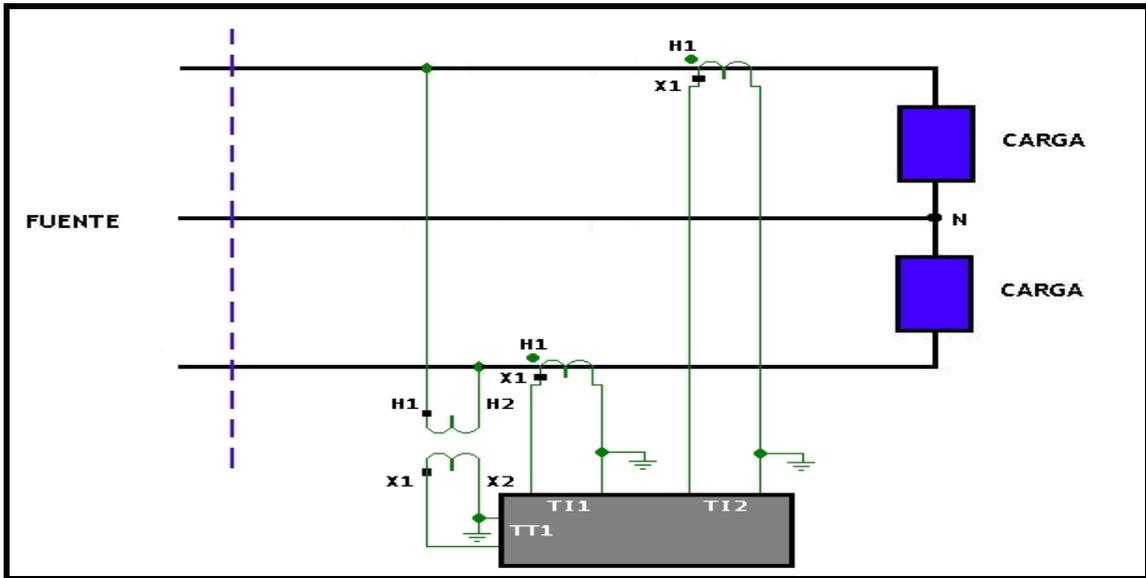
### Circuitos de Corriente Directa y Monofásicos de Dos Hilos



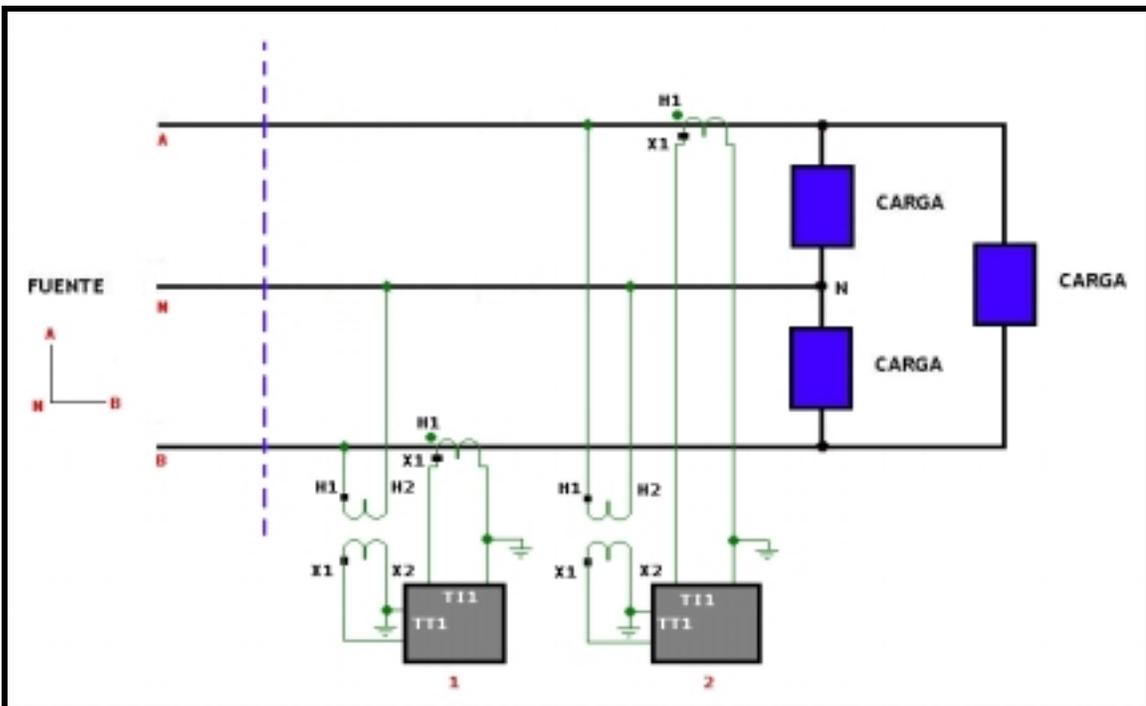
### Circuitos de Corriente Directa y Monofásicos de Tres Hilos



### Circuitos Monofásicos de Tres Hilos con Tensiones Balanceadas

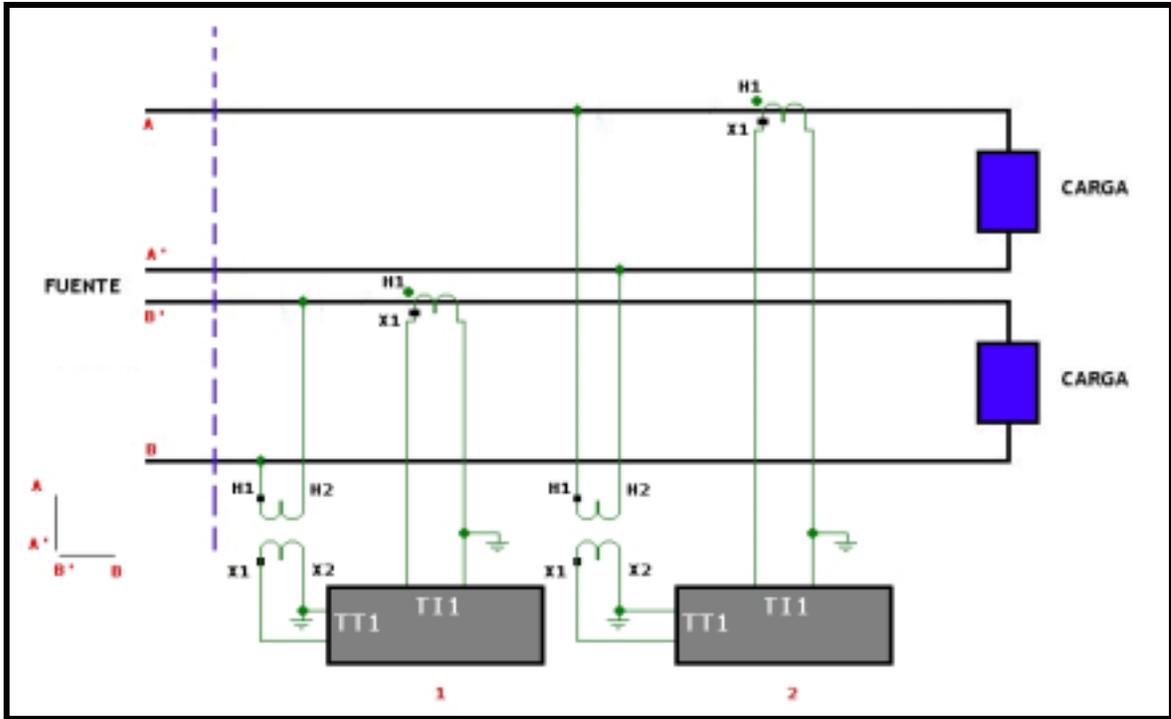


### Circuitos Bifásicos de Tres Hilos

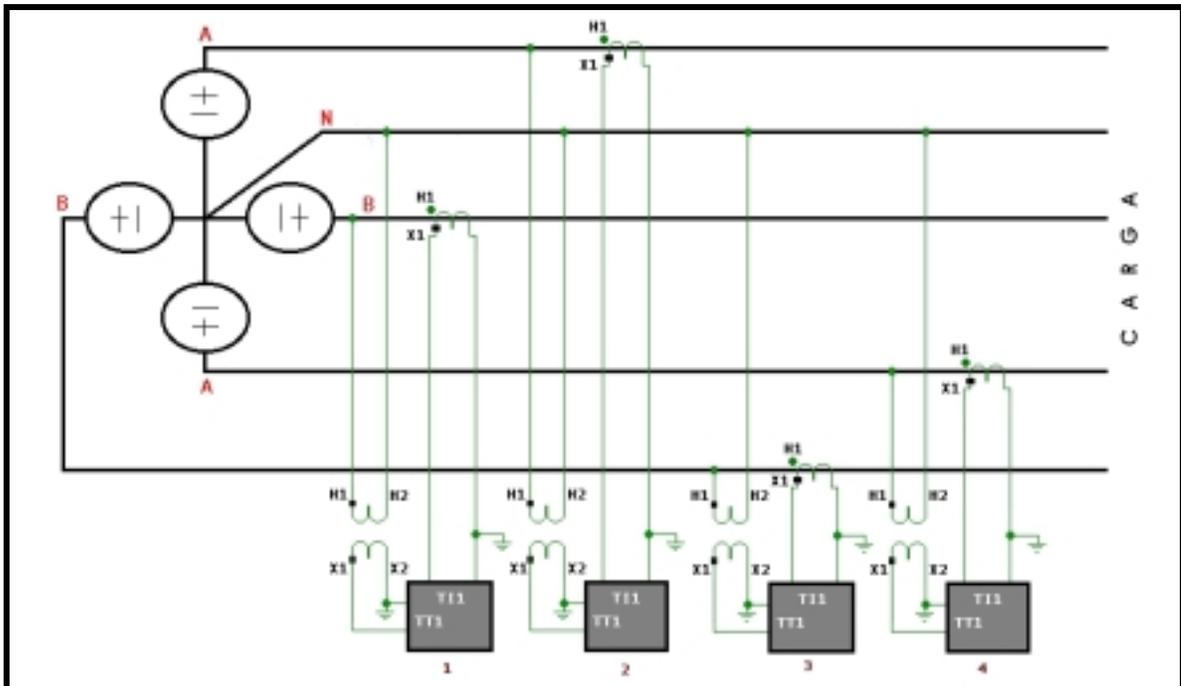


# Circuitos Bifásicos de Cuatro o Cinco Hilos

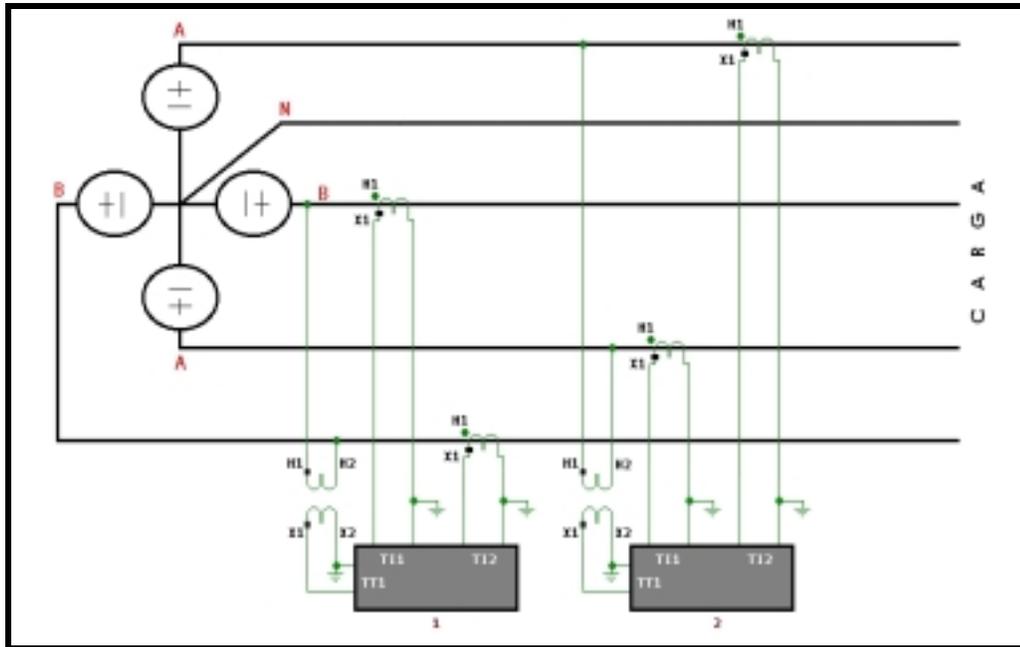
## 4 Hilos



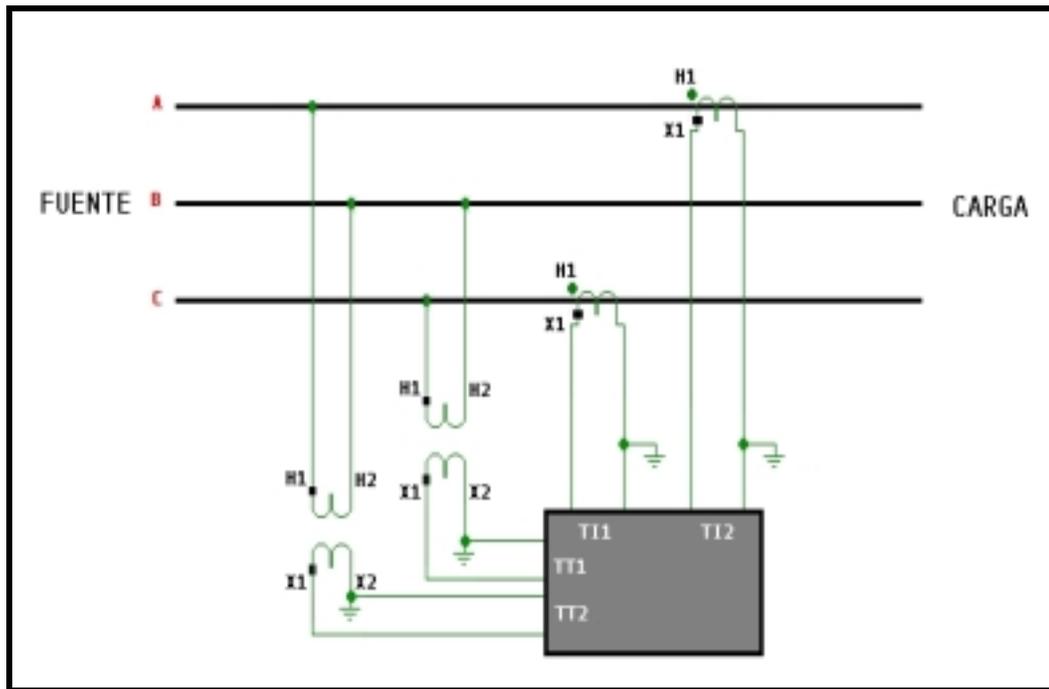
## 5 Hilos



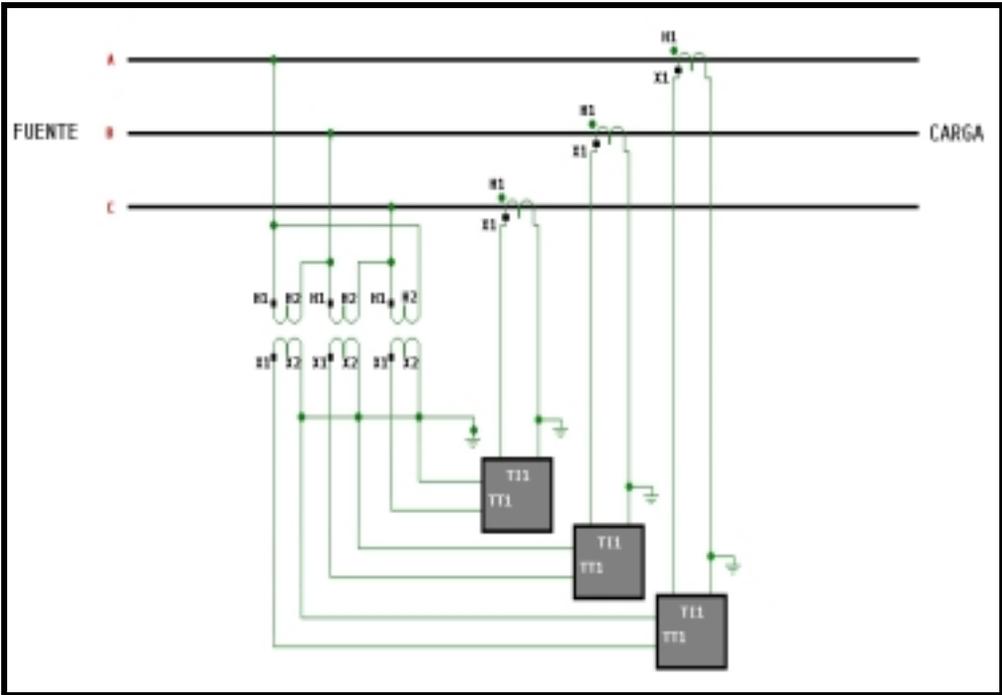
## Circuitos Bifásicos de Cinco Hilos con Tensiones Balanceadas



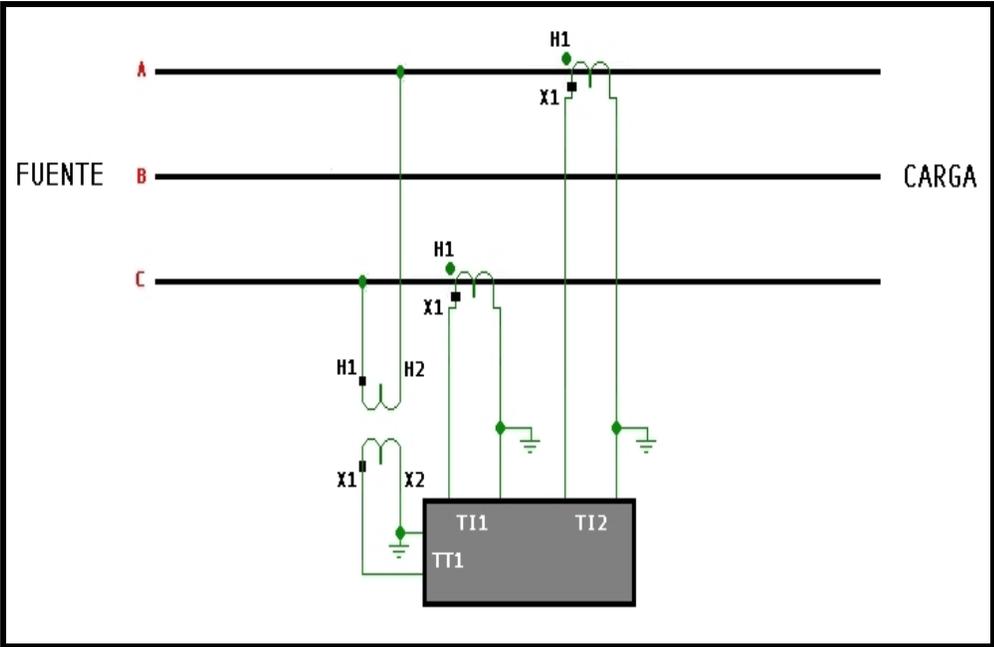
## Método de los Dos Estatores



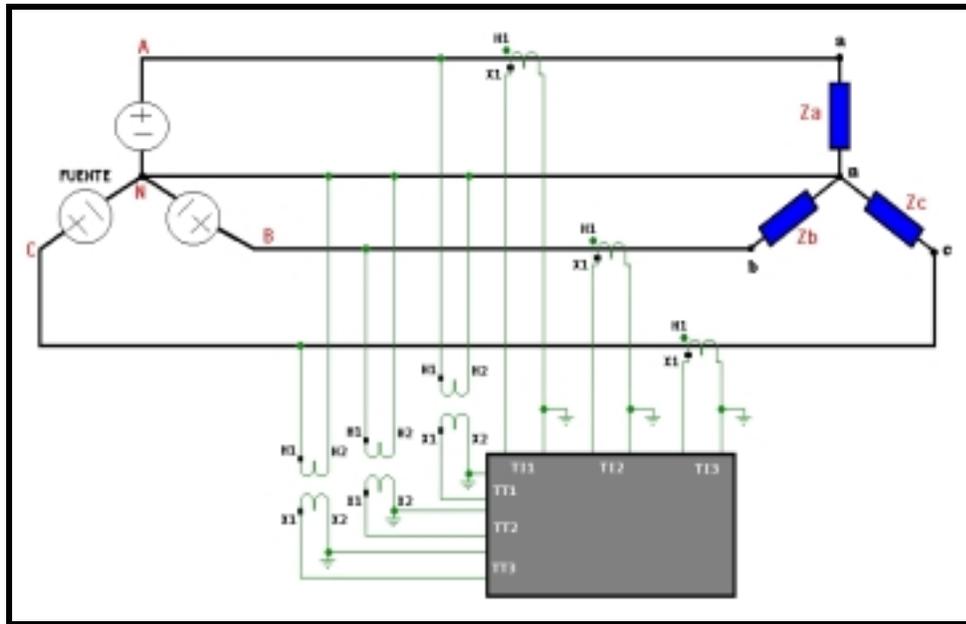
### Método de los Tres Estatores



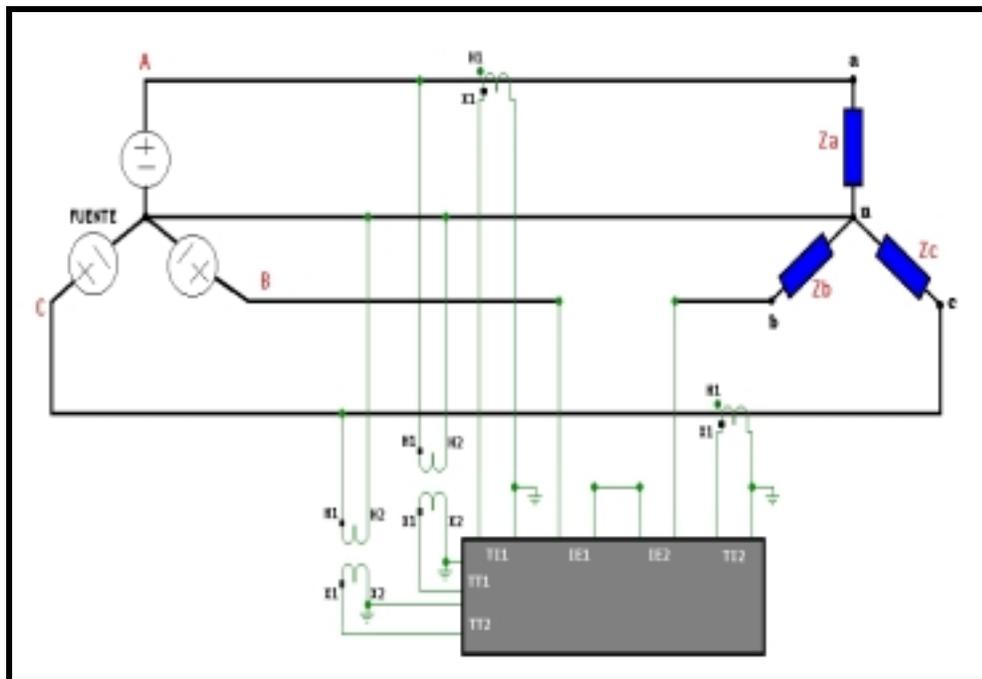
### Tensión y Carga Balanceadas



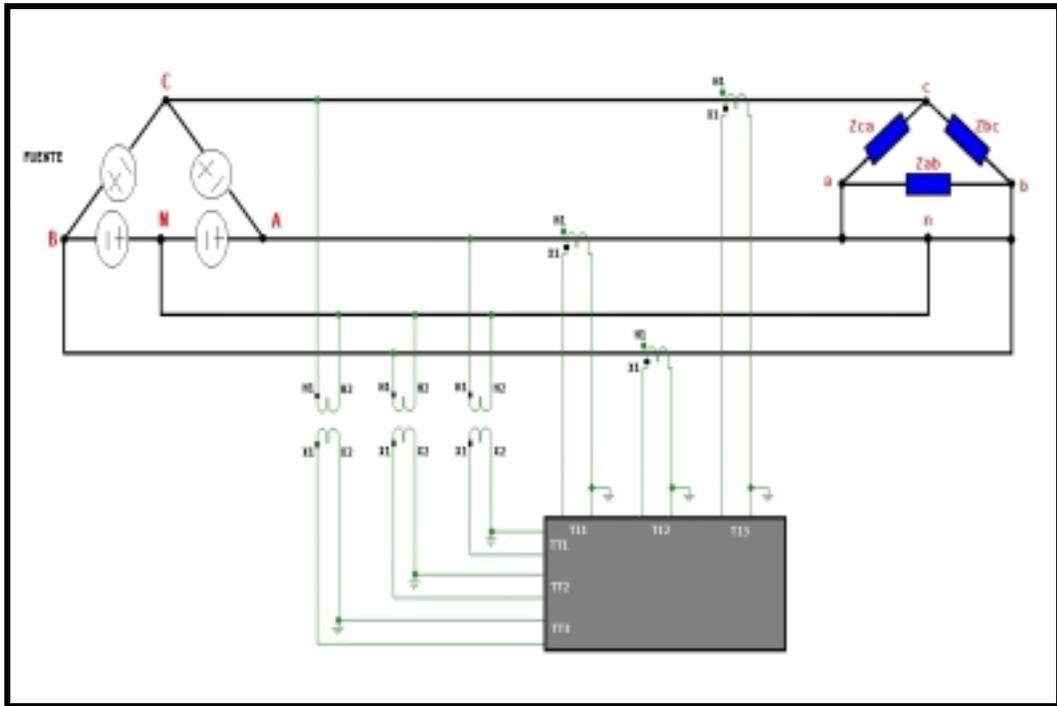
Medidor en Estrella de Tres Estatores de Cuatro Hilos



Medidor en Estrella de Dos Estatores de Cuatro Hilos



### Medidor en Delta de Tres Estatores de Cuatro Hilos



### Medidor en Delta de Dos Estatores de Cuatro Hilos

