

## ANEXO

“IDENTIFICACIÓN DE LAS INTERVENCIONES QUE OBLIGAN A REALIZAR PRUEBAS DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES O DE PRUEBAS DE RUTINA DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE O TENSIÓN Y EL DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE RUTINA PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN Y CORRIENTE DE MEDICIÓN”

### CONTENIDO

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ANTECEDENTE REGULATORIO .....</b>                                                                 | <b>3</b>  |
| <b>2. OBJETO.....</b>                                                                                   | <b>4</b>  |
| <b>3. REFERENCIAS NORMATIVAS.....</b>                                                                   | <b>4</b>  |
| <b>4. DEFINICIONES.....</b>                                                                             | <b>5</b>  |
| <b>5. Intervenciones que implican calibración POR UN LABORATORIO ACREDITADO .....</b>                   | <b>8</b>  |
| <b>5.1. En medidores de energía.....</b>                                                                | <b>8</b>  |
| <b>5.2. En transformadores de corriente o tensión .....</b>                                             | <b>8</b>  |
| <b>6. Intervenciones que implican pruebas de rutina en transformadores de corriente o tensión.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>7. Frecuencias de las pruebas de rutina en transformadores de corriente y tensión.....</b>           | <b>9</b>  |
| <b>8. pruebas de rutina PILOTO a transformadores de medida.....</b>                                     | <b>9</b>  |
| <b>9. PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE RUTINA .....</b>                                       | <b>10</b> |
| <b>10. ALCANCE DE LAS PRUEBAS DE RUTINA PILOTO .....</b>                                                | <b>11</b> |
| <b>11. PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE RUTINA PILOTO.....</b>                            | <b>11</b> |
| <b>11.1. ASPECTOS GENERALES.....</b>                                                                    | <b>11</b> |
| <b>11.2. ASPECTOS DE SEGURIDAD .....</b>                                                                | <b>11</b> |
| <b>11.3. ASPECTOS AMBIENTALES .....</b>                                                                 | <b>11</b> |
| <b>11.4. VERIFICACIÓN VISUAL .....</b>                                                                  | <b>12</b> |
| <b>11.4.1. VERIFICACIÓN DE DATOS DE PLACA .....</b>                                                     | <b>12</b> |
| <b>11.5. ASPECTOS GENERALES.....</b>                                                                    | <b>12</b> |
| <b>12. Pruebas de rutina.....</b>                                                                       | <b>12</b> |
| <b>12.1. VERIFICACIÓN DE la marcación de terminales de TRANSFORMADORES DE CORRIENTE y tensión .....</b> | <b>13</b> |

|                                                                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>12.2. Error y desplazamiento de fase con inyección en el devanado primario con magnitudes nominales .....</b> | <b>13</b> |
| <b>12.2.1. Pruebas para transformadores de tensión .....</b>                                                     | <b>13</b> |
| <b>12.2.2. Pruebas para transformadores de corriente.....</b>                                                    | <b>14</b> |
| <b>12.3. ERROR Y DESPLAZAMIENTO DE FASE POR MÉTODO DE SIMULACIÓN.....</b>                                        | <b>15</b> |
| <b>12.3.1. Pruebas para transformadores de tensión .....</b>                                                     | <b>15</b> |
| <b>12.3.2. Pruebas para transformadores de corriente.....</b>                                                    | <b>16</b> |
| <b>12.4. Medición de cargabilidad o Burden del núcleo de medida .....</b>                                        | <b>16</b> |
| <b>12.5. Equipos.....</b>                                                                                        | <b>16</b> |
| <b>13. REPORTE DE RESULTADOS.....</b>                                                                            | <b>17</b> |

## 1. ANTECEDENTE REGULATORIO

La CREG expidió el 14 de mayo de 2014 la Resolución CREG 038 “Por la cual se modifica el Código de Medida contenido en el Anexo general del Código de Redes”.

En el artículo 11 Calibración de los elementos del sistema de medición. Se prevé que:

*“Los medidores y los transformadores de corriente o de tensión deben someterse a calibración después de la realización de cualquier reparación o intervención para corroborar que mantienen sus características metrológicas. Las intervenciones que conlleven la realización de una calibración o de pruebas de rutina serán definidas por el Consejo Nacional de Operación, CNO, en el procedimiento de que trata el artículo 28 de la presente resolución.*

*Para la realización de las calibraciones de los elementos del sistema de medición deben seguirse las reglas establecidas en el Anexo 2 de este Código.”*

En el artículo 28 de la resolución CREG 038 de 2014 se prevé lo siguiente:

*“Los transformadores de tensión y de corriente deben ser sometidos a pruebas de rutina de acuerdo con el procedimiento y frecuencia que para tal fin establezca el Consejo Nacional de Operación. Dicho procedimiento deberá establecerse dentro de los ocho (8) meses siguientes a la entrada en vigencia de esta resolución, previa consulta con los usuarios, agentes y terceros interesados.*

*(...)Parágrafo. Los resultados de las pruebas de rutina para los transformadores de tensión y de corriente que establezca el CNO deben demostrar que estos elementos del sistema de medición mantienen sus características metrológicas. Los equipos empleados en las pruebas deben ser trazables a patrones nacionales o internacionales.*

*Adicionalmente, el procedimiento debe determinar las pruebas necesarias para los transformadores de medición que se encuentran en la condición señalada en el literal f) del Anexo 2 de este Código.”*

En el Anexo 2 se prevé que

*“f) Para el caso de los transformadores de tensión y de corriente, pasados 6 meses de la fecha de calibración, sin entrar en servicio, se deben realizar las pruebas de rutina señaladas en el artículo 28 de esta resolución.”*

*g) En el caso de que los plazos del literal e) de este anexo sean superados, los elementos del sistema de medición deben someterse a una nueva calibración. Para los transformadores de tensión y de corriente con tensiones nominales superiores a 35 kV en lugar de la calibración se deben realizar las pruebas de*

*rutina señaladas en el artículo 28 de esta resolución, a fin de garantizar que estos elementos mantienen su clase de exactitud y demás características metrológicas*

*h) Los medidores y transformadores de corriente o de tensión deben someterse a calibración después de la realización de cualquier reparación o intervención para corroborar que mantienen sus características metrológicas. Las intervenciones que ocasionen la realización de una calibración o de pruebas de rutina serán definidas por el Consejo Nacional de Operación en el procedimiento de que trata el artículo 28 de la presente resolución.”*

## 2. OBJETO

El objeto del presente documento es la identificación de las intervenciones que obligan a realizar pruebas de calibración de medidores o de pruebas de rutina de los transformadores de corriente o tensión y el desarrollo del procedimiento de realización de las pruebas de rutina para los transformadores de tensión y corriente de medición en sitio, con el fin de demostrar que estos elementos del sistema de medición mantienen sus características metrológicas.

Para las pruebas de rutina de los transformadores de medición se establece un periodo de pruebas piloto de hasta 12 meses contado a partir de la fecha de entrada en vigencia del Acuerdo, como mecanismo para la comprobación de la efectividad y eficacia del procedimiento que se establece en el presente documento.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

- NTC-ISO/IEC 17000 “Evaluación de la conformidad. Vocabulario y principios generales”
- NTC 5933 “Transformadores de instrumentos. Requisitos Generales”
- NTC 2205 “Transformadores para instrumentos. Requisitos adicionales para transformadores de corriente”
- NTC 2207 “Transformadores para instrumentos. Requisitos adicionales para transformadores de tensión”
- IEC 61869 “INSTRUMENT TRANSFORMERS - PART 1: General requirements”
- IEC 61869 “INSTRUMENT TRANSFORMERS – PART 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers”
- GTC-ISO/IEC 99 “Vocabulario Internacional de Metrología”
- Resolución CREG 038 de 2014
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

## 4. DEFINICIONES

**Acreditación:** Atestación de tercera parte relativa a un organismo de evaluación de la conformidad que manifiesta la demostración formal de su competencia para llevar a cabo tareas específicas de evaluación de la conformidad. [NTC-ISO/IEC 17000, 2005 10 26]

**Calibración:** Operación que bajo condiciones específicas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medición asociadas obtenidas a partir de los patrones de medición, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medición a partir de una indicación. [GTC ISO 99, 2009 12 06]

**Clase de exactitud:** Clase de instrumentos o sistemas de medición que satisfacen requisitos metrológicos determinados destinados a mantener los errores de medición o las incertidumbres instrumentales dentro de límites especificados, bajo condiciones de funcionamiento dadas [GTC ISO 99, 2009 12 06]

**Carga nominal:** Valor de la carga en el que se basan las especificaciones de exactitud. [NTC 5933, 2012 10 31]

**Corriente nominal (In):** Valor de la corriente de acuerdo con el cual se fija el desempeño de un medidor conectado a través de transformadores [NTC 5226, 2003 11 26].

**Corriente básica (Ib):** Valor de la corriente de acuerdo con el cual se fija el desempeño de un medidor de conexión directa. [NTC 5226, 2003 11 26].

**Corriente máxima (Imax):** Máximo valor de la corriente que admite el medidor cumpliendo los requisitos de exactitud de la norma respectiva. [NTC 5226, 2003 11 26].

**Desplazamiento de fase ( $\Delta\phi$ ):** Diferencia de fase entre los vectores de las tensiones o corrientes primarias y las tensiones o corrientes secundarias, elegido el sentido de los vectores de forma que este ángulo sea cero para un transformador ideal.

El desplazamiento de fase se considera positivo cuando el vector de la tensión o corriente secundaria está adelantado con respecto al vector de la tensión o corriente primaria. Se expresa habitualmente en minutos o centiradianes. [NTC 5933, 2012 10 31]

**Equipo de medida o medidor:** Dispositivo destinado a la medición o registro del consumo o de las transferencias de energía [Resolución CREG 038 de 2014].

**Error de medición, Error:** Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. [GTC/ISO/IEC99, 2009 12 16]

**Error de relación (ε):** Error que un transformador de instrumentos introduce en la medida y que proviene del hecho de que la relación de transformación real no es igual a la relación de transformación nominal [NTC 5933, 2012 10 31].

El error de relación (error de tensión) [NTC 2207, 2012 10 31], expresado en porcentaje, está dado por la siguiente fórmula:

$$\varepsilon = \frac{k_r * U_s - U_p}{U_p} * 100 [\%]$$

Donde:

$k_r$  = es la relación de transformación nominal

$U_p$  = es la tensión primaria real

$U_s$  = es la tensión secundaria real cuando  $U_p$  se aplica en condiciones de medición

El error de relación (en corriente) [NTC 2205, 2013 12 11], expresado en porcentaje, está dado por la siguiente fórmula:

$$\varepsilon = \frac{k_r * I_s - I_p}{I_p} * 100 [\%]$$

Dónde:

$k_r$  = Relación de transformación nominal

$I_p$  = Corriente primaria real

$I_s$  = Corriente secundaria real cuando  $I_p$  se aplica en condiciones de medición

**Exactitud de medición, Exactitud:** Proximidad del acuerdo entre un valor medido y un valor verdadero de un mesurando. [GTC/ISO/IEC99, 2009 12 16]

**Índice de clase:** Número que expresa el límite del error porcentual admisible para todos los valores del rango de corriente entre 0,1  $I_b$  e  $I_{max}$  ó entre 0,05  $I_n$  e  $I_{max}$  con factor de potencia unitario (y en caso de medidores polifásicos con cargas balanceadas) cuando el medidor se ensaya bajo condiciones de referencia (incluyendo las tolerancias permitidas sobre los valores de referencia). [NTC 5226, 2003 11 26]

**Laboratorio acreditado:** Laboratorio de ensayo y/o calibración, reconocido por un organismo de acreditación, que cumple con los requisitos de competencia técnica establecidos en la norma NTC-ISO-IEC 17025 o la norma internacional

equivalente o aquella que la modifique, adicione o sustituya. [Resolución CREG 038 de 2014].

**Mantenimiento:** Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer el sistema de medición a un estado tal que garantice su exactitud y la máxima confiabilidad [Resolución CREG 038 de 2014]

**Medición, medida:** Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud. [GTC/ISO/IEC99, 2009, 12 16]

**Patrón de medición de trabajo, Patrón de trabajo:** Patrón utilizado habitualmente para calibrar o verificar instrumentos o sistemas de medición. [GTC/ISO/IEC99, 2009 12 16]

**Precisión de medición, Precisión:** Proximidad del acuerdo entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas. [GTC/ISO/IEC99, 2009 12 16]

**Pruebas/Ensayo:** Determinación de una o más características de un objeto de evaluación de la conformidad, de acuerdo con un procedimiento. [NTC-ISO/IEC 17000, 2005 10 26].

**Sistema de medición o de medida:** Conjunto de elementos destinados a la medición y/o registro de las transferencias de energía en el punto de medición. [Resolución CREG 038 de 2014].

**Transformador de corriente, CT o t.c.:** Transformador para instrumentos en el cual la corriente secundaria en las condiciones normales de uso, es sustancialmente proporcional a la corriente primaria y cuya diferencia de fase corresponde a un ángulo que es aproximadamente cero en las condiciones normales de conexión [NTC 2205, 2013 12 11].

**Transformador de corriente para medición,** Transformador de corriente diseñado para alimentar instrumentos de medición, medidores y dispositivos similares [NTC 2205, 2013 12 11].

**Transformador de tensión, PT o t.t.:** Transformador para instrumentos en el cual la tensión secundaria en las condiciones normales de uso, es sustancialmente proporcional a la tensión primaria y cuya diferencia de fase es aproximadamente cero, para un sentido apropiado de las conexiones. [NTC 2207, 2012 10 31] [NTC 5933 2012 10 31]

**Transformador de tensión para medición:** Transformador de tensión destinado a transmitir una señal informativa para instrumentos de medición, medidores integrales y dispositivos similares [NTC 2207, 2012 10 31]

**Transformador de tensión capacitivo:** Transformador de tensión compuesto por una unidad divisora de tipo capacitivo y una unidad electromagnética las cuales están diseñadas e interconectadas de tal forma que la tensión secundaria de la unidad electromagnética es substancialmente proporcional a la tensión primaria y cuya diferencia de fase con ella es de un ángulo aproximado a cero, para un sentido apropiado de las conexiones.[IEC 61869-5 2011 07-3] Traducción no oficial.

**Trazabilidad metrológica:** Propiedad de un resultado de medición por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición. [GTC/ISO/IEC99, 2009 12 16]

**Verificación:** Conjunto de actividades dirigidas a corroborar que el sistema de medición se encuentre en correcto estado de funcionamiento y conforme a los requisitos establecidos. (Resolución CREG 038 de 2014).

## 5. INTERVENCIONES QUE IMPLICAN CALIBRACIÓN POR UN LABORATORIO ACREDITADO

### 5.1.EN MEDIDORES DE ENERGÍA

- Antes de la puesta en servicio (artículo 11 de la Resolución CREG 038 de 2014).
- Después de cualquier intervención donde se retiren los sellos de seguridad de la tapa principal del medidor (artículo 11 de la Resolución CREG 038 de 2014).
- Por plan de mantenimiento definido en el artículo 28 de la Resolución CREG 038 de 2014.
- Por modificación de la programación que afecte la calibración del medidor (artículo 32 de la Resolución CREG 038 de 2014).

### 5.2.EN TRANSFORMADORES DE CORRIENTE O TENSIÓN

- Antes de la puesta en servicio (artículo 11 de la Resolución CREG 038 de 2014).
- Después de cualquier reparación que implique cambio o desarme de partes internas del transformador (artículo 11 de la Resolución CREG 038 de 2014).

## 6. INTERVENCIONES QUE IMPLICAN PRUEBAS DE RUTINA EN TRANSFORMADORES DE CORRIENTE O TENSIÓN

- Por traslado físico de equipos que se encuentran en funcionamiento.
- Por plan de mantenimiento definido en el artículo 28 de la Resolución CREG 038 de 2014.
- Por exceder los plazos entre la calibración y la puesta en servicio (Tabla 6 del Anexo 2, literales e y f de la Resolución CREG 038 de 2014).
- Por cambio de relación de transformación.
- Por solicitud de cualquiera de los interesados.

## 7. FRECUENCIAS DE LAS PRUEBAS DE RUTINA EN TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y TENSIÓN

| Tipo de Punto de Medición | Frecuencia pruebas de rutina [años] |
|---------------------------|-------------------------------------|
| <b>1</b>                  | <b>6</b>                            |
| <b>2 y 3</b>              | <b>8</b>                            |
| <b>4 y 5</b>              | <b>10</b>                           |

## 8. PRUEBAS DE RUTINA PILOTO A TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Los representantes de las fronteras comerciales deben realizar al menos una prueba de rutina piloto por cada tipo de punto de medición que represente, de acuerdo con lo previsto en la Tabla 1 del artículo 6 de la Resolución CREG 038 de 2014, en un plazo de hasta 12 meses contado a partir de la fecha de entrada en vigencia del Acuerdo, siguiendo el procedimiento descrito en el presente documento.

**Tabla 1. Clasificación de puntos de medición**

| Tipo de puntos de medición | Consumo o transferencia de energía, C, [MWh-mes] | Capacidad Instalada, CI, [MVA] |
|----------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1                          | $C \geq 15.000$                                  | $CI \geq 30$                   |
| 2                          | $15.000 > C \geq 500$                            | $30 > CI \geq 1$               |
| 3                          | $500 > C \geq 50$                                | $1 > CI \geq 0,1$              |
| 4                          | $50 > C \geq 5$                                  | $0,1 > CI \geq 0,01$           |
| 5                          | $C < 5$                                          | $CI < 0,01$                    |

Los resultados de la prueba piloto deben ser enviados al correo electrónico: resultadospruebaspiloto@cno.org.co y la Comisión de Trabajo de Medida del CNO coordinará la fecha de su presentación en una de sus reuniones.

En los seis (6) meses siguientes a la fecha de entrada en vigencia del Acuerdo, la Comisión de Trabajo convocará a una reunión en la que se analizarán los resultados presentados hasta la fecha y se harán las recomendaciones a que haya lugar al CNO, sobre la efectividad, eficiencia y pertinencia del procedimiento previsto en el presente documento.

## 9. PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE RUTINA

El procedimiento de realización de las pruebas de rutina de los transformadores de medida se hará en los sistemas de medición de todas las fronteras comerciales en los siguientes niveles de tensión:

- Extra alta tensión (EAT). Los de tensión nominal entre fases superior a 220kV.
- Alta tensión (AT). Los de tensión nominal mayor o igual a 57,5 kV y menor o igual a 220 kV.
- Media tensión (MT). Los de tensión nominal superior a 1 kV e inferior a 57,5kV.
- Baja tensión (BT). Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1 kV.

Las pruebas de rutina de los transformadores de tensión y corriente de medición establecidas en el presente documento, están basadas en las normas NTC 5933 “Transformadores de instrumentos. Requisitos generales”, NTC 2205 “Transformadores para instrumentos. Requisitos adicionales para transformadores

de corriente”, NTC 2207 “Transformadores para instrumentos. Requisitos adicionales para transformadores de tensión” e IEC 61869 “INSTRUMENT TRANSFORMERS – PART 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers”.

## 10. ALCANCE DE LAS PRUEBAS DE RUTINA

Con base en las normas técnicas colombianas NTC 2205 y 2207 e IEC 61869-5, a continuación se relacionan las pruebas de rutina de los transformadores de tensión y de corriente:

- Verificación de marcación de terminales (polaridad y conexionado).
- Error de relación y desplazamiento de fase.
- Medición de cargabilidad o Burden del núcleo de medida.

## 11. PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE RUTINA

### 11.1. ASPECTOS GENERALES

Las pruebas de rutina deberán ser realizadas por el representante de la frontera o por quien él delegue, garantizando siempre la trazabilidad de los equipos a emplear en la realización de éstas, con equipos que sean trazables a patrones nacionales o internacionales (parágrafo del artículo 28 de la Resolución CREG 038 de 2014).

### 11.2. ASPECTOS DE SEGURIDAD

Previo al inicio de las pruebas, se deben garantizar las condiciones de seguridad para el personal en el sitio y el área de trabajo, mediante la aplicación de las normas de seguridad y la legislación vigente para prevención de riesgos y para la implementación del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

### 11.3. ASPECTOS AMBIENTALES

Previo al inicio de las pruebas, se debe garantizar el cumplimiento del plan de manejo ambiental establecido por el representante de la frontera comercial.

## 11.4. VERIFICACIÓN VISUAL

La verificación visual de los transformadores de tensión y corriente se debe hacer observando anomalías, daños o averías, las cuales de presentarse, deben ser registradas en el reporte correspondiente.

### 11.4.1. VERIFICACIÓN DE DATOS DE PLACA

Para la realización de las pruebas de rutina de los transformadores de corriente y de tensión, se deben validar los datos de la placa de características con la información registrada en la hoja de vida de la frontera.

Se debe verificar como mínimo la siguiente información:

- El nombre del fabricante u otra marca que permita identificarlo fácilmente.
- Número de serie o una designación del tipo, preferiblemente ambos.
- Las tensiones primarias y secundarias nominales
- La frecuencia nominal.
- La potencia nominal y clase de exactitud correspondiente.
- La tensión más alta para el equipo
- El nivel de aislamiento nominal
- Factor de tensión nominal y correspondiente tiempo nominal.
- La clase de aislamiento
- En transformadores con más de un devanado, la utilización de cada devanado y sus terminales correspondientes.

## 11.5. ASPECTOS GENERALES

Las pruebas de rutina de los transformadores de medición deberán ser realizadas por el agente o por un representante del mismo, garantizando siempre la trazabilidad de los equipos a emplear.

## 12. PRUEBAS DE RUTINA

Las pruebas de rutina para los transformadores de medición deberán realizarse de acuerdo con cualquiera de los dos métodos siguientes:

- Error y desplazamiento de fase con inyección en el devanado primario con magnitudes nominales.
- Error y desplazamiento de fase por método de simulación.

## 12.1. VERIFICACIÓN DE LA MARCACIÓN DE TERMINALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y TENSIÓN

Se debe verificar la marcación de los terminales asociados al núcleo o núcleos de medida, identificando:

- Los devanados primario y secundario
- Las secciones del devanado, si las hay
- Las polaridades relativas de los devanados y secciones de devanados
- Las derivaciones intermedias, si las hay.

## 12.2. ERROR Y DESPLAZAMIENTO DE FASE CON INYECCIÓN EN EL DEVANADO PRIMARIO CON MAGNITUDES NOMINALES

### 12.2.1. PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Para transformadores de tensión, el error de tensión y desplazamiento de fase a la frecuencia nominal no deben sobrepasar los valores de la Tabla 1 a cualquier tensión entre 80% y 120% de la tensión nominal y para cargas de:

- Cualquier valor entre 0 VA y 100% de la carga nominal con un factor de potencia igual a 1 para el rango de carga I (1,0 VA - 2,5 VA - 5,0 VA -10 VA);
- Entre 25% y 100% de la carga nominal con un factor de potencia de 0,8 inductivo para el rango de carga II (10 VA - 25 VA - 50 VA -  $\geq$  100 VA). [NTC 2207]

Tabla 1 - Límites de error de tensión y desplazamiento de fase para transformadores de tensión para medición

| Clase de exactitud | Error en tensión<br>(relación) $\pm\%$ | Desplazamiento de fase |                     |
|--------------------|----------------------------------------|------------------------|---------------------|
|                    |                                        | $\pm$ Minutos          | $\pm$ Centiradianes |
| 0,1                | 0,1                                    | 5                      | 0,15                |
| 0,2                | 0,2                                    | 10                     | 0,3                 |
| 0,5                | 0,5                                    | 20                     | 0,6                 |

NOTA Cuando los transformadores tienen dos devanados secundarios separados se debe tener en cuenta su interdependencia mutua. Es necesario especificar un rango de potencia para cada devanado sometido a ensayo y cada uno debe satisfacer los requisitos de exactitud dentro de su rango con los devanados sin ensayar a cualquier carga desde cero hasta el valor nominal.

Si no se especifican los rangos de potencia, estos rangos para el devanado sometido a ensayo deben ser 25% a 100% de la potencia nominal para cada devanado.

Si uno de los devanados no está sometido a carga más que ocasionalmente durante tiempos cortos o si se utiliza solo como devanado de tensión residual se puede considerar insignificante su efecto sobre el otro devanado.

## 12.2.2. PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Para transformadores de corriente con clases 0,1 - 0,2 - 0,5, el error de relación y el desplazamiento de fase a la frecuencia nominal no debe exceder los valores presentados en cada uno de los puntos presentados en la Tabla 2 cuando la carga (Burden) pueda asumir cualquier valor entre el 25% y el 100% de la carga nominal

Tabla 2 - Límites de error de corriente y desplazamiento de fase para transformadores de corriente de medición (clases desde 0,1 hasta 1)

| Clase de exactitud | Error de relación $\pm\%$     |      |     |     | Desplazamiento de fase        |    |     |     |                               |      |      |      |
|--------------------|-------------------------------|------|-----|-----|-------------------------------|----|-----|-----|-------------------------------|------|------|------|
|                    |                               |      |     |     | $\pm$ Minutos                 |    |     |     | $\pm$ Centiradianes           |      |      |      |
|                    | A corriente (% de la nominal) |      |     |     | A corriente (% de la nominal) |    |     |     | A corriente (% de la nominal) |      |      |      |
|                    | 5                             | 20   | 100 | 120 | 5                             | 20 | 100 | 120 | 5                             | 20   | 100  | 120  |
| 0,1                | 0,4                           | 0,2  | 0,1 | 0,1 | 15                            | 8  | 5   | 5   | 0,45                          | 0,24 | 0,15 | 0,15 |
| 0,2                | 0,75                          | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 30                            | 15 | 10  | 10  | 0,9                           | 0,45 | 0,3  | 0,3  |
| 0,5                | 1,5                           | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 90                            | 45 | 30  | 30  | 2,7                           | 1,35 | 0,9  | 0,9  |

Para las clases 0,2s y 0,5s el error de relación y el desplazamiento de fase a la frecuencia nominal no deben exceder los valores en cada uno de los puntos presentados en la Tabla 3, cuando la carga (Burden) pueda asumir cualquier valor entre el 25% y el 100% de la carga nominal.

Tabla 3 - Límites de error de corriente y desplazamiento de fase para transformadores de corriente para medición (clases 0,2s y 0,5s)

| Clase de exactitud | Error de relación $\pm\%$     |      |     |     |     | Desplazamiento de fase        |    |    |     |     |                               |      |     |     |     |
|--------------------|-------------------------------|------|-----|-----|-----|-------------------------------|----|----|-----|-----|-------------------------------|------|-----|-----|-----|
|                    |                               |      |     |     |     | $\pm$ Minutos                 |    |    |     |     | $\pm$ Centiradianes           |      |     |     |     |
|                    | A corriente (% de la nominal) |      |     |     |     | A corriente (% de la nominal) |    |    |     |     | A corriente (% de la nominal) |      |     |     |     |
|                    | 1                             | 5    | 20  | 100 | 120 | 1                             | 5  | 20 | 100 | 120 | 1                             | 5    | 20  | 100 | 120 |
| 0,2s               | 0,75                          | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 30                            | 15 | 10 | 10  | 10  | 0,9                           | 0,45 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 0,5s               | 1,5                           | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 90                            | 45 | 30 | 30  | 30  | 2,7                           | 1,35 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |

Para todas las clases, la carga (Burden) debe tener un factor de potencia de 0,8 inductivo, excepto cuando la carga (Burden) sea menor de 5 VA, que se debe usar el factor de potencia de 1,0, con un valor mínimo de 1 VA.

En cada punto de prueba de los transformadores de tensión y de corriente se deben efectuar al menos tres mediciones del error, a los cuales se les debe calcular su error medio.

### 12.3. ERROR Y DESPLAZAMIENTO DE FASE POR MÉTODO DE SIMULACIÓN

De manera general, se pueden usar equipos de prueba que utilicen modelos o sistemas para comprobar el estado metrológico del transformador de medición, siempre y cuando el equipo esté en capacidad de reproducir los puntos de prueba establecidos en los numerales 12.2.1 y 12.2.2 del presente documento.

#### 12.3.1. PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Las pruebas realizadas deben verificar el error en magnitud y ángulo definidos en la Tabla 1 de este documento.

### 12.3.2. PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Las pruebas realizadas deben verificar el error en magnitud y ángulo definidos en la Tabla 2 y 3 de este documento.

### 12.4. MEDICIÓN DE CARGABILIDAD O BURDEN DEL NÚCLEO DE MEDIDA

La medición deberá realizarse en condiciones normales de operación garantizando que el Burden o cargabilidad del núcleo de medida del transformador opere dentro de los rangos establecidos según las normas técnicas NTC2205, NTC2207 e IEC 61869-5 (Anexo 4, literal h CREG 038 de 2014).

La cargabilidad del núcleo del transformador podrá medirse directamente en VA mediante el empleo de equipos que cuenten con esta función, y que cuenten con trazabilidad en la medición de cargabilidad. El resultado de la prueba será conforme cuando los valores de carga en VA medidos, no varíen en más del 5% del valor nominal establecido en la placa de características del transformador objeto de prueba.

La medición podrá hacerse con los transformadores de medida energizados o desenergizados, sin embargo deberá medirse toda la carga asociada al núcleo de medición de los transformadores de tensión y de corriente incluyendo: medidores, conductores y cualquier carga adicional asociada al núcleo empleado en el sistema de medición.

### 12.5. EQUIPOS

Los patrones empleados en las pruebas de rutina deben ser seleccionados teniendo en cuenta las condiciones de utilización, como el nivel de tensión, el tipo de conexión y tipo de sensores apropiados según el tipo de instalación en la que se realicen las pruebas

La exactitud del equipo utilizado para la prueba debe garantizar que sea por lo menos dos (2) veces mejor que la exactitud del equipo objeto de prueba, en el rango de medición aplicable a los transformadores de tensión y de corriente, indicado en este documento, valor que debe corroborarse a partir del certificado de calibración del equipo utilizado como patrón.

Así mismo, deberá considerarse para su selección, que el rango de trabajo del equipo patrón sea apropiado de acuerdo con los rangos de tensión y corriente de operación de los transformadores de tensión y de corriente.

Los equipos deben permitir la incorporación de las constantes de transformación, o de relaciones de transformación, de tal manera que pueda entregar los resultados sin que se requieran cálculos externos que puedan afectar los resultados de prueba obtenidos.

Para que el agente responsable del procedimiento tenga confiabilidad de los resultados de medición, deberá solicitar:

- a. Al proveedor del servicio: que cuente y tenga disponible un programa de aseguramiento metrológico específico para cada equipo de prueba utilizado, en el que como mínimo se determine la frecuencia de calibración.
- b. Al fabricante o al proveedor del servicio: que cuente y tenga disponible un método validado y documentado (aplica únicamente para el método de simulación previsto en el numeral 12.3).

### 13.REPORTE DE RESULTADOS

El reporte de los resultados debe estar sentado en un informe el cual debe incluir como mínimo:

- a) Información general, como fecha de la verificación, fecha de emisión del informe, número de informe y/o acta, nombre de la compañía, nombre de la frontera y su ubicación.
- b) Información técnica de los transformadores de medida. Números de serie, marcas, modelos, tipo, clase de exactitud, relaciones de tensiones y corrientes, entre otra información.
- c) Método de prueba utilizado
- d) Copia del certificado de calibración del equipo patrón utilizado.
- e) Magnitudes eléctricas medidas.
- f) Diagrama de conexiones.
- g) Resultados de las pruebas de rutina.
- h) Evaluación de los resultados de las pruebas de rutina.
- i) Resultados de la verificación visual y fotografías del estado inicial y final.
- j) Firma de quienes realizaron la verificación, elaboración y aprobación del informe.