

**NORMA VENEZOLANA
RECONSTRUCCIÓN DE
TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
DE DISTRIBUCIÓN TIPO INTEMPERIE**

**COVENIN
3540:2022
(2da. Revisión)**

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos mínimos y describe los métodos de ensayo que se deben cumplir en el proceso de reconstrucción de transformadores monofásicos de distribución del tipo intemperie.

2. ALCANCE

Esta norma se aplica a los transformadores monofásicos con niveles de tensión hasta 34,5 kV en alta tensión y niveles de tensión hasta 1,2 kV en baja tensión, con una capacidad hasta 500 kVA, que requieren el servicio de reconstrucción. Esta norma debe conocerla y cumplirla el sector eléctrico nacional.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones generales utilizadas para la elaboración de la norma o que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta norma; las ediciones indicadas, estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente:

ISO 9000:2015	Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario.
COVENIN 462:1995	Aisladores de porcelana. Métodos de ensayos eléctricos y mecánicos. (1ra. Revisión).
COVENIN 532:1968	Materiales eléctricos aislantes. Clases de aislación. (3ra. Edición).
COVENIN 536:2021	Transformadores de potencia. Generalidades.
COVENIN 537:1995	Equipo accesorio para transformadores monofásicos de distribución tipo intemperie. (2da Revisión).
COVENIN 2552:1999	Vocabulario internacional de los términos básicos y generales en metrología.
COVENIN 3172:1995	Transformadores de potencia. Métodos de ensayos.
CODELECTRA 1128:2019	Líquidos dieléctricos. Aceites minerales aislantes nuevos para uso en aparatos eléctricos. (4ta. Revisión).
CODELECTRA 1403:2017	Líquidos dieléctricos. Determinación de la tensión de ruptura dieléctrica, utilizando electrodos de disco.
FONDONORMA 3540:2008	Reconstrucción de transformadores de distribución tipo intemperie.

4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

A los fines de este documento, se aplican los términos y las definiciones indicadas en COVENIN 536 y la FONDONORMA 3540, así como los siguientes:

4.1. Bobina

Es la unidad conformada por los devanados aislados de alta tensión y baja tensión. (Ver FONDONORMA 3540).

4.2. Calidad

Es la totalidad de las características de una entidad que le confiere la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas.

4.3. Conformidad

Es el cumplimiento con los requisitos especificados.

4.4. Ensayos de rutina

Son los ensayos que se destinan a verificar la calidad y la uniformidad de la mano de obra y de los materiales usados en la reconstrucción de transformadores. Son obligatorios en todas las unidades.

4.5. Entidad

Es aquello que puede ser descrito y considerado individualmente.

4.6. Herrajes

Son las estructuras de sujeción del núcleo y los devanados de un transformador.

4.7. Infraestructura

Es el conjunto de medios necesarios para el desarrollo de una actividad.

4.8. Mantenimiento

Es el conjunto de acciones que permiten conservar un equipo para que opere con la máxima disponibilidad durante su vida útil.

4.9. Mantenimiento en sitio

Es el mantenimiento que se realiza al equipo o máquina en campo, sin necesidad de desinstalar el mismo.

4.10. Materia prima

Es todo el material que es transformado en la industria para producir un bien o un servicio.

4.11. Métodos de ensayo

Son los procedimientos de medidas ordenadas, con instrumentos y ambientes adecuados, para determinar, analizar y evaluar las condiciones de funcionamiento de un equipo.

4.12. No conformidad

Es el no cumplimiento de los requisitos especificados.

4.13. Placa de características

Es aquella fijada al transformador donde están contenidos los valores nominales y otros datos esenciales.

4.14. Proceso

Es la secuencia ordenada de actividades para lograr transformar los recursos en productos o servicios.

4.15. Reconstrucción

Es el conjunto de acciones destinadas a la fabricación de una parte o partes significativas de una máquina o equipo usado, y reiniciar su vida útil.

4.16. Reconstrucción de transformadores

Es el proceso al que se somete el transformador fallado para llevarlo a sus especificaciones originales o modificarlo a las necesidades del cliente.

4.17. Transformador reconstruido

Es el transformador al que se le han fabricado totalmente sus bobinas, cambiados por nuevos los aislamientos de la parte activa y el líquido aislante, al que además, pueden habersele modificado sus características nominales, por tanto, reinicia su vida útil.

4.18. Transformador reparado

Es el transformador al que se le han cambiado algunos de sus componentes de la parte activa (núcleo y/o bobinas). El transformador conserva parcial o totalmente su aislamiento original y por tanto no reinicia su vida útil.

5. REQUISITOS DEL PROCESO

5.1. Preparación del tanque, tapa principal, radiadores, aro de sujeción y herrajes

5.1.1. El tanque del transformador sujeto al servicio de mantenimiento o reconstrucción debe encontrarse en buenas condiciones o a lo sumo presentar abolladuras leves de fácil reparación. Adicionalmente, de ser necesario, se deben realizar las siguientes adecuaciones:

5.1.1.1. Realizar orificio para la instalación del cambiador de tomas o derivaciones externas, en caso que el transformador original lo posea internamente. Se debe considerar lo especificado en la COVENIN 537.

5.1.1.2. Realizar orificio para la instalación del cuarto conjunto terminal-aislador de baja tensión, en caso de que el transformador original posea solo tres. Se debe considerar lo especificado en la COVENIN 537.

5.1.1.3. Adecuación de un niple NPT con rosca interna de 3/8 o 1/2 pulgadas para la instalación de la válvula de alivio de presión, en caso de no poseerlo originalmente.

5.1.1.4. Se debe realizar cualquier otra modificación, según el requerimiento del cliente y en conformidad con las normativas aplicables vigentes, realizando la toma de medidas exactas que garanticen la mejor distribución de accesorios en el transformador.

5.1.2. La tapa del transformador sujeto al servicio de mantenimiento o reconstrucción debe encontrarse en buenas condiciones o a lo sumo presentar abolladuras leves de fácil reparación. Adicionalmente, de ser necesario, en el caso que la tapa posea originalmente tapa de inspección, realizar el sellado de la misma con cordón de soldadura que asegure la hermeticidad del transformador posterior a su armado.

5.1.3. Los radiadores del transformador sujeto al servicio de mantenimiento y reconstrucción deben encontrarse en buenas condiciones o a lo sumo presentar abolladuras leves de fácil reparación.

5.1.4. En caso de que alguno de estos componentes (tanque, tapa, radiadores, aro, herraje) requieran sustituirse por su equivalente, deben ser de conformidad con las exigencias del cliente y con las normativas aplicables vigentes. Deben mantenerse las dimensiones y cantidad de elementos.

5.1.5. El tanque, tapa, aro y herraje del transformador previo al proceso de pintura deben estar completamente secos y libres de polvo, óxido, grasas, aceite y cualquier otra sustancia contaminante que pueda perjudicar la adherencia y durabilidad del recubrimiento, para lo cual se deben usar algunos de los métodos que se mencionan a continuación:

- a) Limpieza mediante chorro de arena.
- b) Limpieza por medios químicos.

5.1.6. El tanque, tapa, aro y herraje del transformador deben pintarse de color Gris RAL 7035.

5.1.7. Las superficies a pintar deben tener como protección una capa de fondo anticorrosivo compatible con la pintura de recubrimiento final, con un valor mínimo de cincuenta (50) micras de espesor. El tipo y calidad de fondo debe ser aprobado por convenio entre la empresa y el cliente.

5.1.8. La película o espesor de pintura debe ser superior a ciento cincuenta (150) micras, con instrumento de medición que permita verificar el espesor en al menos tres zonas de la superficie pintada. El tipo y calidad de pintura debe ser aprobado por convenio entre la empresa y el cliente.

5.2. Preparación de accesorios

5.2.1. Todos los accesorios como aisladores de alta y baja tensión, cambiador de tomas, válvula de alivio y conectores deben ser revisados para determinar los daños o defectos que presentan con la finalidad de evaluar su reúso o sustitución.

5.2.2. Todos los conectores que sean aptos para ser reusados se deben limpiar, desengrasar y someter a un proceso electrolítico de estañado.

5.2.3. Los aisladores de alta y baja tensión que sean aptos para ser reusados se deben limpiar a fin de eliminar grasas y polvo previo al proceso de secado.

5.3. Preparación del conjunto núcleo-devanados (parte activa)

5.3.1. Desarme de la parte activa

5.3.1.1. Para el proceso de reconstrucción se deben mantener las especificaciones originales. En este sentido, se deben tomar y registrar con exactitud los datos de los devanados como: dimensiones y número de vueltas en los devanados de baja y alta tensión, tipo y calibre del conductor, espesor mínimo de papel aislante.

5.3.1.2. En el desarme, las láminas del núcleo no deben ser golpeadas, dobladas o maltratadas. La superficie de las láminas del núcleo debe limpiarse con la finalidad de eliminar las impurezas que puedan contaminar el aceite dieléctrico.

5.3.2. Fabricación de devanados

5.3.2.1. Los devanados deben ser fabricados con material nuevo y deben mantener las características eléctricas y físicas originales.

5.3.2.2. Se puede permitir la reutilización del conductor del devanado de baja tensión, solo en los casos de láminas o pletinas no esmaltadas, de aluminio o de cobre, siempre y cuando estén en buenas condiciones y cumplan con las características eléctricas y físicas originales.

5.3.2.3. Cuando se utilizan otros calibres de conductores de aluminio o de cobre para sustituir los devanados originales, estos conductores deben ser idénticos o superiores en conductividad a los conductores originales, y este cambio solo debe realizarse si existe el acuerdo con el cliente.

5.3.2.4. Las derivaciones deben ser conectadas correctamente para que la tensión de salida esté conforme con los datos de placa de características del transformador.

5.3.2.5. El tipo de soldadura utilizada en los devanados debe soportar la corriente, las vibraciones y la temperatura máxima de funcionamiento del transformador.

5.3.2.6. El sistema completo de aislamiento, los métodos de aplicación y los canales de enfriamiento deben ser equivalentes a los originales y compatibles con el aceite dieléctrico. Todos los materiales del sistema de aislamiento deben ser nuevos.

5.3.3. Armado de parte activa

5.3.3.1. Cuando se arme el núcleo sus láminas deben quedar bien ajustadas para evitar el incremento de la corriente de excitación. Para el amarre del núcleo con sus herrajes, después de armado, se debe utilizar un fleje para el ajuste preciso.

5.3.3.2. Una vez armada la parte activa, se debe realizar un ensayo de relación de espiras al 100 % de la producción.

5.3.4. Proceso de secado

5.3.4.1. El proceso de secado debe garantizar:

- a) Extracción de humedad para lograr superar los ensayos de aislamiento.
- b) Garantizar no causar daños físicos en los materiales aislantes.

5.3.4.2. El horno usado para realizar el secado debe cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- a) Temperatura uniforme internamente.
- b) Circulación continua de aire caliente.

c) Extracción de humedad continua.

5.3.4.3. Se debe extraer la humedad de los aisladores de porcelana sometiendo los mismos a un proceso de secado a través del horno con una temperatura mínima de 115 °C, por un tiempo mínimo de seis (6) horas.

5.3.4.4. La parte activa antes de ser instalada en el tanque, se debe someter a un proceso de secado a través del horno con un tiempo mínimo de dieciocho (18) horas de duración a una temperatura mínima de 115 °C, con la finalidad de extraer la humedad y curar la resina del papel con respecto al conductor. Considerar las especificaciones de temperatura máxima definidas por los fabricantes de los materiales aislantes (papel, cartón, esmalte de conductor) durante el proceso de secado de la parte activa, a fin de no deteriorar sus propiedades.

5.3.4.5. Culminado el secado se debe realizar una prueba de resistencia de aislamiento al 100 % de la producción para verificar posible presencia de humedad interna tanto en los aisladores de porcelana como en el aislamiento del conjunto núcleo – devanados.

5.3.5. Armado del transformador

5.3.5.1. El núcleo - devanados, los accesorios, las empacaduras y los tornillos deben ser instalados correctamente y asegurados al tanque.

5.3.5.2. Todas las empacaduras utilizadas en el transformador deben ser nuevas, fabricadas en acrilonitrilo, hechas en una sola pieza y fijadas apropiadamente. Las dimensiones de las empacaduras deben ser iguales a las originales.

5.3.5.3. Toda la tornillería usada en el interior del tanque debe ser de calidad equivalente a la utilizada por el fabricante del transformador.

5.3.5.4. El tanque debe llenarse de aceite dieléctrico nuevo o tratado con una rigidez dieléctrica mínima de 35 kV a un nivel indicado entre los aisladores de baja tensión y la válvula de alivio. El aceite dieléctrico utilizado debe cumplir con los requisitos contenidos en la COVENIN 1128.

5.3.5.5. Se debe practicar el vacío en el tanque a la presión de 84.7 kPa (25 inHg) durante cuarenta (40) minutos, para extraer las burbujas creadas por el llenado de aceite en el tanque del transformador. Al finalizar el vacío se debe verificar la inexistencia de fugas en el tanque a través de un ensayo de hermeticidad.

6. REQUISITOS DE MATERIA PRIMA

6.1. La empresa reconstructora debe contar con la permisología vigente para el manejo y almacenamiento de aceites dieléctricos nuevos y usados. Así mismo, debe gestionar la disposición final del aceite dieléctrico usado, con empresas debidamente autorizadas para tal actividad.

6.2. La empresa reconstructora debe presentar a sus clientes, cuando así lo requieran, los certificados de calidad de las siguientes materias primas empleadas en la reconstrucción de los transformadores:

- a) Conductores.
- b) Materiales aislantes (papeles, cartones y aisladores de porcelana).
- c) Aceite dieléctrico.
- d) Cambiador de toma.

6.3. La empresa debe tener métodos de ensayo internos verificables y auditables para comprobar la calidad de la materia prima que fue respaldada por un certificado de laboratorio.

7. TRAZABILIDAD DE LOS EQUIPOS

Los instrumentos de medida utilizados en el proceso de reconstrucción de transformadores monofásicos de distribución del tipo intemperie, deben estar calibrados por un laboratorio acreditado, cumpliendo con la frecuencia establecida en el plan de calibración definido. La clase de precisión de los instrumentos de medición utilizados en los métodos de ensayo estará en función de las mediciones que se requieren y de acuerdo a las tolerancias del proceso.

NOTA. Discriminación y sensibilidad adecuadas. Los incrementos de medición debieran ser pequeños, relativos a la variación del proceso o límites de especificación para propósitos de mediciones. La comúnmente conocida como regla 10 o regla 1 a 10, establece que la discriminación del instrumento debiera dividir la tolerancia (o variación del proceso) en 10 partes o más. Esta regla empírica tiene la intención de ser un punto mínimo inicial y práctico para selección de calibre.

[FUENTE: Tomada de AIAG. 2010. Análisis de sistemas de medición: Manual de referencia].

8. MÉTODOS DE INSPECCIÓN Y ENSAYO

8.1. Condiciones generales

A los fines de este documento, además de tener en cuenta las generalidades contenidas en la COVENIN 3172, se deben considerar las siguientes condiciones:

8.1.1. Las empresas rectoras deberán disponer de los equipos, herramientas y espacio físico para ejecutar los ensayos.

8.1.2. Los resultados de los ensayos de rutina se consignan en los formularios de protocolo de pruebas, indicados en los anexos A y B.

8.2. Inspección por atributos

Consiste en verificar visualmente y con detalle, las partes y accesorios del transformador tales como: conexión de los terminales de alta y baja tensión, conectores de puesta a tierra, estado del tanque, pintura, condiciones de operatividad del cambiador de toma y válvula de alivio. Esta inspección se debe realizar antes de efectuar los ensayos.

8.3. Ensayos

Se deben aplicar los ensayos que se listan a continuación, contenidos en la COVENIN 3172.

8.3.1. Ensayo de tensión aplicada

Se considera aprobado el ensayo si durante el mismo no se presenta ninguna de las siguientes anomalías: presencia de humo, ruido audible, burbujeo en el aceite o un incremento repentino de la corriente de prueba. En caso de que sea necesario realizar nuevamente este ensayo, la tensión a aplicar no debe exceder el 75 % del valor nominal del ensayo.

8.3.2. Ensayo de tensión inducida

Se considera aprobado el ensayo si durante el mismo no se presenta ninguna de las siguientes anomalías: presencia de humo, ruido audible, burbujeo en el aceite o un incremento repentino de la corriente de prueba. En caso de que sea necesario realizar nuevamente este ensayo, la tensión a aplicar no debe exceder el 75 % del valor nominal del ensayo.

8.3.3. Verificación de la relación de transformación

Evaluar: se debe efectuar las lecturas para todas las posiciones del cambiador de tomas para verificar cada relación de transformación. Concluida la medición de relación de transformación se debe verificar que esta medida no exceda la tolerancia especificada en la COVENIN 536.

8.3.4. Ensayo de medida de las pérdidas, debidas a la carga y tensión de cortocircuito

Los valores de pérdidas bajo carga e impedancia de cortocircuito de aceptación, así como, sus tolerancias, deben ser suministradas por el cliente. En su defecto, estos valores no deben exceder las tolerancias y valores de pérdidas especificados en la COVENIN 536.

8.3.5. Ensayo de medida de las pérdidas y la corriente en vacío

Los valores de pérdidas bajo carga e impedancia de cortocircuito de aceptación, así como sus tolerancias, deben ser suministradas por el cliente. En su defecto, estos valores no deben exceder las tolerancias y valores de pérdidas especificados en la COVENIN 536.

8.3.6. Ensayo de medida de la resistencia de aislamiento

Las resistencias medidas en el aislamiento del transformador no deben ser inferiores a 1000 M Ω referidos a 20 °C. Los factores de corrección de resistencia de aislamiento a 20 °C están referidos en la COVENIN 536.

8.3.7. Ensayo de hermeticidad

El transformador debe mantener la presión de ensayo especificada en la COVENIN 3172 (0,7 kg/cm² para tanques cilíndricos) por seis (06) horas. Para considerar la conformidad del ensayo de hermeticidad, el transformador no debe presentar fugas de gas ni filtraciones del líquido aislante durante el ensayo, y posterior al ensayo el tanque no debe haber sufrido deformaciones permanentes.

8.3.8. Ensayo de medición de la rigidez dieléctrica del aceite

El valor promedio de las lecturas de rigidez dieléctrica del aceite no deberá ser menor de 35 kV, siempre que se cumpla con el criterio de consistencia estadística (ver CODELECTRA 1128 y 1403).

9. MARCADO, ETIQUETADO Y EMBALAJE

9.1. Marcación

Cada transformador debe estar provisto de una placa de características, que debe estar ubicada en un lugar visible y hecha de un material resistente a la corrosión, indicando en forma clara e indeleble, los datos siguientes:

- a) Nombre de la empresa reconstructora.
- b) Número, código, RIF de la empresa reconstructora.
- c) Norma Venezolana COVENIN.
- d) Fecha de reconstrucción.
- e) Capacidad nominal en kVA.
- f) Las tensiones nominales primarias y secundarias.
- g) Número de fases.
- h) Diagrama de conexión.
- i) Impedancia de cortocircuito, en porcentaje de la tensión nominal.
- j) Nivel de aislamiento, en kV.
- k) Marca original del transformador.
- l) Serial original del transformador.
- m) Serial de reconstrucción.
- n) Peso (kg).
- o) Frecuencia.
- p) Tipo de enfriamiento.
- q) Detalles de los derivados de distribución.
- r) Polaridad.

9.2. Identificación

Mediante una identificación de color, resistente a la intemperie y de tamaño que pueda ser apreciado una vez instalado el transformador en un poste, se debe indicar los siguientes datos:

- a) El logotipo de la empresa reconstructora.
- b) Especificaciones adicionales de identificación, operación y seguridad requeridas por el cliente, siempre que no contravengan la COVENIN 536.
- c) Los transformadores cuyos valores nominales de B.T sean 240/480 V, para tener una identificación especial, se recomienda que la tapa del tanque esté pintada de color rojo, para diferenciarlo de otras tensiones nominales.

9.3. Embalaje

El embalaje de los transformadores reconstruidos se debe efectuar de acuerdo a las especificaciones del cliente, siempre que no contravengan la COVENIN 536.

BIBLIOGRAFÍA

COVENIN 2552:1999. *Vocabulario internacional de los términos fundamentales. Generales de metrología*. Caracas.

NTF 200:2009. *Código Eléctrico Nacional*. Caracas: FONDONORMA.

PROYECTO DE NORMA