

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS A REALIZAR EN
TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Balbuzano P, Mauro
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2011

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS A REALIZAR EN
TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

Profesor Guía: Ing. Nerio Ojeda

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Balbuzano P, Mauro
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2011

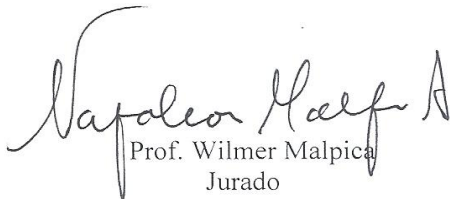
CONSTANCIA DE APROBACIÓN


Caracas, 09 de noviembre de 2011


Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Mauro Balbuzano P., titulado:

“ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS A REALIZAR EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducentes al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Potencia, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Wilmer Malpica
Jurado


Prof. José Moronta
Jurado


Prof. Nerio Ojeda
Prof. Guía

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mi familia.

AGRADECIMIENTO

Gracias a toda mi familia mi papa, mi mama, mi hermana, mi abuela, mi novia, a mis amigos, a los profesor de la facultad que ayudaron en mi formación y a todos los demás sin excepción.

Mauro. Balbuzano P.

**ANALISIS DE LA PRUEBAS A REALIZAR EN TRANSFORMADORES DE
POTETENCIA**

Prof. Guía: Ing. Nerio Ojeda, Tesis. Caracas. U.C.V Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Potencia. Institución: Universidad Central de Venezuela. 2011.Pág. 96 + ANEXOS.

Resumen: A continuación se presenta un estudio de factibilidad de la realización de los ensayos a transformadores de distribución propuestos por la norma COVENIN 536 [1] en los laboratorios de potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCV, para lograr este objetivo se realizaron diferentes pruebas, se consultaron tanto normas nacionales como internacionales y valores obtenidos durante alguna de los ensayos realizados por el fabricante a transformadores de distribución. Se presenta los ensayos que se pueden realizar en estos laboratorios, con su metodología y procedimiento para realizar los mismos, se analizan las diferentes limitaciones a la hora de aplicar los ensayos, y se describen los instrumentos necesarios para su realización.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
INDICE GENERAL	vii
Lista de Figuras	x
Lista de Tablas.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1 FUNDAMENTOS DEL TRABAJO	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 Objetivos	3
1.3 METODOLOGÍA.....	3
CAPÍTULO II	5
2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 Clasificación de los ensayos	5
2.2 Ensayos de Rutina	6
2.3 Ensayos Tipo.....	6
2.4 Ensayos Especiales	6
2.5 Ensayos de rutina	7
2.5.1 Medición de la resistencia óhmica de los devanados	7
2.5.2 Medición de la relación de transformación	7
2.5.3 Comprobación de la polaridad	8
2.5.4 Medición de las pérdidas debido a la carga y de la tensión de corto circuito9	
2.5.5 Medición de las pérdidas y de la corriente en vacío	10
2.5.6 Ensayo de tensión aplicada.....	12
2.5.7 Ensayo de tensión inducida	13

2.5.8 Hermeticidad del tanque	13
2.6 Ensayos tipo	14
2.6.1 Aumento de temperatura	14
2.6.2 Tensión de impulso con onda completa	15
2.7 Ensayos especiales.....	16
2.7.1 Prueba del factor de potencia del aislamiento	17
2.7.2 Medición de la resistencia del aislamiento	22
2.7.3 Medición del aislamiento del circuito magnético	24
2.7.4 Medición de nivel de ruido.....	24
2.7.6 Medición de descargas parciales.....	25
CAPÍTULO III	27
3 METODOLOGÍA	27
3.1 Metodología.....	27
3.2 Consulta de normas nacionales e internacionales	27
3.3 Selección de los transformadores bajo estudio	28
3.4 Ubicación de fuentes y equipos de medición	29
3.5 Realización de pruebas en el laboratorio	29
3.6 Realizar ensayos según las directrices de la Norma ISO/IEC 17025	33
CAPÍTULO IV.....	34
4 METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR LOS ENSAYOS ...	34
4.1 Recomendaciones Generales para Realizar los Ensayos:	34
4.2 Ensayos de Rutina	36
4.2.1 <i>Medición de Resistencia de los Devanados</i>	36
Sensibilidad.....	38
4.2.2 <i>Verificación de Polaridad y Relación de Transformación</i>	38
4.2.3 <i>Medición de las pérdidas debidas a la carga y tensiones de cortocircuito</i>	41
4.2.4 <i>Medición de las pérdidas y la corriente de vacío</i>	47
4.2.5 <i>Ensayo de Tensión Aplicada</i>	52
4.2.6 <i>Ensayo de tensión inducida</i>	54
4.2.7 <i>Ensayo de Hermeticidad:</i>	56

4.3 Ensayos Tipo:	58
4.3.1 <i>Ensayo de aumento de temperatura:</i>	58
4.3.2 <i>Ensayo de onda de choque completa:</i>	65
4.4 Ensayos Especiales:	72
4.4.1 <i>Ensayo de onda de choque cortada:</i>	72
4.4.2 <i>Ensayo de descargas parciales:</i>	73
4.4.3 <i>Ensayo de nivel de ruido.</i>	76
4.4.4 <i>Ensayo de medición del aislamiento del circuito magnético:</i>	81
4.4.5 <i>Medición de la Resistencia de Aislamiento:</i>	84
4.4.6 <i>Medición del factor de potencia del aislamiento:</i>	89
RECOMENDACIONES	94
CONCLUSIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
BIBLIOGRAFÍA	100

Lista de Figuras

Figura 1 Transformador con devanados señalados	9
Figura 2. Método de medición general.	19
Figura 3. Diagrama fasorial correspondiente a la corriente que pasa por el aislamiento.	20
Figura 4. Diagrama fasorial y modelo equivalente para el aislamiento	22
Figura 6 Medición de la temperatura ambiente	35
Figura 7 Puente de Kelvin marca Tettex A.G Type 2205	38
Figura 8. Circuito de medición TTR100 marca Megger monofásico	40
Figura 9. Conexión para ensayo de cortocircuito	44
Figura 10 Conexión para ensayo de vacío en transformadores 12,47kV:120/240V... 51	
Figura 11 Conexión para ensayo de vacío en transformadores 12,47kV:240/480V... 51	
Figura 12. Conexión para realizar ensayo de tensión aplicada por devanado de alta tensión	53
Figura 13. Conexión para realizar ensayo de tensión aplicada por devanado de baja tensión	54
Figura 14 Conexión para ensayo de tensión inducida en transformadores 12,47kV:120/240.....	56
Figura 15 Conexión para realizar el ensayo de aumento de temperatura por el método A	61

Figura 16 Conexión para realizar el ensayo de aumento de temperatura por el método B	63
Figura 17 Conexión para ensayo de onda de choque completa por el devanado de alta tensión por H1	70
Figura 18 Conexión para ensayo de onda de choque completa por el devanado de alta tensión por H2	70
Figura 19 Panel de control para el Generador de Impulso	71
Figura 20 Osciloscopio Tektronik	71
Figura 21 Panel de control para simulador de alta tensión	76
Figura 22 Conexión para realizar ensayo de medición de ruido en transformadores 12,47kV :120/240 V.....	80
Figura 23 Conexión para realizar ensayo de medición de ruido en transformadores 12,47kV:240/480V	80
Figura 24 Conexión para realizar ensayo de medición de resistencia del aislamiento del circuito magnético por el método A.....	83
Figura 25 Conexión para realizar ensayo de medición de resistencia de aislamiento del circuito magnético por el método B	84
Figura 26 Conexión para realizar el ensayo de resistencia del aislamiento entre devanado de alta tensión y baja tensión	88
Figura 27 Conexión para realizar el ensayo de resistencia del aislamiento entre devanado de alta tensión y el tanque del transformador	88
Figura 28 Conexión para realizar el ensayo de resistencia del aislamiento entre devanado de baja tensión y el tanque del transformador	89

Figura 29 Conexión para realizar el ensayo de medición de factor de potencia por el devanado de alta tensión y baja tensión	91
Figura 30 Conexión para realizar el ensayo de medición de factor de potencia por el devanado de alta tensión y el tanque del transformador	92
Figura 31 Conexión para realizar el ensayo de medición de factor de potencia por el devanado de baja tensión y el tanque del transformador	92

Lista de Tablas

Tabla 1. Factor de corrección por temperatura.....	18
Tabla 2. Método de medición.....	20
Tabla 3 Magnitudes electricas esperadas en las pruebas de rutina para transformadores 12,47kV/ 120-240V.....	30
Tabla 4 Magnitudes electricas esparadas en las pruebas de rutina para transformadores 12,47kV/ 240-480V.....	31
Tabla 5. Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV/240V y 12,47kV/480V	43
Tabla 6. Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV:120/240V	49
Tabla 7. Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV:240/480V.....	50
Tabla 8. Tensión de ensayo y tiempo de duración del mismo.....	56
Tabla 9 Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV/240 V y 12,47/480V	60
Tabla 10 Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV/ 120:240 V	63
Tabla 11 Factor de corrección por sonido promedio del ambiente	79
Tabla 12 Indicadores del estado del aislamiento de transformador	86

Tabla 13 Factor de corrección por temperatura.....	87
Tabla 14 Método de medición.....	91
Tabla 15 Factor de corrección por temperatura.....	93
Tabla 16 Valores del factor de potencia de aislamiento a 20° C. (Datos tomados del manual del equipo DOBLE)	93

INTRODUCCIÓN

Los transformadores de potencia y distribución suelen ser el activo más valioso de una subestación o una central, son componentes indispensables de los equipos de alta tensión para las centrales de generación de energía, los sistemas de transporte y las grandes plantas industriales. Los fallos inesperados en los transformadores producen perturbaciones graves en los sistemas de operación, lo que da lugar a paradas no programadas y problemas de suministro de energía. Estos fallos pueden ser el resultado de un mantenimiento deficiente, de un mal funcionamiento, de una protección deficiente, de averías no detectadas, defectos de fábrica, o incluso de caída de rayos o de cortocircuitos graves. [1]

Las pruebas eléctricas son aquellas que determinan las condiciones en que se encuentra el equipo eléctrico, para determinar sus parámetros de operación y se consideran la base principal para verificar y apoyar los criterios de aceptación o para analizar los efectos, cuando sucedan cambios o variaciones con respecto a los valores iniciales de puesta en servicio o de la última prueba.

Es por esto que el departamento de Potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela se ha propuesto a mediano plazo la implantación de pruebas de rutina, tipo y especiales en transformadores de distribución. Alcanzar esta meta conlleva un estudio de la potencialidad e instrumentación que se necesitan para la implementación de los ensayos. El objeto de este trabajo de grado está asociado con las pruebas que se pueden realizar en la Escuela de Ingeniería Eléctrica, para lo cual el presente documento estará conformado por el Capítulo I se presentan las bases que fundamentan la investigación y la metodología a utilizar, en el Capítulo II se describe la metodología a utilizar para alcanzar los objetivos planteados en dicho trabajo y finalmente, en el Capítulo III se presenta el plan de trabajo a seguir para el cumplimiento de los objetivos en Capítulo IV la metodología y procedimientos para realizar los ensayos.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTOS DEL TRABAJO

En este capítulo se presentan las bases que fundamentan esta investigación, entre las cuales se encuentran el planteamiento del problema, el objetivo general y los correspondientes objetivos específicos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los transformadores de potencia son elementos importantes de todo sistema de distribución, son máquinas eléctricas diseñadas alrededor de un ciclo de vida útil de unos 30 años [2]. Esto no quiere decir que no se pueda continuar su explotación mas allá de este tiempo, de hecho gran parte del parque de operación eléctrica e industrial viene operando con máquinas fiables más allá de este límite. Lo realmente importante es conocer el estado y evolución del transformador para estar en condiciones de poderlo operar con la máxima seguridad y saber si es apropiado continuar su uso, conocer la capacidad de sobrecarga, limitar la potencia, reacondicionarlo o en su caso retirarlo del servicio activo.

Es por esto que en el momento de fabricación, reparación, reconstrucción o fallas en los mismos se realizan una serie de pruebas para garantizar su funcionamiento. Entre las pruebas se diferencian las pruebas de rutina, pruebas tipo y las pruebas especiales.

Los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela cuentan con equipamiento para realizar parte de estas pruebas, en algunos transformadores, ya que, el mismo puede presentar distintas especificaciones como tipo de transformador, relación de transformación, potencia, son algunos de los datos respectivos, estableciendo la posibilidad de llegar a cien elementos distintos.

Para realizar las pruebas en dicho laboratorio se debe seleccionar el transformador de potencia, las pruebas que deben y pueden realizarse y el equipo apropiado para realizarlas requiere de un estudio de factibilidad y un manual de operaciones para realizarlas. Con este estudio se da la posibilidad de que los ensayos puedan certificarse, ya que dada la importancia de los transformadores de distribución los usuarios han producido un aumento de la necesidad de asegurar que los laboratorios que forman parte de organizaciones mayores o que ofrecen otros servicios, puedan funcionar de acuerdo con un sistema de gestión de la calidad que se considera que cumple la Norma ISO 9001 así como con normas Internacionales.

1.2 OBJETIVOS

- Objetivo General

1. Analizar las pruebas que se pueden realizar a los transformadores de potencia.

- Objetivos Específicos

1. Identificar las normas nacionales e internacionales asociadas a las pruebas de los transformadores.

2. Establecer los ensayos que pueden y deben realizarse según el tipo de transformador.

3. Identificar el tipo de transformador que puede ser objeto a prueba.

4. Estudiar la factibilidad de realizar los ensayos en la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

5. Establecer la metodología, equipos y procedimientos para realizar los ensayos.

6. Redactar los protocolos y documentación para cumplir con los requerimientos de la Norma ISO/IEC 17025.

1.3 METODOLOGÍA

Para la realización de los objetivos anteriormente descritos se consultaron normas nacionales e internacionales entre las cuales las mayormente utilizadas fueron la norma COVENIN 3172-95 [4] y la norma estadounidense IEEE Std C.v57.12.90 [5].

La mayoría de las metodologías y procedimientos para realizar los ensayos descritos en este trabajo fueron realizados según los lineamientos de estas normas. Luego de haber consultados las diferentes normas, se realizó la selección de los transformadores a ser ensayados los cuales son: transformadores de distribución con potencias de 5 a 500 kVA con niveles de tensión en el devanado de alta de 12,47kV y devanados de baja tensión de 120/240 V y 240/480 V, posteriormente se verificaron las limitaciones que se presenta a la hora de realizar los ensayos en los laboratorios de la E.I.E, esta verificación se realizó estimando los valores máximos de corriente, tensión y potencia que son necesarios para realizar los ensayos.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta la base teórica que respalda esta investigación, abordando conceptos, nociones y principios básicos relacionados con ensayos eléctricos de transformadores de distribución.

En su mayoría, las metodologías y procedimientos para realizar los ensayos descritos en este trabajo fueron realizados según los lineamientos mayormente de la norma venezolana COVENIN 3172-95 [4]. Transformadores de Potencia Métodos de Ensayos y de la norma estadounidense IEEE Std C.v57.12.90. Test Code for Distribution and Power Transformers [5].

Los ensayos eléctricos son clasificados según los parámetros que estos miden, la norma COVENIN 536-94 Transformadores de Potencia Generalidades [3], propone la siguiente clasificación de los ensayos y definiciones.

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS

Los ensayos aplicados a transformadores de distribución se clasifican en:

- Ensayos de rutina
- Ensayos tipo
- Ensayos especiales

La clasificación de las pruebas dentro de cada grupo no es exclusiva, muchas veces dependiendo de los kVA nominales del transformador, un ensayo puede ser de rutina, pero al mismo tiempo la misma prueba para otro transformador con otros kVA nominales puede ser tipo.

También, puede darse el caso que previo acuerdo entre el comprador y el fabricante se consideran pruebas tipo o de rutina alguna que normalmente sería tomada como especial. En tal sentido nunca debe tomarse con rigidez la clasificación de las pruebas dentro de un grupo particular.

2.2 ENSAYOS DE RUTINA

- Medición de la resistencia de los devanados.
- Medición de la relación de transformación y comprobación de la polaridad.
- Ensayo de medición de las pérdidas a la carga y tensión de cortocircuito.
- Ensayo de medición de las pérdidas y corriente de vacío.
- Ensayo por tensión inducida.
- Ensayo de tensión aplicada.
- Ensayo de hermeticidad.

2.3 ENSAYOS TIPO

- Ensayo de aumento de temperatura.
- Ensayo de onda de choque completa.

2.4 ENSAYOS ESPECIALES

- Ensayo de onda de choque cortada.
- Ensayo de medición de descargas parciales.
- Ensayo de cortocircuito.
- Ensayo de nivel de ruido.
- Ensayo de medición de impedancia de secuencia cero.
- Ensayo de medición del aislamiento circuito magnético.
- Ensayo de medición de la resistencia de aislamiento.
- Ensayo de factor de potencia del aislamiento.

2.5 ENSAYOS DE RUTINA

Son los ensayos que se deben realizar para verificar la calidad y la uniformidad de la mano de obra y de los materiales utilizados en la fabricación de los transformadores. Son obligatorios en todas las unidades de producción.

A continuación se describirán los ensayos de rutina aplicados a transformadores de distribución.

2.5.1 Medición de la resistencia óhmica de los devanados

El objetivo de este ensayo es medir la resistencia de los devanados en frío. El valor de la resistencia de los devanados en frío, permite estimar la temperatura promedio dentro de los devanados al final de la prueba de aumento de temperatura; para este cálculo se vuelve a medir la resistencia al terminar la prueba. Valiéndose del coeficiente térmico de resistividad y conociendo cual ha sido la variación en la temperatura. También permite diagnosticar las conexiones internas de los devanados. La norma COVENIN 3172[4] propone los siguientes métodos para realizar este ensayo: método del puente y método del voltímetro-amperímetro.

El puente de Kelvin es el elemento utilizado para realizar la medición el cual tiene un rango de medición desde fracciones muy pequeñas de ohmios hasta unos cuantos ohmios, tiene la ventaja de tener una línea por la que circula la corriente y otra línea distinta para detectar la caída de potencial. Esta última línea se conecta a los terminales bajo prueba, lo cual hace que la medición no incluya la caída de los cables de conexión, esta es la razón por la cual se recomienda el puente de Kelvin, para la medición de la resistencia de bajo valor. La circulación de corrientes de pequeña intensidad, la sencillez de las conexiones y la rapidez para obtener una medición hace que sea un método muy preciso de medir la resistencia de los devanados. [7]

2.5.2 Medición de la relación de transformación

Este ensayo tiene como objeto determinar la relación de transformación en cada una de las posiciones del conmutador de tomas de los transformadores.

La relación de transformación puede definirse en función de las características de construcción o en función de las variables de operación; en función de las características de construcción es la razón del número de vueltas del devanado de baja tensión.

$$a = \frac{N_h}{N_x} \quad \text{Ecuación 1}$$

, donde:

a: relación de transformación

NH: número de vueltas del devanado de alta tensión

NX: número de vueltas del devanado de baja tensión

Se considera satisfactorio el ensayo para cualquiera de los métodos de medición, si la relación de transformación en vacío para la toma principal está dentro del valor nominal especificado con una tolerancia de 0.5%. Para las tolerancias en diferente toma se debe llegar a un acuerdo con el fabricante. [7]

2.5.3 Comprobación de la polaridad

Este ensayo tiene como objetivo identificar la polaridad de los transformadores, lo cual es necesario para determinar la posición de diversos terminales, al agrupar los transformadores o conectarlos en paralelo.

Cuando se aplica a un devanado una onda sinodal de tensión, en el otro devanado se induce otra onda proporcional a la aplicada. La onda aplicada y la inducida prácticamente se encuentran en fase, de manera que habrá un terminal de alta tensión y de baja tensión que en cualquier instante tendrán siempre la misma polaridad. Estos

terminales se identifican en los diagramas con un punto y en los terminales del transformador con subíndice iguales.

En los transformadores monofásicos además de identificar un terminal de alta tensión con uno de baja tensión que tenga igual polaridad, la posición relativa de estos terminales en el arreglo global se identifican con la nomenclatura que se da a continuación.

Cuando el observador se coloca frente a los terminales de alta tensión, si H1 queda a la izquierda y X1 queda a la derecha se dice que el transformador tiene polaridad aditiva y si H1 y X1 quedan a su izquierda se dice que tiene polaridad sustractiva (figura1). [4]

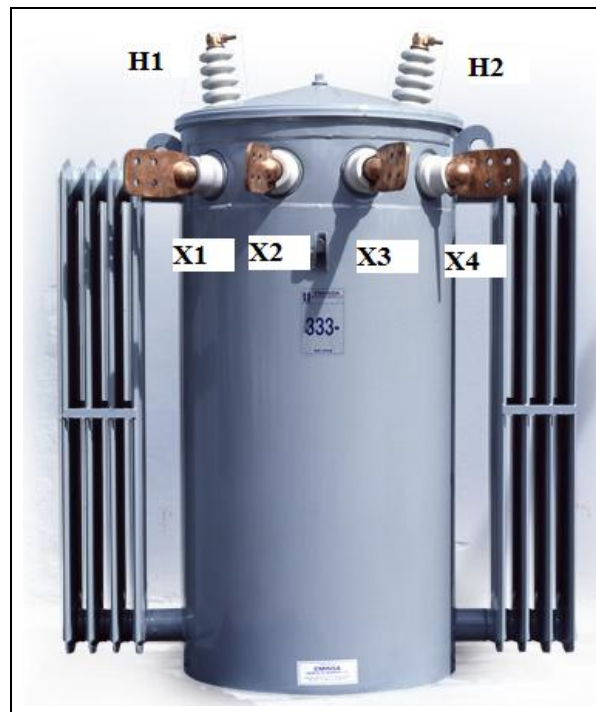


Figura 1 Transformador con devanados señalados

2.5.4 Medición de las pérdidas debido a la carga y de la tensión de corto circuito

Las pérdidas debido a la carga de un transformador están identificadas como la potencia absorbida por el mismo, a frecuencia nominal, cuando la corriente nominal atraviesa un terminal de línea de uno de los devanados, con los terminales del otro devanado en cortocircuito.

Las pérdidas debido a la carga tienen dos componentes, las pérdidas óhmicas y las pérdidas adicionales; las pérdidas óhmicas son directamente proporcionales al valor de la resistencia de los devanados y el cuadrado de la corriente, además varían en proporción directa con la temperatura. Las pérdidas adicionales debido al flujo de la dispersión, comprenden las pérdidas por corriente parasitas en el material ferromagnético, estas pérdidas son directamente proporcionales al cuadrado de la corriente y de la frecuencia inversamente proporcional a la temperatura.

Por otra parte la tensión de cortocircuito de un transformador está definida como la tensión que a la frecuencia nominal es necesario aplicarle a los terminales de línea de uno de los devanados, para que circule por él la corriente nominal cuando los terminales del otro devanado están cortocircuitados. Habitualmente la tensión de cortocircuito viene expresada en valores porcentuales o por unidad en base de la tensión nominal, de esta manera es más conveniente que expresarla en voltios porque solo así su valor permanece inalterable si viene considerada del lado primario o secundario del transformador.[7]

2.5.5 Medición de las pérdidas y de la corriente en vacío

Este ensayo permite conocer las pérdidas en el hierro así como también la corriente en vacío del transformador.

Las pérdidas en vacío están definidas como la potencia absorbida por el transformador, cuando se aplica tensión nominal a frecuencia nominal, a los terminales de uno de los devanados, dejando el otro devanado en circuito abierto. Las pérdidas en vacío de un transformador comprenden las pérdidas por histéresis, corrientes de Foucault del núcleo, las pérdidas del devanado energizado debido a la circulación de la corriente en vacío y las pérdidas dieléctricas.

Como los dos últimos componentes son normalmente despreciables, las pérdidas en vacío se pueden identificar como las pérdidas en el material ferromagnético del núcleo que son funciones de la magnitud, frecuencia y forma de onda de la tensión de alimentación.

Las pérdidas en vacío dependen también de la forma de onda de la tensión de alimentación, y por lo tanto complica la ejecución de la medida y elaboración de resultados, porque no siempre es posible alimentar un transformador en vacío con una forma de onda perfectamente sinusoidal.

Según las normas en vigencia, para poder reportar las pérdidas en vacío de una forma de tensión distorsionada a la condición normalizada de tensión sinusoidal, se debe aplicar el método del valor promedio que se basa en las consideraciones siguientes:

- Debido a que las pérdidas por histéresis son función del valor promedio de la tensión de alimentación y por lo tanto, del valor máximo de la inducción, se puede decir que estas son prácticamente independiente de la forma de onda de la tensión.
- Considerando que las pérdidas por corrientes parasitas son dependientes del valor eficaz de la tensión de alimentación, se deduce que estas dependen de la forma de onda de la tensión, ahora cuando la amplitud de esta última se mantiene al valor nominal mediante un voltímetro que responda al valor promedio, puede suceder que en presencia de una forma de onda distorsionada, el valor eficaz de la misma no responda al valor eficaz de la tensión nominal. En estas condiciones las pérdidas por corrientes parasitas resultan un múltiplo o una fracción de las pérdidas reales y se tendrán que aplicar a las mismas la corrección oportuna.

De esta consideración se obtuvo las ecuaciones 2 y 3 de corrección prescrita en las normas:

$$P_o = \frac{P_m}{K^2 P_2 + P_1} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$K = \frac{V_{eff}}{V_{vp}} \quad \text{Ecuación 3}$$

, donde:

P_0 : pérdidas en vacío

P_1 : pérdidas por histéresis en por unidad, referidas a las pérdidas totales medidas en el núcleo.

P_2 : pérdidas por corriente parasitas en por unidad, referidas a las pérdidas totales medidas.

P_m : pérdidas medidas en el vatímetro.

V_{eff} : tensión de alimentación en voltios, medida con un voltímetro que responda al valor eficaz.

V_{vp} : tensión de alimentación en voltios, medida con un voltímetro que responda al valor promedio.

La corriente de excitación de un transformador es la corriente necesaria para mantener el flujo magnético de excitación en el núcleo del transformador. La corriente de excitación es usualmente expresada en por unidad o en tanto por ciento de la corriente nominal del devanado en el cual se está realizando la medición. [7]

2.5.6 Ensayo de tensión aplicada

El objetivo de este ensayo es verificar el aislamiento entre bobinas y entre bobinas y masa.

El ensayo consiste en aplicar la tensión de ensayo entre los terminales del devanado que se desea ensayar y tierra; los demás devanados, el núcleo y el tanque deben conectarse entre sí y puesto a tierra. El valor de la tensión de ensayo a frecuencia industrial se indica en las normas previstas.

Una vez realizado el ensayo, se considera satisfactorio si durante el tiempo de duración del mismo no se presentan anomalías tales como: ruido dentro del transformador, aumento brusco de la corriente o bien una caída de tensión.

Si un transformador se somete nuevamente a ensayos por tensión aplicada, la tensión de ensayo no debe sobrepasar el 75% de la tensión de ensayo original. [7]

2.5.7 Ensayo de tensión inducida

Esta prueba tiene por objeto verificar el aislamiento entre espiras y entre capas de los devanados del transformador.

El ensayo consiste en aplicar durante un tiempo determinado, el doble de la tensión nominal a los terminales de un devanado del transformador con el otro devanado en circuito abierto; la tensión debe ser lo más sinusoidal posible y de frecuencia que sobrepase suficientemente la frecuencia nominal. Al suministrar tensión a uno de los devanados, en los demás se inducirán tensiones en la misma proporción; siempre y cuando el núcleo no se sature, todos los devanados estarán bajo las condiciones de prueba.

Una vez finalizado el ensayo se considera satisfactorio si durante el tiempo de duración del mismo el cual se calcula dividiendo el 7200 no se presentan anomalías en el transformador, tales como las descritas en la prueba anterior. [7]

2.5.8 Hermeticidad del tanque

El ensayo consiste en comprobar la calidad del tanque en lo que respecta a filtraciones y resistencia a la presión interna.

Una vez realizado los ensayo de rutina al transformador completamente ensamblado con sus accesorios y lleno al nivel apropiado del líquido aislante, será inspeccionado visualmente para comprobar si hay fugas de aceite poniendo especial atención a las conexiones roscadas y soldaduras. Para comprobar la resistencia del tanque a una presión de 10 psi, utilizando un gas inerte por un lapso de seis horas.

El ensayo se considera positivo si el transformador no tiene fugas, ni filtraciones de aceite, ni deformación permanente del tanque. [7]

2.6 ENSAYOS TIPO

Son los ensayos hechos a un transformador seleccionado de una serie de fabricación, para demostrar que todos los de esta cumplen con las características de diseño no cubiertas por los ensayos de rutina, por lo general se escoge un prototipo. [4]

Un transformador se selecciona de una serie, si es totalmente idéntico a lo que concierne a sus valores nominales y a su construcción. Los ensayos tipo generalmente son:

2.6.1 Aumento de temperatura

El objetivo de este ensayo es determinar el aumento de temperatura de los devanados y del aceite debido a las pérdidas totales permanentes (pérdidas magnéticas y eléctricas); para verificar si este aumento está dentro del límite establecido por las normas y así garantizar la duración del transformador.

Las pérdidas debido a la carga y en vacío producen calentamiento en los elementos del transformador. Mientras la energía producida por los efectos sea mayor que la energía disipada en el sistema de enfriamiento, la temperatura estará en constante aumento hasta llegar finalmente a un punto de equilibrio. En este ensayo los aislamientos de los devanados son los mayormente afectados, puesto que con el calentamiento estarán expuestos a un proceso de degradación, lo que reduce la vida del equipo.

El transformador en prueba antes de ser sometido al ensayo de aumento de temperatura debe haber satisfecho todos los ensayos de rutina.

Una manera de determinar el calentamiento del transformador, suele ser realizando la prueba con el transformador en cortocircuito. En cortocircuito no se producen las pérdidas del hierro, por lo tanto, el calentamiento del transformador es distinto del calentamiento bajo carga, en consecuencia, es necesario aumentar la corriente de cortocircuito sobre la corriente nominal, para que las pérdidas totales del cortocircuito sean iguales a las pérdidas nominales del transformador.

La falla más grave de este procedimiento es que todas las pérdidas estén producidas en el arrollado del transformador, es decir, también las pérdidas del hierro. Por lo tanto, el calentamiento del arrollamiento es más rápido o mayor que en el caso de carga nominal.

Las siguientes temperaturas son características para el calentamiento del transformador:

- La temperatura de entrada del medio del enfriamiento.
- La temperatura de salida del medio del enfriamiento.
- La temperatura ambiente.
- La temperatura del aceite en la caja del transformador en función de la columna de aceite.
- La temperatura del núcleo en función de la altura del mismo.
- La temperatura promedio de las bobinas.
- La temperatura máxima local del arrollado.

La temperatura más determinante para la vida de los transformadores, es la temperatura máxima local del arrollamiento de los mismos.

Las normas internacionales permiten medir la temperatura promedio de las bobinas, determinada por medición de variación de sus resistencias, como valor característico para el calentamiento del transformador.

Una vez realizados los cálculos correspondientes, se considera satisfecho el ensayo cuando el valor del aumento de temperatura en los devanados sea menor o igual a 55°C o 65°C dependiendo de la temperatura ambiente del sitio de ensayo. [7]

2.6.2 Tensión de impulso con onda completa

Esta prueba consiste en aplicar al transformador una descarga de alta tensión, cuya duración sea muy breve, medida en el orden de microsegundos. Se realiza con el objeto de detectar si en el transformador se generan situaciones anormales con motivo de este tipo de descargas, las que en operación normal pueden producirse por

sobretensiones de origen externo debido a disturbios atmosféricos; aunque se protegen los transformadores con el equipo de pararrayos, el transformador debe estar construido de tal manera que pueda resistir los impulsos instantáneos de una sobretensión.

Si bien, las condiciones que se producen en realidad cuando aparecen estos fenómenos transitorios no se reproducen fielmente en la prueba, la experiencia ha demostrado que esta es suficientemente confiable para garantizar este aspecto de la operación del transformador.

Los criterios que habitualmente se adoptan para valorar la integridad dieléctrica del transformador después de la prueba, se fundamenta en el análisis de los oscilogramas de la tensión aplicada, además, se debe proceder a confrontar la forma de onda de todas las aplicaciones registradas de un impulso a tensión reducida, con aquellas registradas a un impulso a plena tensión y si es necesario también la confrontación de estas últimas entre sí. La ausencia de diferencias significativas en la forma de onda registrada a tensión reducida y a plena tensión, constituyen demostraciones de que el transformador ha soportado la prueba con éxito.

La indicación de una falla de aislamiento evidente para el ensayo está dada por:

- a) Variación notable en la forma de onda registrada a tensión reducida y a plena tensión.
- b) Ruido claramente audible, en el interior del transformador durante el ensayo.[7]

2.7 ENSAYOS ESPECIALES

Son los ensayos distintos a los tipo y de rutina, definidos por acuerdo entre el fabricante y el comprador, realizados únicamente sobre un transformador a varios de una entrega. [4]

Entre los ensayos especiales existen varios, de los cuales uno de los más importantes y que se realizan con mayor frecuencia, es la prueba del factor de potencia del aislamiento, otro que también se efectúa con regularidad es la medición de resistencia

del aislamiento. A continuación se describirán los ensayos especiales aplicados a transformadores de distribución.

2.7.1 Prueba del factor de potencia del aislamiento

El propósito de esta prueba es determinar la calidad del aislamiento en los transformadores por métodos no destructivos. El factor de potencia de aislamiento sirve para indicar la presencia de agentes contaminantes y/o deterioro de los elementos aislantes.

Los valores aceptables de los factores de potencia del aislamiento de los devanados del transformador de distribución sumergidos en aceite, están basados en valores comparativos; mediante el estudio estadístico en transformadores similares, lo cual permite establecer ciertos criterios. Como guía para el análisis del aislamiento se sugiere la siguiente información; a pesar de que estos valores toques pueden ser tomados de formas distintas según los valores propios de cada empresa al aplicarle el ensayo a cada transformador.

Valores tomados por la empresa CADAFE como referencia:

- Factor de potencia entre 0,1% y 1% a 20 °C, se puede considerar el aislamiento en buen estado.
- Factor de potencia entre 1% y 2% a 20°C, se considera dudoso y debe investigarse.
- Factor de potencia mayor del 2% a 20°C, determina la existencia de una posible falla en el aislamiento.

La manera de determinar el factor de potencia a 20°C es la siguiente:

$$F_{p20} = F_p * K \quad \text{Ecuación 4}$$

, donde:

F_{p20} : factor de potencia en tanto por ciento, ajustado a 20°C

F_p: factor de potencia en tanto por ciento, a la temperatura de la prueba

K: factor de corrección ver tabla

Tabla 1. Factor de corrección por temperatura.

Temperatura (°C)	Factor de corrección
5	0,86
15	0,90
20	1,00
25	1,12
30	1,25
35	1,40
40	1,55
45	1,75
50	1,95
55	2,18
60	2,42
65	2,70
70	2,70

La determinación del factor de potencia del aislamiento puede realizarse por el método del puente para medición de capacitancia y factor de disipación. Este equipo mide en forma directa el factor de potencia del aislamiento ($\text{tg}(\delta)$) y la capacitancia del aislamiento. Para entender un poco mejor la medición el transformador se modela de la siguiente forma:

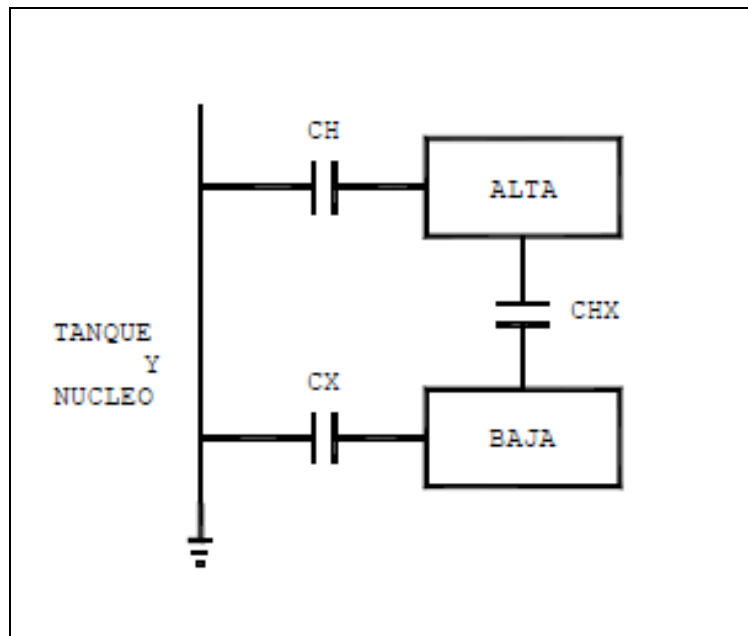


Figura 2. Método de medición general.

, donde:

ALTA: representa el devanado de alta tensión

BAJA: representa el devanado de baja tensión

CH: representa el aislamiento entre el devanado de alta tensión y tanque del transformador

CHX: representa el aislamiento entre devanados

CX: representa el aislamiento entre el devanado de baja tensión y el tanque del transformador

El método de medición global para esta prueba es el siguiente:

Tabla 2. Método de medición.

Prueba	Energizado	Aterrado	Medición
AT vs BT + T	AT	BT	CH + CHX
BT vs AT + T	BT	AT	CX + CHX
AT + BT vs	AT + BT	-	CH + CX

Al momento de aplicar la tensión al material aislante la corriente circulante por el mismo tiene la siguiente forma:

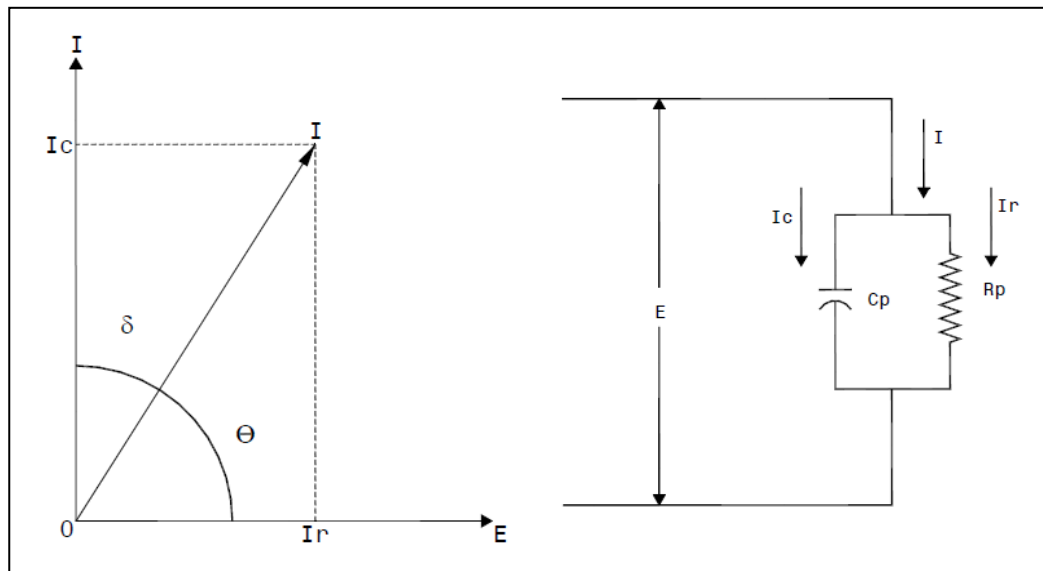


Figura 3. Diagrama fasorial correspondiente a la corriente que pasa por el aislamiento.

, donde:

IT: corriente circulante por el aislante al aplicarle una tensión V.

IC: componente capacitiva de IT.

IR: componente real de IT.

(IC>>IR)

El factor de potencia del aislamiento se define como el coseno del ángulo θ , es decir, la componente resistiva en vatios dividida entre los voltamperes consumido por el aislante.

$$\text{Factor de potencia del aislamiento} = \cos \theta = \frac{IrV}{ItV} = \frac{Ir}{It} \quad \text{Ecuación 5}$$

De manera similar, el factor de disipación del aislamiento se define como la tangente del ángulo δ , es decir, la relación de la componente resistiva dividida entre la componente capacitiva consumida por el aislante.

Para ángulos δ cercanos a 90° (o δ cercanos a 0°) los valores del $\cos \theta$ son muy similares a los de $\tan \delta$, de manera de poder considerarse ($\cos \theta = \tan \delta$).

De acuerdo con la información anterior se puede establecer los siguientes comentarios generales:

- Mientras el significado real que pueda ser dado al factor de potencia en transformado inmersos en líquido aislantes una cuestión de opinión, la experiencia ha demostrado que el factor de potencia es útil al analizar la condición probable del aislamiento, cuando el buen juicio sea usado.
- Al interpretar los resultados de los valores de las pruebas de factor de potencia, los valores comparativos de los datos tomados a intervalos periódicos son útiles para identificar problemas potenciales.
- Una prueba de factor de potencia en talleres es de gran importancia para la comparación de mediciones de factor de potencia en campo, para de esta manera evaluar la condición probable del aislamiento. [7]

2.7.2 Medición de la resistencia del aislamiento

Las pruebas de resistencia del aislamiento, por tratarse de un ensayo especial, deben ser hechas cuando sea especificada.

Estas pruebas se realizan para determinar la resistencia de aislamiento de los devanados individuales a tierra o entre los devanados. La resistencia de aislamiento, en esta prueba es comúnmente medida en $M\Omega$ por un instrumento llamado Megohmetro que indica el valor resistivo directamente.

Entre devanados, devanados y masa no solo hay presente un condensador, también existe una resistencia como se muestra en la figura. Esta resistencia es el resultado de dos resistencias, es decir como si estuviesen en paralelo, se trata de la resistencia de conducción y de polarización.

La resistencia de polarización va asociada al fenómeno de polarización del material. Para las moléculas polarizarse toman energía del medio, pero al desplazarse no liberan la misma cantidad que tomaron, esta diferencia se transforma en calor y se considera una pérdida de energía representada por la resistencia de polarización.

Por otra parte hay una oposición propia al paso de la corriente, esta se conoce como la resistencia de conducción (mientras mayor oposición es mejor es el aislamiento).

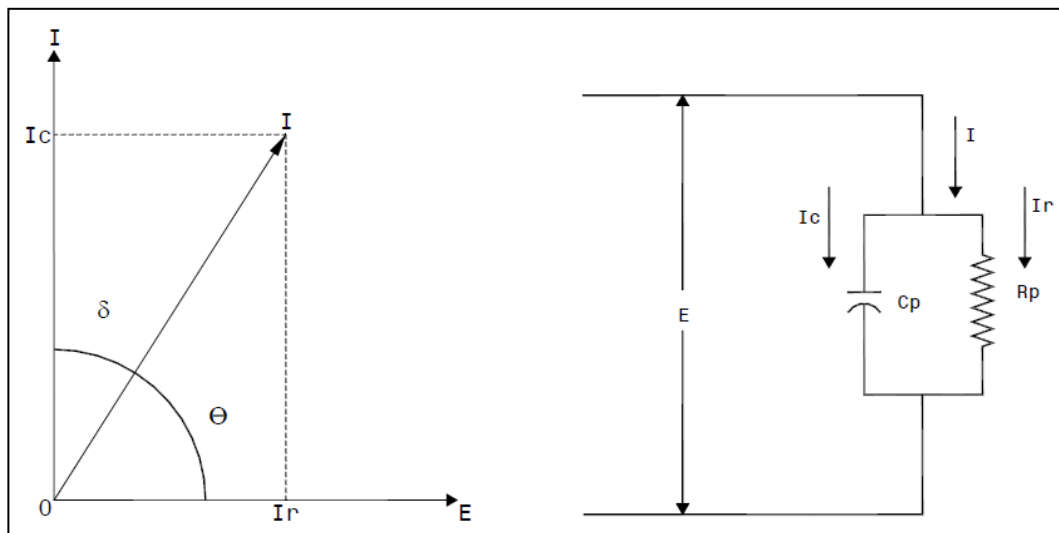


Figura 4. Diagrama fasorial y modelo equivalente para el aislamiento

Lo interesante es medir la resistencia de conducción, ya que en la prueba de factor de potencia se obtiene C y $\tan \delta$. Por esta razón el megohmetro trabaja con corriente continua ya que el fenómeno de polarización no afectara. El material se polariza pero no se desplazaría. De esta manera no se dará origen a la resistencia de polarización, la capacitancia tampoco interviene puesto que se trata de tensión continua. Es por ello que con el megohmetro se mide la resistencia de conducción.

Las siguientes consideraciones son de vital importancia en el análisis de los resultados que se obtengan en esta prueba:

- La resistencia de aislamiento de los aparatos eléctricos esta a la amplia variación en diseño, temperatura, sequedad y limpieza de las partes. Cuando la resistencia del aislamiento está por debajo de los valores prescritos puede, en muchos casos de buen diseño y donde no existan defectos, ser llevadas al estándar requerido limpiando y secando el aparato. Por eso la resistencia de aislamiento puede proporcionar una indicación útil en cuanto a si el transformador este en una condición apropiada para la aplicación de las pruebas dieléctricas.
- El significado de los valores de las pruebas de resistencias de aislamiento generalmente requiere de cierta interpretación, dependiendo del diseño, sequedad y limpieza del aislamiento involucrado. Cuando el usuario decide hacer estas pruebas se recomienda que los valores sean medidos periódicamente (durante el periodo de mantenimiento) y que esos valores periódicos sean anotados. Variaciones substanciales en los valores obtenidos deben dar origen a investigar las posibles causas.
- La resistencia del aislamiento puede variar con la tensión aplicada y por lo tanto, cualquier comparación debe ser ella con mediciones al mismo nivel de tensión.
- Bajo ninguna condición debe hacerse pruebas mientras el transformador este sin líquido aislante.[7]

2.7.3 Medición del aislamiento del circuito magnético

La prueba se realiza a transformadores que se preparan para su puesta en servicio, con el objeto de verificar la resistencia de aislamiento del núcleo y su correcto aterramiento en un solo punto, comprobando al mismo tiempo la adecuada geometría del núcleo, y asegurando que no haya existido desplazamiento del mismo durante las maniobras de transporte. La prueba es aplicable también a transformadores en operación que presenten sobrecalentamiento sin llegar a su capacidad nominal. [6]

2.7.4 Medición de nivel de ruido

El sonido produce minúsculas variaciones oscilatorias de la presión del aire que el oído humano percibe por encima de cierto valor umbral y cuando la frecuencia de las oscilaciones de presión se encuentra entre 20 Hz y 20 KHz. Las limitaciones en el nivel de ruido suelen venir determinadas por la percepción humana del sonido, que es logarítmica y dependiente de la frecuencia. Por ejemplo, el oído humano es diez veces menos sensible al sonido de 100 Hz que de 1.000 Hz, y cada vez que se duplica la presión absoluta del sonido, la percibe como un pequeño aumento de su nivel. Por tanto, el sonido se mide en decibelios (dB), que se definen como $1 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10}$ (presión de sonido).

Los niveles del sonido se presentan y se especifican normalmente como decibelios con ponderación A, dB(A), donde los niveles del sonido se atenúan de acuerdo con su frecuencia por un “filtro A”, que representa la respuesta de frecuencia del oído humano.

En los transformadores de potencia hay dos fuentes de ruido: ruido del núcleo, producido por los efectos de la magnetostricción y ruido de carga, producido por las fuerzas electromagnéticas en los devanados y en los componentes estructurales a causa de las fugas de flujo asociadas con la corriente.

Ruido del núcleo producido por los efectos de la magnetostricción

La magnetostricción designa las deformaciones mecánicas del laminado del núcleo en respuesta a la aplicación de un campo magnético. La variación de las dimensiones es independiente de la dirección del flujo y, por lo tanto, se produce al doble de la frecuencia de alimentación. No obstante, ya que la curva de magnetostricción no es lineal, a mayores densidades de flujo se introducen mayores armónicos de la frecuencia de orden par. En consecuencia, el ruido del núcleo tiene componentes a múltiplos de 120 Hz. Las magnitudes relativas del ruido para estos componentes distintos de la frecuencia dependen del material del núcleo, de su geometría, de la densidad de flujo de funcionamiento y de lo próximas que se encuentren las frecuencias de resonancia del núcleo y de la cuba a las frecuencias de excitación.

Ruido de carga producido por fuerzas electromagnéticas

El ruido de carga se produce principalmente por la interacción de la corriente de carga en los devanados y por la pérdida de flujo producida por esta corriente. Por tanto, la frecuencia principal de este sonido es el doble de la frecuencia de alimentación: 100 Hz para los transformadores de 50 Hz y 120 Hz para los de 60 Hz. Si la corriente de carga incluye armónicos importantes, por ejemplo, en los transformadores rectificadores las fuerzas incluyen armónicos de mayor frecuencia. Estos armónicos adicionales son una fuente importante de ruido que debe tenerse en cuenta al pedir un transformador. El nivel de ruido de la corriente de carga depende en gran medida de la carga del transformador. Si se reduce la corriente a la mitad, se consigue una reducción de 12 dB en el ruido debido a la corriente de carga. [8]

2.7.6 Medición de descargas parciales

Para definir las descargas parciales utilizaremos la definición dada en la norma internacional de la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) relacionada con las mediciones de descarga parcial, las descargas parcial (PD) es una descarga eléctrica localizada que puentea sólo parcialmente el aislamiento entre conductores y que puede o no ocurrir adyacente a un conductor. Las descargas parciales en general son

consecuencia de las concentraciones de campo eléctrico en el aislamiento o en la superficie del aislamiento, generalmente dichas descargas aparecen como pulsos de duración de mucho menos de $1\mu\text{s}$.

La detección y medición de las descargas parciales se basa en el intercambio de energía durante la descarga. Estos intercambios de energía se manifiestan como: pulsos de corrientes (con algunas excepciones), pérdidas dieléctricas, radiación de luz, ruido, aumento en la presión de gas, reacciones químicas. Por lo tanto, la detección de descargas parciales y técnicas de medición puede basarse en la observación de cualquiera de los fenómenos anteriores.

El método eléctrico de detección de descargas parciales se basa en la detección de pulsos de corriente o tensión en los terminales de un objeto de prueba. Para la evaluación de las cantidades fundamentales relacionadas con un pulso PD se simula el objeto de la prueba como un arreglo simple de condensadores como se muestra en la figura, compuesto por material dieléctrico líquido o sólido entre dos electrodos o terminales a y b y una cavidad llena de gas. [8]

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado, destinado al análisis de las pruebas a realizar en transformadores de distribución, con el fin de alcanzar los objetivos anteriormente planteados.

3.1 METODOLOGÍA

Parte vital de este trabajo especial de grado consistió en tener una metodología que se llevo a cabo para lograr los objetivos planteados, y definir así todas las directrices requeridas para ello.

Esta metodología sigue un orden lógico con el fin de poder llegar a resultados satisfactorios de manera eficiente. La estrategia por etapas para realizar este trabajo especial de grado fue la siguiente:

3.2 Consulta de normas nacionales e internacionales

En esta primera etapa se hizo una búsqueda y estudio de las normas nacionales e internacionales relacionadas con las características de los transformadores, pruebas de rutina, tipo y especiales. Las normas consultadas fueron las siguientes:

- COVENIN 536-94. Transformadores de Potencia Generalidades. [3]
- COVENIN 3172-95. Transformadores de Potencia Métodos de Ensayos. [4]
- IEC 60076-1. PowerTransformers General. [13]
- IEC 60076-2. TempetureRise Test. [14]
- IEC 60076-3. Power Transformers Dielectric Test, Insulation Levels. [15]
- IEC 60076-4. Guide to the lightning impulse and switching impulse testing. [16]

- IEEE StdC.v 57.12.90. Test Code for Distribucion and Power Transformers. [5]
- IEEE StdC.v 57.124-1991. Parcial Discharge Test. [17]
- BSI BS 171. Power Transformers. [18]

En su mayoría, las metodologías y procedimientos para realizar los ensayos descritos en este trabajo fueron realizados según los lineamientos mayormente de la norma venezolana COVENIN 3172-95. Transformadores de Potencia Métodos de Ensayos y de la norma estadounidense IEEE Std C.v57.12.90. Test Code for Distribucion and Power Transformers.

Algunos de los métodos descritos para realizar los ensayos, fueron elaborados utilizando la combinación de las normas nombradas anteriormente, eso se debe a éstas se complementan, de tal forma que facilitan la realización de los ensayos y proporcionan unos resultados más confiables.

3.3 Selección de los transformadores bajo estudio

Existe una gran variedad de transformadores eléctricos, entre los cuales se encuentran principalmente los transformadores de potencia y transformadores de distribución estos últimos se presentan de varios tipos: transformadores de distribución monofásicos secos o sumergidos en aceite dieléctrico y transformadores de distribución trifásicos secos o sumergidos en aceite dieléctrico.

Los transformadores de distribución, generalmente son de potencias que oscilan entre 5 kVA a 500 kVA y de tensiones comúnmente iguales a: 2,4kV, 4,8kV, 6,9kV, 12,47Kv, 13,8kV, 24kV, 34,5kV [19], tanto monofásicos como trifásicos. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de estos, con potencias superiores a los 167.5kVA, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas, las aplicaciones típicas son para alimentar a edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.

Luego de tener una comprensión sobre los ensayos, la metodología para su realización y el procedimiento, los transformadores seleccionados para ser estudiados en este trabajo de grado fueron transformadores monofásicos de distribución

sumergidos en aceite dieléctrico con las siguientes características, potencias de: 5kVA, 10kVA, 15kVA, 25kVA, 37,5kVA, 50kVA, 75kVA, 100kVA, 167,5kVA, 250kVA, 333kVA, 500kVA con niveles de tensión en el lado de alta de 12,47kV y en baja tensión de 120/240V y 240/480V, clase 65°C y frecuencia 60 Hz . Esta selección se realizo básicamente por la disponibilidad que se tiene de algunos de estos transformadores en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Eléctrica para la realización de diversos ensayos. Los transformadores seleccionados son del fabricante CAIVET esto se debe a que se posee mayor información sobre los resultados obtenidos durante los ensayos realizados a estos transformadores en la fábrica, los cuales son de gran ayuda al momento de estimar los valores máximos de tensión y corriente alcanzados durante los ensayos.

3.4 Ubicación de fuentes y equipos de medición

Para la ubicación de los equipos de medición, se realizó una lista de los instrumentos necesarios para realizar el ensayo y posteriormente bajo la supervisión de los profesores del departamento se ubicaron los equipos de medición existentes en el laboratorio, luego se realizo una selección de los mismos, uno de los parámetros más importantes para esta selección fue la clase del instrumento según la norma europea IEC 60-3 [20] el sistema de medición en un laboratorio debe ser de clase 0,5 o mejor para mediciones directas e indirectas. Para las fuentes de alimentación se obtuvo información sobre los valores comunes de tensión y de corriente alcanzados durante los diferentes ensayos realizados a una cantidad considerable de transformadores con características similares a los seleccionados para el estudio, de esta manera se selecciono las diferentes fuente de alimentación a utilizar los cuales se estarán mencionando en la descripción de cada ensayo.

3.5 Realización de pruebas en el laboratorio

Para la descripción y realización de los ensayos se consulto una gran variedad de literaturas, y se realizaron diferentes pruebas en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y en el taller de reparaciones de transformadores de distribución

de CADAFE ubicado en la Mariposa, en donde se obtuvieron los valores de las variables medidas como tensión, potencia y corriente durante la realización de los ensayos de rutina. Con estos valores y con algunos obtenidos de una lista de valores esperados durante las pruebas, realizadas por CAIVET a transformadores de distribución los cuales fueron tomados de una tesis de la Universidad Simón Bolívar [10] (ver Anexo A), se estimaron los valores máximos esperados durante las pruebas los cuales se pueden observar en las tablas 3 y 4.

Tabla 3 Magnitudes electricas esperadas en las pruebas de rutina para transformadores 12,47kV/ 120-240V

Transformador 12,47KV/240										
Potencia (KVA)	Ensayo de CC				Ensayo de CA			Ensayo Tensión Inducida		
	V	I (Alta)	I (Baja)	P(medir)	V	I(Baja)	P(medir)	V	T(seg)	F(Hz)
5	Aprox entre un 2 - 5 % de la tensión nominal	0.4	20.78	Maximo 2% de la potencia nominal del transformador	240V	0.3117	La potencia a medir es de máximo 0.5% de la potencia nominal	480	16.4	440
10		0.801	41.61195			0.62417925		480	16.4	440
15		1.202	62.4439			0.9366585		480	16.4	440
25		1.92	99.744			1.49616		480	16.4	440
37.5		3	155.85			2.33775		480	16.4	440
50		4	207.8			3.117		480	16.4	440
75		6.01	312.2195			4.6832925		480	16.4	440
100		8	415.6			6.234		480	16.4	440
167.5		13.43	697.6885			10.4653275		480	16.4	440
250		20.04	1041.078			15.61617		480	16.4	440
333		26.7	1387.065			20.805975		480	16.4	440
500		40.09	2082.676			31.2401325		480	16.4	440

Tabla 4 Magnitudes electricas esparadas en las pruebas de rutina para transformadores 12,47kV/ 240-480V

Transformador 12,47KV/480V										
Potencia (KVA)	Ensayo de CC				Ensayo de CA			Ensayo Tension Inducida		
	V	I (Alta)	I (Baja)	P(medir)	V	I(Baja)	P(medir)	V	T(seg)	F(Hz)
5	Aprox entre un 2 - 5 % de la tensión nominal	0.4	10.39	Máximo 2% de la potencia nominal del transformador	480V	0.15585	La potencia a medir es de máximo 0.5% de la potencia nominal	960	16.4	440
10		0.801	20.80598			0.312089625		960	16.4	440
15		1.202	31.22195			0.46832925		960	16.4	440
25		1.92	49.872			0.74808		960	16.4	440
37.5		3	77.925			1.168875		960	16.4	440
50		4	103.9			1.5585		960	16.4	440
75		6.01	156.1098			2.34164625		960	16.4	440
100		8	207.8			3.117		960	16.4	440
167.5		13.43	348.8443			5.23266375		960	16.4	440
250		20.04	520.539			7.808085		960	16.4	440
333		26.7	693.5325			10.4029875		960	16.4	440
500		40.09	1041.338			15.62006625		960	16.4	440

Según dichas tablas se puede concluir que los ensayos que presentan limitaciones en cuanto a las exigencias de niveles de corriente y tensión a la hora de ser realizados son los siguientes:

- Ensayo de medición de las pérdidas y de la corriente de vacío, el cual no se podrá aplicar a transformadores con potencias de 500kVA y con niveles de tensión en el lado de alta de 12,47kV y en baja tensión de 120/240V, debido al nivel de corriente necesario para su aplicación.
- Ensayo de medición del nivel de ruido, este ensayo se realiza energizando el transformador en vacío a tensión nominal por el devanado de baja tensión, por lo cual presenta la misma limitación que el ensayo de medición de las pérdidas y corriente de vacío.
- Ensayo de aumento de temperatura, este ensayo es descrito mediante dos métodos uno de los métodos es el método A, este no puede ser realizado en los laboratorios de

la E.I.E ya que para realizarlo debemos aplicarla como mínimo el 85% de las pérdidas totales del transformador con el devanado de baja tensión cortocircuitado, esto quiere decir que debemos aplicar aproximadamente una tensión igual al 90% de la tensión de cortocircuito, verificando la tabla de valores máximos esperados durante los ensayos(ver anexo A) esta tensión se estima que sea cercana a los 500V, alcanzar este nivel de tensión en los laboratorios de la E.I.E no es posible lograrlo con los equipos actuales que se encuentran en el mismo, para esto es necesario la adquisición de un auto transformadores con mayor alcance o habilitar una fuente de alimentación de 600V. El otro método el cual se propone para realizar este ensayo es el método B, este se puede realizar en el laboratorio con la excepción de su aplicación a los siguientes transformadores con potencias de 500kVA y 333kVA y con niveles de tensión en el lado de alta de 12,47kV y en baja tensión de 120/240V y a transformadores con potencias de 500kVA y con niveles de tensión en el lado de alta de 12,47kV y en baja tensión de 240/480V. Realizar el ensayo de aumento de temperatura por el método B solo se recomienda usarlo solamente cuando la relación entre las pérdidas por carga y las pérdidas en vacío es menor a dos.

- Ensayo de tensión inducida, este ensayo solo se podrá aplicar a transformadores con niveles de tensión en el lado de alta de 12,47kV y en baja tensión de 120/240V, debido a las limitaciones de tensión del generador de 440Hz.

Existen otras limitaciones que se presentan a la hora de realizar los ensayos aparte del suministro de tensión y corriente exigidos durante la realización de los mismos. Estas limitaciones encontradas fueron la falta de instrumentos de medición, a continuación se nombran los ensayos que no pueden ser realizados debido a estas limitaciones:

- Ensayo de verificación de polaridad y relación de transformación
- Ensayo de medición del nivel de ruido
- Ensayo de aumento de temperatura
- Ensayo de medición de la resistencia del aislamiento
- Ensayo de onda de choque cortada

- Ensayo de hermeticidad

Pero sin embargo con la adquisición de los equipos mencionados en las recomendaciones de este trabajo de grado se podrían realizar estos ensayos en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

3.6 Realizar ensayos según las directrices de la Norma ISO/IEC 17025

Se consultó la Norma ISO/IEC 17025 la cual presenta las directrices para las de los procedimientos y la metodología para certificar los ensayos.

CAPÍTULO IV

4 METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR LOS ENSAYOS

4.1 RECOMENDACIONES GENERALES PARA REALIZAR LOS ENSAYOS:

- Durante las pruebas deben tomarse todas las medidas de seguridad personal y para el equipo.
- Tener la seguridad de que el equipo a probar no esté energizado, verificando la apertura física de interruptores y/o cuchillas seccionadores.
- El tanque o estructura del equipo a probar, debe llevarse a tierra al menos que se indique lo contrario.
- Verificar que la temperatura ambiente se encuentre entre 10°C y 40°C.
- Comprobar que todos los componentes y accesorios que puedan afectar las características del transformador deben estar instalados.
- Llevar a tierra el equipo a probar por 10 minutos aproximadamente para eliminar cargas capacitivas que puedan afectar a la prueba y por seguridad personal.
- Los transformadores con tomas deben estar conectados a sus puntos nominales, a menos que este especificado en el ensayo a realizar.
- Preparar los recursos de prueba indispensables como son: Equipos, Herramientas, Probetas, Mesas de prueba, etc.
- Preparar el área de trabajo a lo estrictamente necesario, delimitar el área de trabajo para evitar el paso de personas ajenas a la prueba; procurando se tengan fuentes accesibles y apropiadas de energía.
- Colocar él o los equipos de prueba sobre bases firmes y niveladas.
- Comprobar que las terminales de prueba están en buenas condiciones y que sean las apropiadas.

- Verificar y en caso de haber eliminado cualquier interferencia que pudiera afectar los valores de prueba, humedad, polvo, inducción electromagnética, etc.
- Al terminar la prueba poner fuera de servicio el equipo de prueba y aterrizar nuevamente el equipo probado.

Medición de la temperatura ambiente

Para realizar la medición de la temperatura ambiente a la cual se los diferentes ensayos, se debe colocar el bulbo de un termómetro dentro de un recipiente con aceite ver figura 6, de manera de simular, lo mejor posible, las condiciones de temperatura de los devanados y las variaciones de temperatura del aceite dieléctrico con respecto a la temperatura ambiente, es decir, la constante térmica del transformador. Este procedimiento debe ser utilizado en todas las pruebas donde es necesario medir la temperatura ambiente. [7]

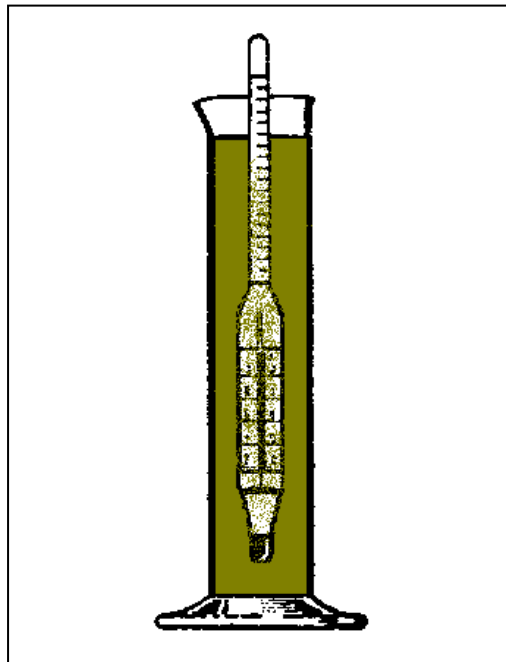


Figura 5 Medición de la temperatura ambiente

4.2 ENSAYOS DE RUTINA

4.2.1 Medición de Resistencia de los Devanados

4.2.1.1 Método de Ensayo

A continuación se describirá dos métodos para realizar este ensayo. El primer método para la medición de la resistencia óhmica de los devanados es un medidor de indicación directa tal como el TTR100 marca Megger (este método se describe con el ensayo de polaridad y relación de transformación). El segundo método es realizar la medición con un puente de kelvin marca TettexAG.Zurich ya que dicho puente es susceptible a medir resistencia de orden de 0,1 microohm a 111 ohm, con una apreciación de 0,03%.

4.2.1.2 Equipos e Instrumentos

- Puente de Kelvin (Tettex AG Zurich Type 2205 Zk No 115,079).
- Fuente de alimentación (Tettex AG Zurich Type 2113/ZB No 114159).
- Galvanómetro externo (Spot galvanometer Type GUM 22c No 34614).

4.2.1.3 Recomendaciones para realizar el ensayo

- Retirar los conductores de llegada de las boquillas.
- Desconectar el sistema de tierra.
- Como no se conoce la resistencia óhmica del transformador bajo prueba se debe colocar las perillas y el multiplicador en su valor más alto.
- Se debe esperar unos segundos hasta que se estabilice la medición ya que al empezar a realizar la medición, se produce un efecto transitorio.
- Se recomienda utilizar cables de pruebas calibre No. 6 AWG para evitar al máximo la caída de tensión en los mismos y así afecte menos la medición.
- Mientras se realiza la medición en uno de los devanados el otro debe estar en vacío.

- Para el devanado de alta tensión la medición se realiza en los terminales H1 y H2 ver figura 1.
- Los terminales X2 y X3 del devanado de baja tensión deben estar cortocircuitados con un cable No. 6 AWG y la medición se realiza en los terminales X1 y X2 ver figura 1.
- El transformador debe estar sumergido en aceite previamente al ensayo por lo menos por 8 horas.
- El transformador debe estar sin energizar y en un lugar libre de corrientes de aire por lo menos por 24 horas.

4.2.1.4 *Procedimiento*

Se debe conectar un galvanómetro externo en los terminales G del puente, seguidamente posicionamos la perilla G en la posición EXT, esto es debido a que el galvanómetro interno del equipo no se encuentra operativo.

Conectar el devanado del transformador bajo prueba en los terminales Rx (Th), dicha conexión se realiza como se indica en la figura.

Seguidamente ajustar las perillas Rn y Rv dependiendo del rango de valores de resistencia que se encuentre el devanado que vamos a medir, los ajustes de las perillas se indican en la siguiente tabla.

Seguidamente conectar la fuente Tettex AG, al puente de Kelvin en los terminales B (th) asegurándose de conectar bien las polaridades. Ajustamos la perilla de sensibilidad del equipo en la posición 10-5, luego ajustamos las perillas de R hasta que el galvanómetro se encuentre en la posición cero o muy cerca de ella, posteriormente se ajusta de nuevo la perilla de sensibilidad a la posición 10-4 y se realiza las variaciones de las perillas de R hasta que el galvanómetro se encuentre de nuevo en la posición cero, este procedimiento se repite hasta llegar a la sensibilidad más alta que es la posición 1 de dicha perilla. Para obtener el valor de la resistencia óhmica del devanado se utiliza la siguiente fórmula.

Durante el ensayo se debe medir el valor de la temperatura ambiente ya que el transformador ha estado sin energizar y en un lugar libre de corrientes de aire por lo

menos por 24 horas, bajo esta condición se asume que la temperatura los devanados es igual a la ambiente(25°).[9]

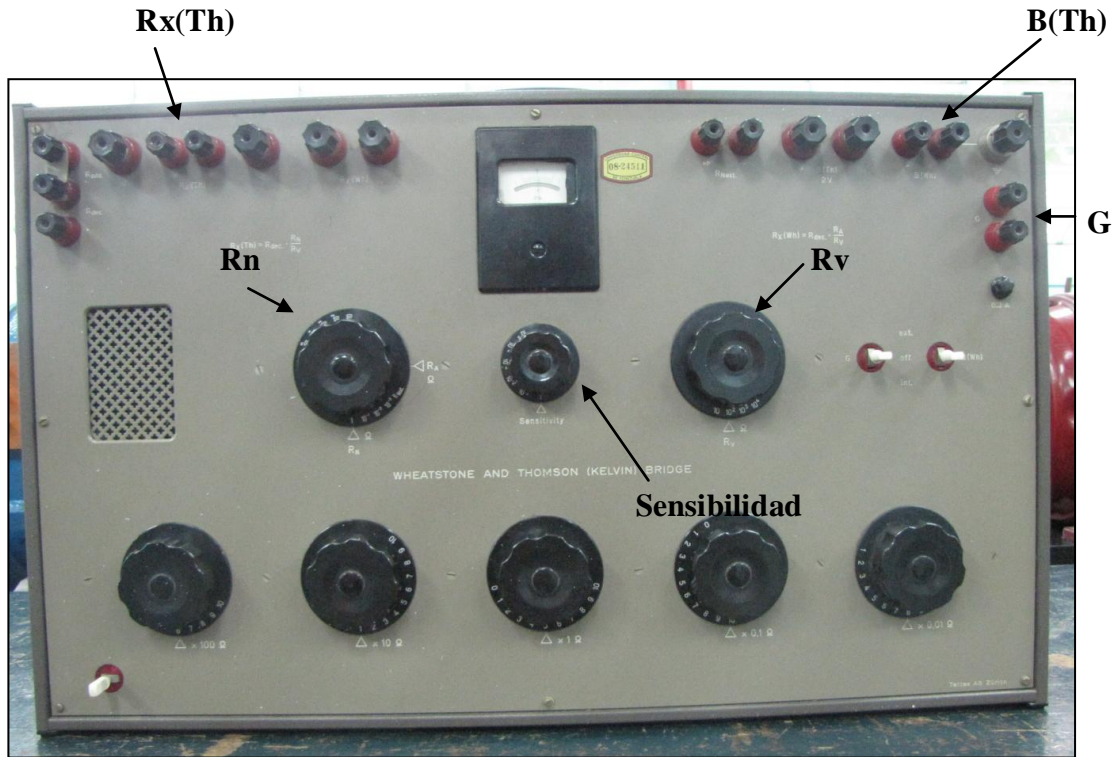


Figura 6 Puente de Kelvin marca Tettex A.G Type 2205

4.2.2 Verificación de Polaridad y Relación de Transformación

4.2.2.1 Método del Ensayo

Medición de la relación de transformación y verificación de polaridad con un medidor de indicación.

4.2.2.2 Equipos e Instrumentos

- Medidor de Relación de Transformación (TTR100 Megger).

4.2.2.3 Recomendaciones para realizar el ensayo

- Colocar el medidor sobre una superficie firme y nivelada.
- Verificar que el transformador a ensayar este totalmente des energizado.
- Nunca se intercambien las conexiones de los terminales de alta y baja tensión del transformador.
- Es importante conocer la relación de transformación y verificar que esté entre los límites especificados.
- Para este ensayo deben estar cortocircuitado los terminales X2 y X3 (figura 1) del transformador con un cable No. 6 AWG.
- El transformador debe estar sumergido en aceite previamente al ensayo por lo menos por 8 horas.
- El transformador debe estar sin energizar y en un lugar libre de corrientes de aire por lo menos por 24 horas.

4.2.2.4 *Procedimiento*

Conectar los cables de prueba H y X a sus respectivos conectores H y X del equipo TTR100, asegurándose de que los cables encajen totalmente en los conectores. Seguidamente conecte el conductor de tierra del conjunto de conductores de prueba H a una conexión de tierra de baja impedancia si dicha prueba se realiza en el laboratorio de maquinas se puede conectar, a la tierra de los banco de alimentación.

Se deben conectar las pinzas H1 y H2 de los conductores de prueba a los correspondientes terminales de alta tensión H1 y H2 del transformador bajo ensayo. Para realizar el ensayo a los devanados secundarios por separado, se conectan las pinzas X1, X2 y X3 de los conductores de prueba a los terminales de baja tensión del transformador, conectando la pinza X2 a los terminales del transformador X2 y X3 previamente cortocircuitados, y la pinza X3 del conductor de prueba al terminal X4 del transformador (ver figura 1).

Cuando se realiza la prueba los devanados del secundario completo, se conecta la pinza X1 al terminal X1 del transformador y la pinza X2 al terminal X4 del transformador, con los terminales X2 y X3 del transformador cortocircuitados ya que

la pinza X3 no se utiliza y se debe mantener alejada de tierra y de los otros terminales de prueba (ver figura 1).

La polaridad del transformador indicada por el equipo es basada en la siguiente conexión (Figura 8).

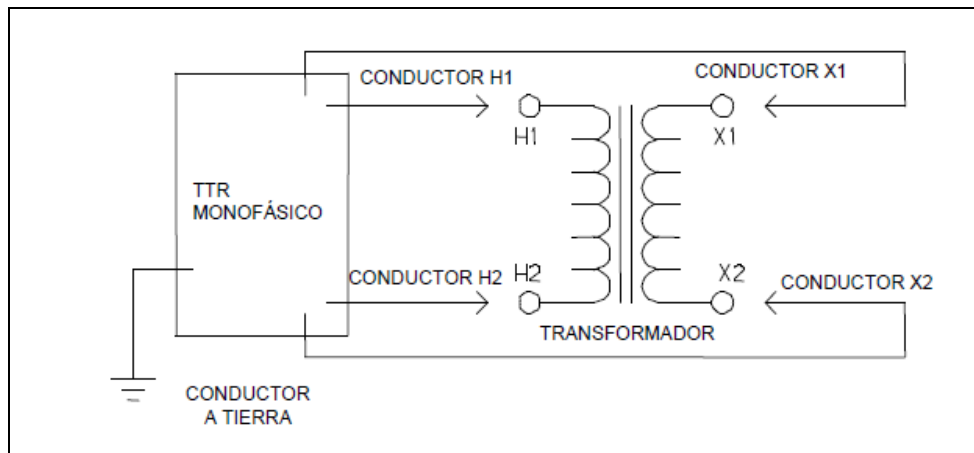


Figura 7. Circuito de medición TTR100 marca Megger monofásico

Seguidamente se enciende el equipo y se selecciona la opción número 1 la cual permite seleccionar el tipo de transformador que vamos a probar, se pulsa de nuevo la opción 1 el cual es transformador monofásico y luego se selecciona H-X2 el cual es un transformador monofásico con dos devanados secundarios.

Después de haber configurado el transformador bajo prueba se selecciona la opción de test rápido, seguidamente se despliega una pantalla con potencias y valores de tensiones se debe seleccionar el que se adecue con el transformador bajo prueba, luego de la selección se inicia la prueba. Al terminar de realizar la prueba se presenta la pantalla TEST RESULT1, que contiene la relación de espiras medidas, las relaciones por múltiples devanados y la polaridad y en la pantalla TEST RESULT2 que se presenta al pulsar la tecla de desplazamiento hacia la derecha contiene la información del número de prueba, desplazamiento de fase entre los devanados de alto y baja tensión, corriente de excitación sin carga, resistencia CC del devanado del lado de alta y del lado de baja.

Si el transformador a probar contiene cambiador de tomas, el método descrito debe realizarse para cada toma de manera individual. [9]

4.2.3 Medición de las pérdidas debidas a la carga y tensiones de cortocircuito

4.2.3.1 Método del Ensayo

Este ensayo se realizará mediante el método de cortocircuito, el cual consiste en realizar la medición de las pérdidas, tensión y corriente mientras uno de los devanados del transformador se encuentra cortocircuitado.

4.2.3.2 Equipos e Instrumentos

- Variac monofásico (Powerstat Type 1256D)
- Interruptor AC
- Voltímetro (MultímetroFluke 175 /0 – 1000V)
- Vatímetro (TRUB. TAUBER Zurich Type 323658.35)
- Transformador de corriente (StromwandlerType GE4461)
- Amperímetro (Pinza AmperimetricaFluke 335)

4.2.3.3 Recomendaciones para la realización el ensayo

- Los conductores para realizar el cortocircuito deben ser de baja impedancia y alto calibre, los mismos deben ser lo más cortos posibles.
- Los contactos de los terminales deben encontrarse limpios y apretados.
- El aumento de la tensión aplicada durante la prueba debe realizarse de forma gradual y lenta.
- Al momento de energizar el transformador el variac debe estar en su menor valor posible.
- Se debe colocar los instrumentos de medición sobre una superficie firme y nivelada.
- Antes de realizar el ensayo se debe conocer la corriente nominal del devanado de alta tensión del transformador a ensayar.

4.2.3.4 *Procedimiento*

Este ensayo será realizado en el laboratorio de maquinas utilizando como fuente de alimentación la salida de 220 V que se encuentra en los tableros de dicho laboratorio. El transformador a ser ensayo se le deben cortocircuitar el devanado de baja tensión, de la siguiente manera los terminales X1 y X4 cortocircuitados y los terminales X2 y X3 (figura1) igualmente cortocircuitados. Este ensayo se debe realizar con el cambiador de tomas en la posición que produzca menor tensión, ya que es en donde se produce mayores pérdidas.

Luego de haber cortocircuitado y colocado el cambiador de tomas en la posición de menor tensión, se procede a conectar los equipos de medición y el variac en el lado de alta tensión como se muestra en la figura 9, esta conexión se debe realizar con cables de calibre No. 6 AWG, asegúrese de que el voltímetro esté conectado directamente en los terminales H1 y H2 (figura1) del transformador de esta forma se evita medir la caída de tensión en los cables. Los instrumento de medición deben estar en su mayor escala, para la bobina amperimetrica del vatímetro recuerda utilizar un transformador de corriente variando la relación de transformación del mismo dependiendo de la potencia del transformador a ser ensayado como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV/240V y 12,47kV/480V

Potencia nominal del transformador a ensayar (kVA)	Corriente nominal del devanado de Baja tensión (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0,4	K - 5
10	0,80	K - 5
15	1,20	K - 5
25	1,92	K - 10
37,5	3	K - 10
50	4	K - 25
75	6,01	K - 25
100	8	K - 25
167,5	13,43	K - 25
250	20,04	K - 50
333	26,7	K - 50
500	40,09	K - 50

Seguidamente se procede a energizar el transformador verificando que el variac este en la posición más baja, esta tensión es incrementada lentamente, durante la elevación de tensión se debe estar tomando lectura de la corriente, se elevara la tensión hasta que circule la corriente nominal si por alguna limitación no se puede llegar a la corriente nominal se puede usar una menor que este comprendida entre el 25% y 100% de la corriente nominal, en este momento se toma lectura de la tensión, corriente y potencia activa.

La tensión y potencia medida representan la tensión de cortocircuito y las pérdidas debido a la carga respectivamente, dichas medidas están a la temperatura ambiente por lo que se debe medir dicha temperatura al finalizar el ensayo, para poder referirlo los valores obtenidos a la temperatura de operación del transformador. [4]

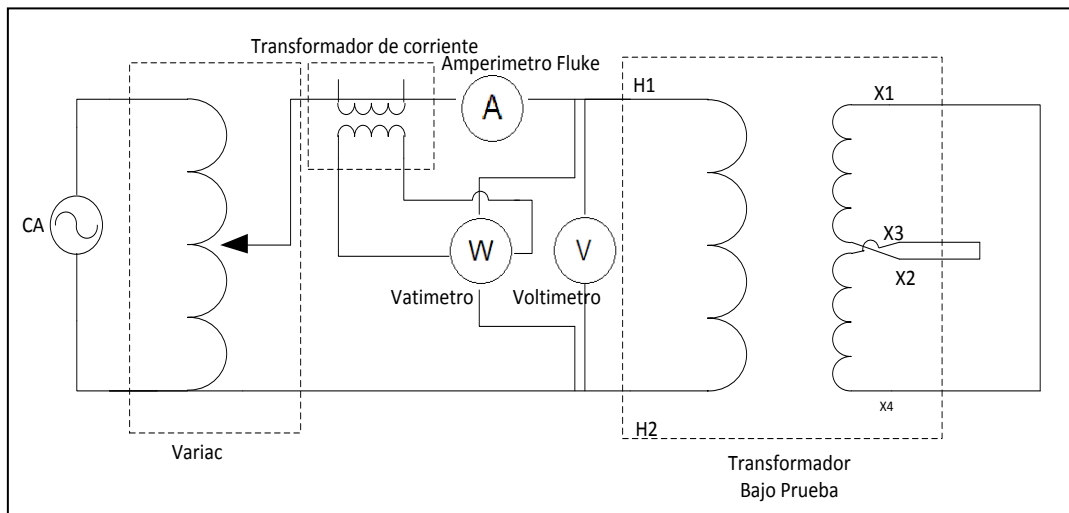


Figura 8. Conexión para ensayo de cortocircuito

Para la determinación de la tensión de cortocircuito del ensayo la debemos corregir a su verdadero valor, el cual corresponde al de la corriente nominal, esto se realiza haciendo la relación de valores nominales a valores de prueba con la siguiente ecuación:

$$V_{cc} = V_{ccl} \frac{I_n}{I_{cc}} \quad \text{Ecuación 6}$$

, donde:

V_{cc} : Tensión de cortocircuito a corriente nominal o corregida.

V_{ccl} : Tensión de cortocircuito leído en la prueba.

I_{cc} : Corriente de cortocircuito usada en la prueba.

I_n : Corriente nominal del transformador.

Para la determinación de las pérdidas originadas por la carga se deben corregir a su valor verdadero y la temperatura de operación del transformador, tomando en cuenta que las pérdidas por efecto Joule ($I^2 \times R$), donde la R se halla con cualquiera de los métodos de medición de la resistencia, dicha potencia varía en relación directa con la temperatura, mientras las pérdidas que se originan por el flujo de dispersión comprenden las pérdidas por corrientes parásitas en los conductores y los materiales ferrosos, estas pérdidas son directamente proporcionales al cuadrado de la corriente y de la frecuencia e inversamente proporcional a la temperatura. Las pérdidas medidas durante el ensayo se deben corregir a la potencia nominal con la siguiente ecuación:

$$P_{cc} = P_{ccl} \left(\frac{I_n}{I_{cc}} \right)^2 \quad \text{Ecuación 7}$$

, donde:

I_{cc}: Corriente de cortocircuito usada en la prueba

I_n: Corriente nominal del transformador

P_{ccl}: Potencia de cortocircuito medida durante el ensayo de cortocircuito

P_{cc}: Potencia de cortocircuito a corriente nominal o corregida.

Para calcular las pérdidas por corrientes parásitas es la diferencia entre las pérdidas por efecto Joule corregida P_{cc} y las pérdidas por efecto Joule que produciría la corriente nominal I_n sobre la resistencia equivalente, calculada por cualquiera de los métodos de medición de resistencia, así:

$$P_{ad} = P_{cc} - I_n^2 \cdot R \quad \text{Ecuación 8}$$

, donde:

P_{ad} = Pérdidas por corriente parásita

P_{cc}: Potencia de cortocircuito a corriente nominal o corregida.

La pérdida de cortocircuito total P_{cct} corregida por temperatura será:

$$P_{cct} = P_{cc} \cdot FCT + P_{ad} \frac{1}{FCT} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$FCT = \frac{K + T_o}{K + T_a} \quad \text{Ecuación 10}$$

, donde:

P_{cct} : Potencia de cortocircuito total corregida por temperatura.

P_{cc} : Potencia de cortocircuito a corriente nominal o corregida.

FCT : factor de corrección por temperatura.

K : Constante térmica.

T_o : temperatura de operación.

T_a : Temperatura ambiente.

P_{ad} = Pérdidas por corriente parasita. [7]

4.2.4 Medición de las pérdidas y la corriente de vacío

4.2.4.1 Método de Ensayo

Este ensayo se realizara mediante el método de circuito abierto, el cual consiste en realizar la medición de las pérdidas, tensión y corriente mientras uno de los devanados del transformador se encuentra en circuito abierto.

4.2.4.2 Equipos e Instrumentos

- Variac monofásico (Powerstat Type 1256D)
- Transformador elevador (General Electric Modelo No. 9T51Y12)
- Voltímetro (MultímetroFluke 175 0 – 1000V)
- Vatímetro de bajo factor de potencia (GeorzType 444374)
- Transformador de corriente (StromwandlerType GE4461)
- Amperímetro (Pinza AmperimetricaFluke 335)

4.2.4.3 Recomendaciones para la realización el ensayo

- Los conductores para realizar la conexión deben ser de calibre No. 6 AWG.
- Los contactos de los terminales deben encontrarse limpios y apretados.
- El vatímetro a utilizar debe ser de bajo factor de potencia
- Al momento de energizar el transformador el variac debe estar en su menor valor posible.
- Se debe colocar los instrumentos de medición sobre una superficie firme y nivelada.
- Antes de realizar el ensayo se debe conocer la tensión nominal del devanado de baja tensión del transformador a ensayar.
- Se debe mantener alejado cualquier objeto o persona del devanado de alta tensión ya que en los terminales de este se encuentran inducidos altos voltajes.

4.2.3.4. *Procedimiento*

Este ensayo será realizado en el laboratorio de maquinas utilizando como fuente de alimentación para ensayar transformadores con devanado de baja tensión de 120/240 V, la salida de 220 V que se encuentra en los tableros del laboratorio, y para transformadores con devanados de baja tensión 240/480 V se debe utilizar la misma fuente de alimentación con la diferencia que a la salida del variac se debe utilizar un transformador elevador con relación de transformación 2:1 como se indica en la figura 11.

El ensayo se realizará por el devanado de baja tensión, se debe unir los terminales X2 y X3 (figura1) del transformador a ensayar con un conductor calibre No. 6 AWG, y la tensión de alimentación se aplicara entre los terminales X1 y X4 (figura1) del transformador, mientras que el devanado de alta tensión se mantendrá en vacío. Si el cambiador de tomas se encuentra en la posición de la toma principal, la tensión de ensayo debe ser igual a la tensión nominal; para las otras tomas la tensión de ensayo será igual a la tensión de toma correspondiente. Se deben realizar las conexiones indicadas en las figuras 10 y 11, para la bobina amperimetrica del vatímetro debe utilizarse un transformador de corriente variando la relación de transformación del mismo dependiendo del transformador a ser ensayado como se indica en las tablas 6 y 7, se debe ajustar la escala de los voltímetros de acuerdo con la tensión nominal del transformador a ensayar, la tensión debe ser medida con dos voltímetros uno que responda al valor medio eficaz y otro que mida el valor rms de la tensión.[4]

Tabla 6. Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV:120/240V

Potencia nominal del transformador a ensayar (kVA)	Valor aprox de corriente a medir durante el ensayo (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0,3117	K - 5
10	0,62417925	K - 5
15	0,9366585	K - 5
25	1,49616	K - 5
37,5	2,33775	K - 5
50	3,117	K - 5
75	4,6832925	K - 10
100	6,234	K - 10
167,5	10,4653275	K - 25
250	15,61617	K - 25
333	20,805975	K - 25
500	31,2401325	K - 25

Tabla 7. Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV:240/480V

Potencia nominal del transformador a ensayar (kVA)	Valor aprox de corriente a medir durante el ensayo (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0.155	K - 5
10	0.31	K - 5
15	0.46	K - 5
25	0.74	K - 5
37,5	1.168	K - 5
50	1.55	K - 5
75	2.34	K - 5
100	3.11	K - 10
167,5	5.23	K - 10
250	7.80	K - 10
333	10.40	K - 25
500	15.620	K - 25

Luego de haber ajustado debidamente los instrumentos de medición a sus escalas correctas, se procede a energizar el transformador, se eleva la tensión del ensayo hasta obtener la tensión nominal, en ese momento se toma medida de la corriente, tensión y potencia activa consumida por el transformador, luego se aumenta el nivel de tensión hasta un 110% de la tensión nominal del transformador y se vuelve a tomar medida de las variables indicadas anteriormente. Si durante el desarrollo de este ensayo se produce alguna indicación de falla interna u otra anomalía (cambio brusco de corriente, presencia de humo, ruido) se debe detener el proceso.

Los valores obtenidos durante la prueba están a la temperatura ambiente por lo que se debe medir esta temperatura al finalizar el ensayo, para poder referido los valores a la temperatura de operación del transformador. [4]

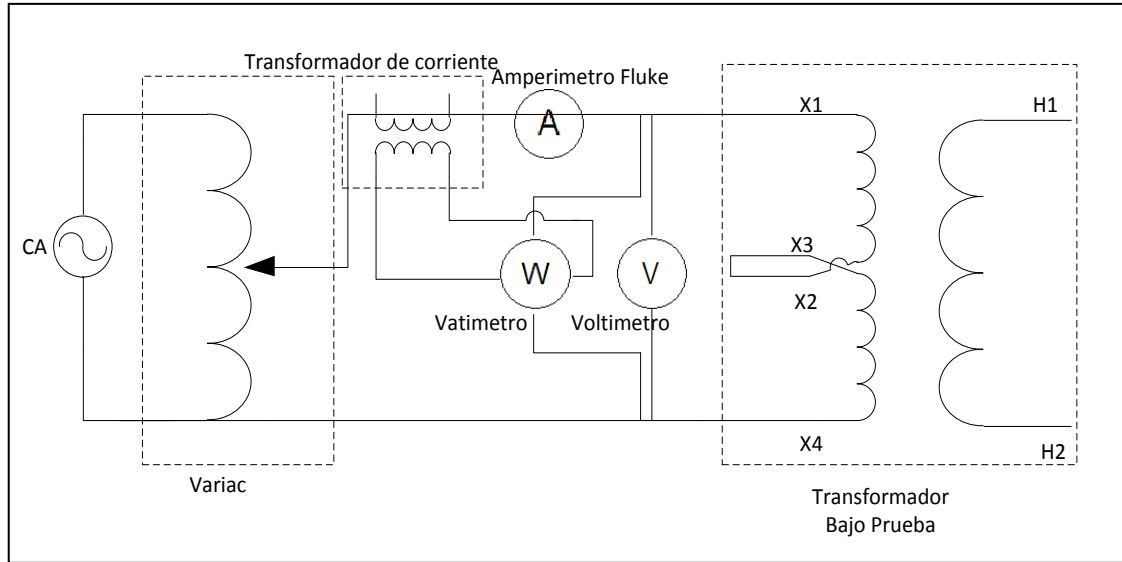


Figura 9 Conexión para ensayo de vacío en transformadores 12,47kV:120/240V

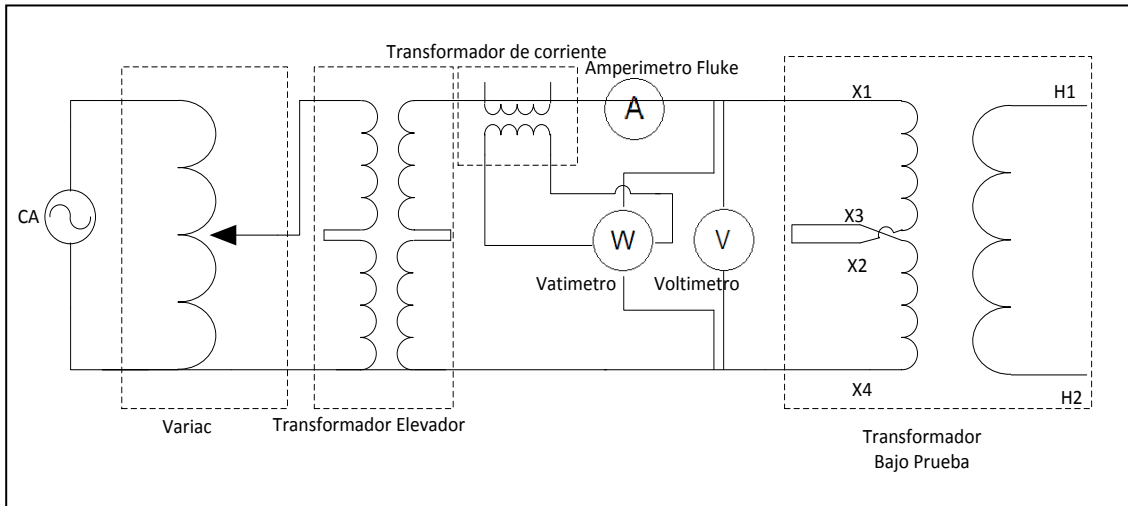


Figura 10 Conexión para ensayo de vacío en transformadores 12,47kV:240/480V

4.2.5 Ensayo de Tensión Aplicada

4.2.5.1 Método de Ensayo

El método a utilizar para este ensayo es la aplicación de tensión alterna a frecuencia industrial, entre las partes activas del transformador y el tanque o cualquier otro elemento que este puesto a tierra.

4.2.5.2 Recomendaciones para realizar el ensayo

- Observar que los terminales de baja tensión del transformador a ensayar se encuentren libres de cualquier otra conexión.
- Cerrar la zona de trabajo como medida de seguridad, impidiendo el acceso hacia el transformador que está siendo probado.
- Asegurarse de que la protección de la fuente de tensión a ser utilizada se encuentre en buenas condiciones y operativa.
- Todas las conexiones deben estar bien unidas mecánicamente sin formar esquinas o puntos.
- Verificar si que la fuente de tensión este debidamente puesta a tierra.

4.2.5.1 Procedimiento:

Este ensayo será realizado en el laboratorio de alta tensión utilizando como fuente de alimentación el simulador de alta tensión que se encuentra en el laboratorio. Previo a empezar a realizar el ensayo se debe conectar a tierra el tanque del transformador, y se debe cortocircuitar los terminales H1 y H2 del transformador a ser ensayado, y los terminales X1, X2, X3 y X4 del mismo (figura1).

Primero se realiza el ensayo por el lado de alta tensión del transformador, se deben conectar todas las bobinas de baja tensión y el tanque del transformador a tierra la fuente de alimentación se conectara entre los terminales de alta tensión y tierra, como se indica en la figura 12. Posteriormente se inicia el ensayo elevando la tensión de la fuente hasta un valor de 11,33kV, la cual representa 1/3 de la tensión final de la prueba, si al alcanzar dicho nivel de tensión no ocurre ninguna anomalía en el

transformador se elevara la tensión hasta 34kV lo más rápido posible, y se mantendrá la tensión a este valor por 60 segundos, luego de haber finalizado el tiempo se disminuye la tensión hasta 11,33kV, antes de des energizar el equipo.

Posteriormente se realiza el ensayo por el devanado de baja tensión (ver figura 13) siguiendo el mismo procedimiento indicado anteriormente, energizando el transformador por el devanado de baja tensión y tierra como se indica en la figura, el valor de tensión final del ensayo es de 10kV.

Durante todo este proceso se debe observar la corriente, la cual debe estar entre los miliamperes alrededor de un valor estable, si en el ensayo se produce una anomalía ya sea que la corriente tome rampa ascendente excesiva, haya presencia de humo, ruido audible o burbujeo en el aceite se debe descender rápidamente a cero la tensión de prueba y se dará por finalizado el ensayo.

Se considerará aprobado el ensayo si durante la prueba no se observa en el transformador ningunas de las anomalías descritas anteriormente. En caso de que sea necesario o se esté realizando este ensayo por segunda vez la tensión de ensayo debe ser el 75% del valor nominal del mismo. [1]

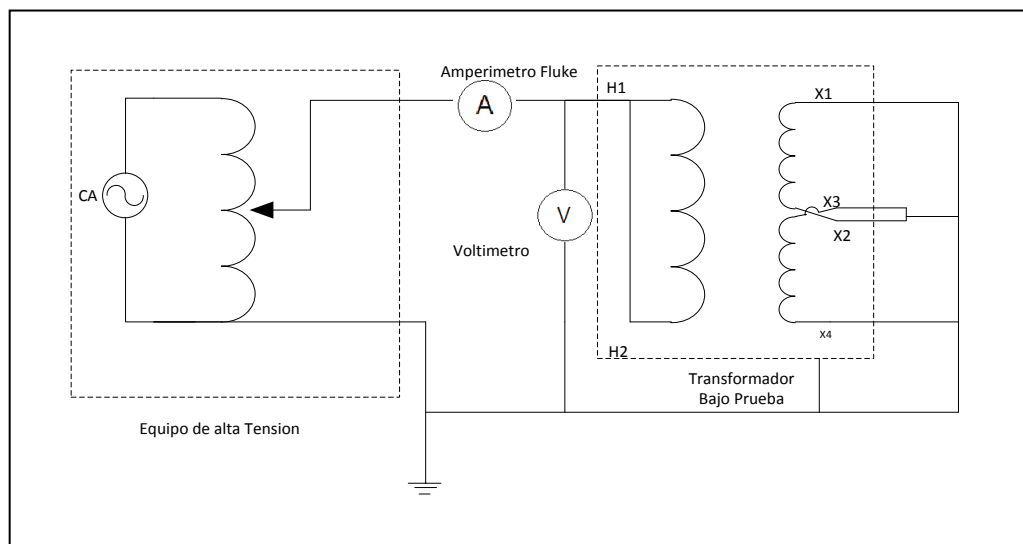


Figura 11. Conexión para realizar ensayo de tensión aplicada por devanado de alta tensión

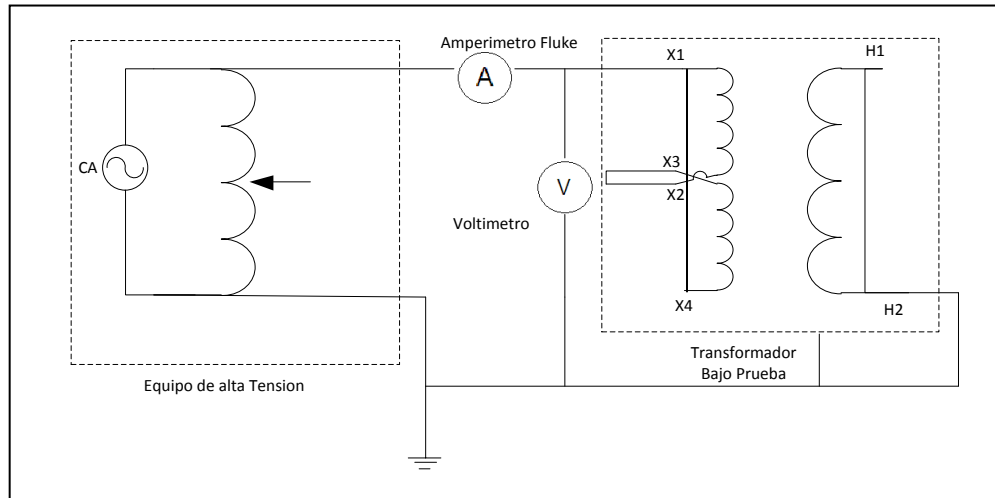


Figura 12. Conexión para realizar ensayo de tensión aplicada por devanado de baja tensión

4.2.6 Ensayo de tensión inducida

4.2.6.1 Método de Ensayo

El método para realizar este ensayo es aplicar entre los terminales de baja o alta tensión del transformador, el doble de la tensión nominal del mismo a una frecuencia incrementada sobre la nominal en un valor apropiado para evitar que la corriente durante el ensayo sea excesiva.

4.5.6.2 Equipos e Instrumentos

- Generador de 400HZ
- Interruptor AC
- Voltímetro (MultímetroFluke 175 0 – 1000V)
- Amperímetro (Pinza AmperimétricaFluke 335)
- Cronometro

4.2.6.3 *Recomendaciones para realizar el ensayo*

- Retirar las conexiones de la puesta a tierra del transformador.
- Observar que los terminales de alta tensión del transformador a ensayar se encuentren libres de cualquier otra conexión.
- Cerrar la zona de trabajo como medida de seguridad, impidiendo el acceso hacia el transformador que está siendo probado.
- Los conductores para realizar la conexión en el transformador deben ser de calibre No. 6 AWG asegurando así una baja resistencia en las conexiones.

4.2.6.4 *Procedimiento*

Este ensayo debe ser realizado en laboratorio de maquinas utilizando como fuente de alimentación la salida de 440V y 440 Hz de los tableros ubicados en el laboratorio. El ensayo se realiza por el devanado de baja tensión, se debe unir los terminales X2 y X3 (figura1) del transformador con un conductor calibre No. 6 AWG, y la tensión de alimentación se aplica entre los terminales X1 y X4 (figura1), mientras que el devanado de alta tensión se mantendrá en abierto.

Se debe realizar las conexiones mostradas en la figura 14, se aplica en los terminales del devanado secundario, una tensión igual a dos veces el valor de la tensión nominal del transformador a ensayar (ver tabla 8), a una frecuencia de 400Hz.

Se comienza la prueba con una tensión no mayor de 1/3 del valor del ensayo y se eleva la tensión a su valor de prueba (ver tabla 8) tan rápido como sea posible, este valor de tensión se mantendrá por 16 s, luego se disminuye el nivel de tensión lo más rápido posible hasta 1/3 de la tensión de prueba.

Durante todo este proceso se debe estar observando la corriente la cual debe estar alrededor de un valor estable y menor a la de excitación, si durante el ensayo se produce una anomalía ya sea que la corriente tome un valor excesiva, haya presencia de humo, ruido audible o burbujeo en el aceite se debe descender rápidamente a cero la tensión de prueba y se dará por finalizado el ensayo.

Se considerara aprobado el ensayo si durante la prueba no se observa en el transformador ningunas de las anomalías descritas anteriormente. En caso de que sea

necesario o se esté realizando este ensayo por segunda vez la tensión de ensayo debe ser el 75% del valor nominal del mismo.

Este ensayo solo puede ser realizado a transformadores con devanados de baja tensión máximo de 240V por limitaciones del laboratorio. [4]

Tabla 8. Tensión de ensayo y tiempo de duración del mismo

Transformador de prueba	Tensión de Ensayo (V)	Tiempo de Ensayo (te)
12,7 kV 120/240V	480	16 s
12,7 kV 240/480V	960	16 s

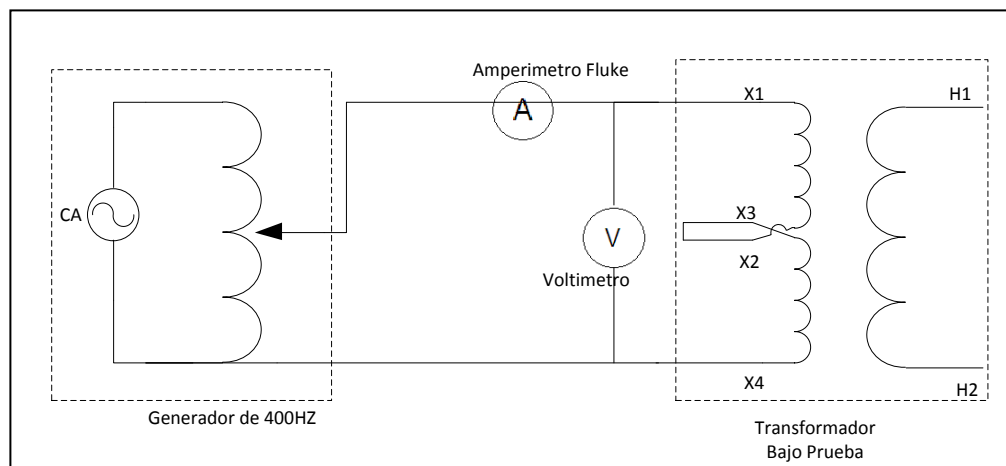


Figura 13 Conexión para ensayo de tensión inducida en transformadores 12,47kV:120/240

4.2.7 Ensayo de Hermeticidad:

4.2.7.1 Método de Ensayo:

Este ensayo se realizara a transformadores totalmente ensamblando, aplicando 10psi de presión, mediante la inyección de un gas inerte.

4.2.7.2 *Equipos e Instrumentos:*

- Bombona de nitrógeno.
- Manómetro.
- Válvula de llenado.

4.2.7.3 *Recomendaciones para realizar el ensayo:*

- a) Verificar que el transformador bajo ensayo se encuentre totalmente ensamblado y que sus conexiones se encuentren bien ajustadas.
- b) El transformador debe poseer el volumen apropiado de líquido aislante.
- c) Después de terminado el ensayo realizar una inspección visual.
- d) Realizar dicho ensayo en una zona donde no existan cambios bruscos de temperatura.

4.2.7.4 *Procedimiento:*

Este ensayo se realiza en el laboratorio de química, en la escuela de ingeniería química. Es aplicado después de los ensayos de rutina, en caso de que el transformador presente algún dispositivo de alivio de sobrepresión interna, podrá realizarse la prueba inhibiendo su operación.

Se inyecta nitrógeno en el transformador a través de la válvula de llenado de aceite que se encuentra en la parte superior del mismo hasta obtener 10 psi de presión, la lectura de la presión se realiza al mismo tiempo que se esté inyectando el nitrógeno con la ayuda de un manómetro, luego de haber llegado a la presión indicada se cierra la válvula de llenado y se deja bajo estas condiciones de presión durante 6 horas.

Luego de haber transcurrido el tiempo indicado se realiza una inspección visual del transformador, observando que no haya presentado fuga de gas o filtraciones del líquido aislante durante el ensayo, y que el tanque no hay sufrido deformaciones permanentes. [4]

4.3 ENSAYOS TIPO:

4.3.1 Ensayo de aumento de temperatura:

4.3.1.1 Método de Ensayo:

Para realizar este ensayo se describen dos métodos: **A)** Método de cortocircuito, para el cual se debe cortocircuitar uno de los devanados del transformador bajo prueba y hacer circular una corriente a frecuencia nominal tal que se produzcan las pérdidas totales. **B)** Método en vacío, en cual consiste en aplicar una tensión mayor a la nominal por uno de los devanados del transformador hasta obtener las pérdidas totales, mientras el otro se encuentra en vacío.

4.3.1.2 Equipos e Instrumentos:

- Variac monofásico (Powerstat Type 1256D)
- Interruptor AC
- Voltímetro (MultímetroFluke 175 0 – 1000V)
- Vatímetro (TRUB. TAUBER Zurich Type 323658.35)
- Transformador de corriente (StromwandlerType GE4461)
- Amperímetro (Pinza AmperimetricaFluke 335)
- Tres termómetros
- Termocupla
- Pirómetro
- Transformador elevador (General Electric Modelo No. 9T51Y12)

4.3.1.3 Recomendaciones para realizar el ensayo:

- a) Los conductores para realizar el cortocircuito deben ser de baja impedancia y alto calibre, los mismos deben ser lo más cortos posibles.
- b) Los contactos de los terminales deben encontrarse limpios y apretados.
- c) El aumento de la tensión aplicada durante la prueba debe realizarse de forma gradual y lenta.

- d) Al momento de energizar el transformador el variac debe estar en su menor valor posible.
- e) Se debe colocar los instrumentos de medición sobre una superficie firme y nivelada.
- f) Retirar los conductores de llegada de las boquillas.
- g) Este ensayo se debe realizar en un lugar libre de corrientes de aire tanto como sea posible.
- h) El aumento de temperatura se debe realizar bajo condiciones normales de enfriamiento del transformador.
- i) El transformador a ensayar se debe encontrar con todas sus partes ensambladas.
- j) Antes de realizar este ensayo se debe conocer previamente las pérdidas debido a la carga y las pérdidas en vacío del transformador a ensayar.

4.3.1.4 *Procedimiento:*

Dicho ensayo será realizado en el laboratorio de maquinas utilizando como fuente de alimentación la salida de 220 V que se encuentra en los tableros de dicho laboratorio.

Método (A)

El procedimiento para realizar este método es el siguiente:

El transformador a ser ensayo se le deben cortocircuitar el devanado de baja tensión, de la siguiente manera los terminales X1 y X4 cortocircuitados y los terminales X2 y X3 también cortocircuitados (figura1). Este ensayo se realiza con el cambiador de tomas en la posición que produzca menor tensión, ya que por lo general es en donde se produce mayores pérdidas.

Antes de empezar a realizar el ensayo se debe conocer el valor de las pérdidas totales del transformador bajo prueba la cual será la suma de las pérdidas en vacío y las pérdidas debido a la carga. Asumiendo que las pérdidas debido a la carga fueron medidas a temperatura ambiente de 25°C, dichas pérdidas se deben ajustar a su valor cuando el transformador se encuentra a su temperatura máxima de trabajo, aumentándolas en un porcentaje igual a 0.4 veces el aumento de temperatura

esperado, este cálculo se hace asumiendo que dichas pérdidas varían directamente proporcional a la resistencia de las bobinas.

Luego de haber cortocircuitado y colocado el cambiador de tomas en la posición de menor tensión, se procede a conectar los equipos de medición y el variac en el lado de alta tensión como se muestra en la figura 15, esta conexión se debe realizar con cables de calibre No. 6 AWG, asegurar que el voltímetro esté conectado directamente en los terminales H1 y H2 del transformador a ensayar de esta forma se evita medir la caída de tensión en los cables. Los instrumento de medición deben estar en su mayor escala, para la bobina amperimetrica del vatímetro se utiliza un transformador de corriente variando la relación de transformación dependiendo de la potencia del transformador a ser ensayado como se indica en la tabla 9.

Tabla 9 Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV/240 V y 12,47/480V

Potencia nominal del transformador a ensayar (kVA)	Corriente nominal del devanado de Baja tensión (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0,4	K - 5
10	0,801	K - 5
15	1,202	K - 5
25	1,92	K - 10
37,5	3	K - 10
50	4	K - 25
75	6,01	K - 25
100	8	K - 25
167,5	13,43	K - 25
250	20,04	K - 50
333	26,7	K - 50
500	40,09	K - 50

Seguidamente se procede a energizar el transformador verificando que el variac este en la posición más baja, se aumentara la tensión lentamente, durante la elevación de tensión se debe estar tomando lectura de la potencia, se elevara la tensión hasta aplicar una potencia igual a las pérdidas totales previamente calculadas, esta condición de potencia se debe mantener durante todo el ensayo. Se debe tomar mediciones de la temperatura a intervalos de tiempo regulares, tanto en la parte superior del líquido aislante como de la temperatura ambiente hasta haber alcanzado la estabilidad térmica como es descrito en el procedimiento para medir temperatura. [4]

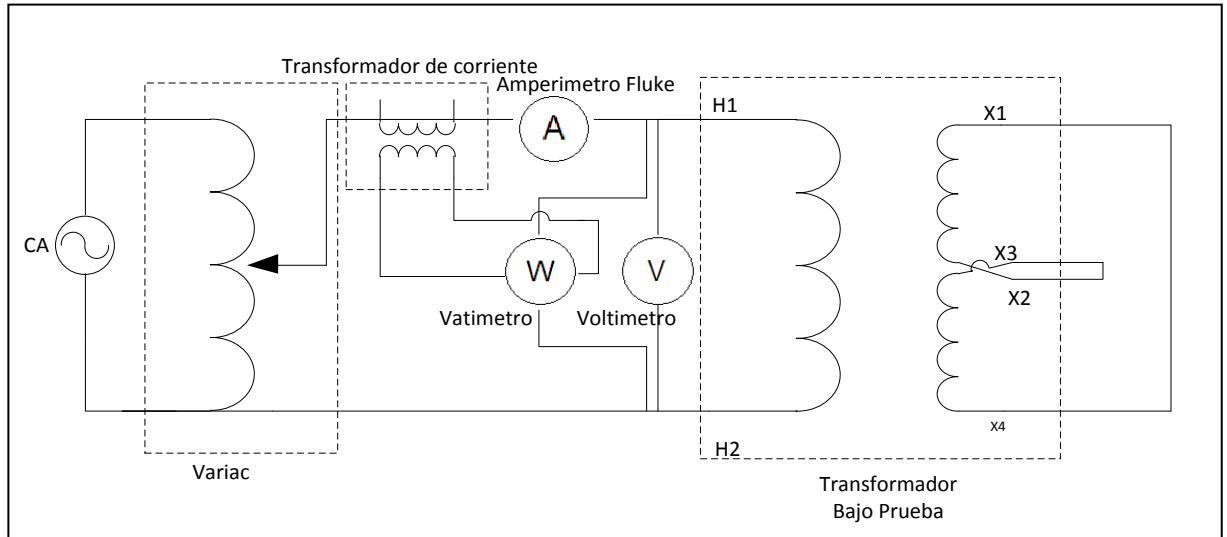


Figura 14 Conexión para realizar el ensayo de aumento de temperatura por el método A

En caso de que no se puedan alcanzar las pérdidas totales del transformador, se pueden utilizar unas pérdidas no menores del 80% de las totales y se debe aplicar el siguiente factor de corrección al aumento de temperatura de la parte superior del líquido aislante determinado:

$$T_o = \left[\frac{\text{Pérdidas Totales}}{\text{Pérdidas utilizadas en el ensayo}} \right]^{0.8} \quad \text{Ecuación 11}$$

Este método no debe ser aplicado cuando la relación entre las pérdidas debido a la carga y las pérdidas en vacío es menor que dos a uno, si esto sucede se recomienda utilizar el método **B**. Con esta condición aseguramos no tener una corriente excesiva sobre la nominal.

Método B

El ensayo se realiza por el devanado de baja tensión, se unen los terminales X2 y X3(figura1) del transformador a ensayar con un conductor calibre No. 6 AWG, y la tensión de alimentación se aplica entre los terminales X1 y X4(figura1), mientras que el devanado de alta tensión se mantendrá en vacío, para este ensayo se utiliza un transformador elevador para poder alcanzar una tensión mayor a nominal, y por limitaciones del laboratorio solo se podrá ensayar transformadores con devanados de baja tensión 120/240V.

Se realiza las conexiones indicadas en la figura 16, para la bobina amperimétrica del vatímetro se utiliza un transformador de corriente variando la relación de transformación del mismo dependiendo del transformador a ser ensayado como se indica en la siguiente tabla 10.

Tabla 10 Variación de relación de transformación para transformadores 12,47kV/ 120:240 V

Potencia nominal del transformador a ensayar (kVA)	Valor aprox de corriente a medir durante el ensayo (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0,311	K - 5
10	0,62	K - 5
15	0,93	K - 5
25	1,49	K - 5
37,5	2,33	K - 5
50	3,11	K - 5
75	4,68	K - 10
100	6,23	K - 10
167,5	10,46	K - 25
250	15,61	K - 25
333	20,80	K - 25
500	31,24	K - 25

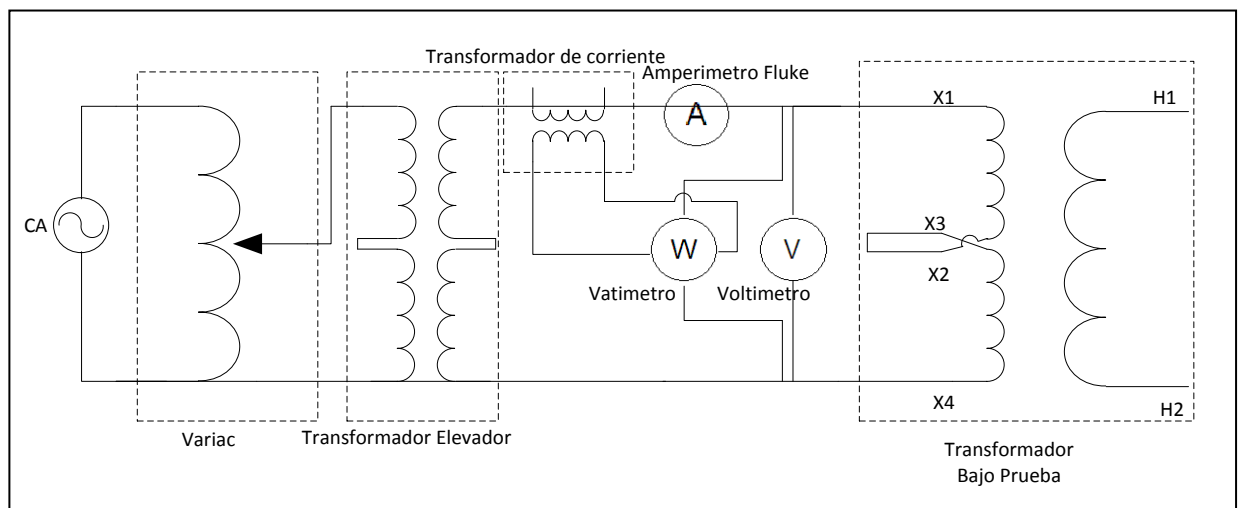


Figura 15 Conexión para realizar el ensayo de aumento de temperatura por el método B

Luego de haber ajustado debidamente los instrumentos de medición a sus escalas correctas, se procede a energizar el transformador, se aumenta la tensión a un valor mayor de la tensión nominal del transformador bajo prueba, durante la elevación de tensión se toma lectura de la potencia, se eleva la tensión hasta aplicar una potencia igual a las pérdidas totales previamente calculadas, esta condición de potencia se mantiene durante todo el ensayo. Se toma mediciones de la temperatura a intervalos de tiempo regulares, tanto en la parte superior del líquido aislante como de la temperatura ambiente hasta haber alcanzado la estabilidad térmica como es descrito en el procedimiento para medir temperatura. [8]

Procedimiento para la medición de la temperatura del devanado

Luego de haber realizado el ensayo de aumento de temperatura por el método **A** o **B**, se toma las mediciones correspondientes para poder realizar el cálculo de la temperatura media de los devanados de la siguiente manera.

Se reduce la corriente del transformadora su valor de toma, manteniéndola constante durante 1 hora (si el ensayo fue realizado por el método **A**), luego se des energiza el transformador y se mide la temperatura del liquido(al instante de la desconexión), y se toma medida de los valores de la resistencia de los devanados tanto de alta como de baja de la siguiente manera: la primera lectura se realiza tan pronto como sea posible y seguidamente se toman tres mediciones mas espaciadas entre sí 1 min, todas las mediciones deben ser tomadas en un tiempo menor de 6min, se debe registrar el tiempo en el instante de la desconexión para cada medición de la resistencia. El método a utilizar para la medición de la resistencia de los devanados es igual al descrito anteriormente en los ensayos de rutina. [4]-[5]

Procedimiento para la medición de temperatura

Para tomar medición de la temperatura del aceite del transformador se utilizará una termocupla PT100 sumergida a 5cm de la superficie del aceite, la cual ira conectada a un pirómetro, dicha termocupla se debe introducir al transformador antes de empezar

el ensayo, por la válvula de llenado del mismo que se encuentra en la parte superior de esté, esto se debe realizar lo más rápido posible para no contaminar con humedad el aceite dieléctrico, dicha válvula de llenado debe estar sellada con una goma durante el ensayo.

La temperatura ambiente se medirá por medio de tres termómetros colocados en diferentes puntos alrededor del transformador a una distancia de 1,5 m de este, a una altura aproximadamente igual a la mitad de la altura del mismo, los termómetros deben estar protegidos de corrientes de aire, de las radiaciones de calor del transformador bajo ensayo y de otras fuentes.

Para los efectos de este ensayo, se considera que el transformador se ha estabilizado térmicamente si el aumento de temperatura del líquido aislante no varía en más de 1°C por hora durante un periodo consecutivo de tres horas. [4]

4.3.2 Ensayo de onda de choque completa:

4.3.2.1 Método de Ensayo:

El método para realizar este ensayo, es aplicando una onda de tensión de forma 1,2/50 μ s a un terminal del transformador colocando todos los demás terminales a tierra, la onda antes mencionada será aplicada mediante un generador de impulso.

4.3.2.2 Equipos e Instrumentos:

- Generador de impulso.
- Osciloscopio.
- Voltímetro
- Divisor resistivo
- Resistencia de acople

4.3.2.3 Recomendaciones para realizar el ensayo de onda de choque completa:

- a) Observar que los terminales de baja y alta tensión del transformador a ensayar se encuentren libres de cualquier otra conexión.
- b) El transformador bajo ensayo se debe encontrar des energizado.

- c) Cerrar la zona de trabajo como medida de seguridad, impidiendo el acceso hacia el transformador que está siendo probado.
- d) Los conductores para realizar la conexión en el transformador deben ser de calibre No. 6 AWG asegurando así una baja resistencia en las conexiones.
- e) Asegurarse de que la protección del generador de impulso se encuentre en buenas condiciones y operativa.
- f) Limpiar la superficie de los bushing quitando polvo, suciedad, carbón u otros materiales que puedan ayudar a que se produzca un arco de corriente en los bushings del transformador.
- g) Verificar que el generador de impulso se encuentre debidamente puesta a tierra.
- h) El transformador bajo ensayo debe encontrarse totalmente ensamblado y lleno al nivel apropiado del líquido aislante.

4.3.2.4 Procedimiento:

El primer paso para realizar este ensayo es la calibración del generador de impulso el cual debe suministrar una forma de onda de 1.2/50 μ s con un valor máximo de 95 kV, para realizar dicha calibración se debe seguir el siguiente procedimiento.

Calibración del frente de onda:

El origen virtual cero se puede determinar localizando los puntos en el frente de la onda en donde la tensión sea 30% y 90% del valor de cresta, respectivamente y después trazar una línea recta a través de estos puntos. Con la intersección de esta línea con el eje de tiempo (línea de la tensión cero), se determina el origen virtual cero.

El tiempo virtual de cresta viene dado por, 1,67 veces el tiempo real entre los puntos en el cual el frente de onda alcanza 30 % y 90% del valor de la cresta. Si hay oscilaciones en el frente de las ondas, los puntos del 30% y 90% deberán ser

determinados de la media y el frente de onda suave será graficado a través de las oscilaciones, preferiblemente estas no deben exceder el 10% de la tensión.

El tiempo virtual de cresta será normalmente de $1,2\mu\text{s}$ con una tolerancia de $\pm 30\%$, pero no excederá de $2,5\mu\text{s}$.

Calibración de la cola de la onda:

El intervalo medido desde el origen virtual cero hasta el punto donde la cola alcance el 50% de la tensión de cresta debe ser de $50\mu\text{s}$ con una tolerancia de $\pm 20\%$. La impedancia de algunos devanados puede ser demasiado baja para alcanzar esos valores con el equipo que se dispone, en estos casos se permite usar un tiempo de cola más corto.

Calibración del Generador de Impulso:

Para poder calibrar el generador de impulso es necesario conectar la carga al mismo en este caso el transformador bajo estudio, antes de conectar la carga se debe colocar a tierra el generador de impulso esto se realiza colocando la varilla de tierra en la salida del mismo. Luego de haber conectado la carga se conecta el osciloscopio al cual le llega un cable coaxial de la salida del elemento atenuador, el mismo antes de ser conectado al osciloscopio debe llevar la resistencia de acople de 50Ω .

Después de haber hecho las conexiones antes descritas y haber retirado la varilla de puesta a tierra de la salida del generador de impulso, se procede a energizar el mismo, para esto debe estar cerrada la puerta de acceso al laboratorio así como la de acceso hacia el generador de impulso, y no se debe encontrar ninguna persona fuera de la zona donde se encuentra el panel de control. Luego de haber verificado lo anterior, se habilita el generador de impulso pasando la llave que se encuentra en el panel de control, seguidamente se desconecta la varilla de puesta a tierra del rectificador de media onda, esto se realiza pulsando el primer botón verde que se encuentra en el panel dicho botón tiene un símbolo de puesta a tierra, seguidamente se procede a energizar el rectificador pulsando el segundo botón verde que se encuentra en el panel el cual posee la simbología de un diodo.

Seguidamente se procede a ajustar la separación de las esferas a la tensión deseada, esto se realiza separando o uniendo las esferas de las etapas conectadas con los botones rojo y negro respectivamente, este ajuste se realiza hasta poder observar en el indicador de tensión y de separación de las esferas una tensión igual al valor de cresta deseado entre el número de etapas conectadas en el generador de impulso, luego de haber ajustado la separación de las esperas se eleva la tensión del rectificador de media onda, utilizando la perilla que se encuentra en el panel de control, dicha tensión se eleva hasta el valor indicado anteriormente con un leve incremento esto es para la descarga se produzca con mayor rapidez.

Para el ajuste del osciloscopio, se realiza aplicando un impulso a tensión reducida aproximadamente con un valor de cresta de 5kV, se espera que ocurra la primera descarga y se pulsa el botón de autoset del osciloscopio con esto se ajusta a una escala en la que se pueda observar la onda, partiendo de este primer ajuste con las perillas de escala horizontal y vertical y con las perillas de ajuste de la posición del centro del osciloscopio, se varían hasta poder observar bien la señal completa, seguidamente se eleva la tensión hasta el valor deseado y se espera la primera descarga y se vuelve a ajustar la escala vertical hasta poder observar la señal deseada, luego de haber realizado estos ajustes se pulsa el botón single seg, para poder congelar la señal registrada por el osciloscopio al momento de la descarga.

Al momento de desenergizar el generador de impulso se debe llevar la tensión del rectificador de media onda a cero con la perilla que se encuentra en el panel de control, unir las esferas de las etapas lo más posible con el botón negro que se encuentra en dicho panel, se desenergiza el rectificador pulsando el segundo botón rojo y se coloca a tierra el mismo pulsando el primer botón rojo, posteriormente se debe colocar a tierra el generador de impulso conectando la barrilla de puesta a tierra a la salida del mismo, después de haber realizado todos estos pasos es que se puede ajustar directamente una variable en el generador de impulso.

Si se desean conectar mayor cantidad de etapas en el generador de impulso se desenergiza el mismo y unir manualmente las esperas de las etapas que se desean

agregar, tomar encuentra que cada etapa suministra un valor de tensión máximo de 75 kV.

Procedimiento para la aplicación del impulso:

Luego de haber calibrado debidamente el generador de impulso se procede a conectar, primero el generador de impulso al terminal H1 del transformador bajo ensayo y el terminal H2 (figura1) del mismo a tierra como se muestra en la figura 17 y se realiza el ensayo, posteriormente se intercambian las conexiones el terminal H1 debe ir a tierra y el terminal H2 (figura1) al generador de impulso como se muestra en la figura 18 y se vuelve a realizar el ensayo. Asegurándose de que el tanque del transformador y los terminales de los devanado que no están siendo probados se encuentren eficazmente puestos a tierra.

El operador y todo el personal después de haber realizado las conexiones deben retirarse del área donde está siendo ensayado el transformador y colocarse detrás del tablero de control del generador de impulso. Posteriormente se le aplicaran dos ondas completas al transformador de la siguiente manera:

La primera onda será a tensión reducida la cual tendrá un valor de cresta de 50 kV con un tiempo de $1.2/50\mu s$, si al aplicar esta onda no se observa ninguna anomalía en el transformador, como ruido audible, burbujeo o alguna deformación muy brusca en la forma de onda aplicada, se procederá a aplicar una segunda onda que será a plena tensión la cual tendrá un valor de cresta de 95 kV con una tolerancia de $\pm 3\%$ y un tiempo de $1.2/50 \mu s$, en caso de que en el momento de aplicación de una de las ondas se detecte un arco en uno de los bushings, entonces esta aplicación no se considera como válida y se debe realizar nuevamente la misma.

Entre los métodos de detección de falla esta la comparación de los oscilogramas de voltaje, obtenido al aplicar la onda de choque completa a tensión reducida con el obtenido al aplicar la onda de choque completa a plena tensión, y la experiencia acumulada en la realización de esta prueba es una de los métodos más certeros, también esta como método alternativo la detección de ruidos anormales al momento de la aplicación de la onda. [4]-[5]

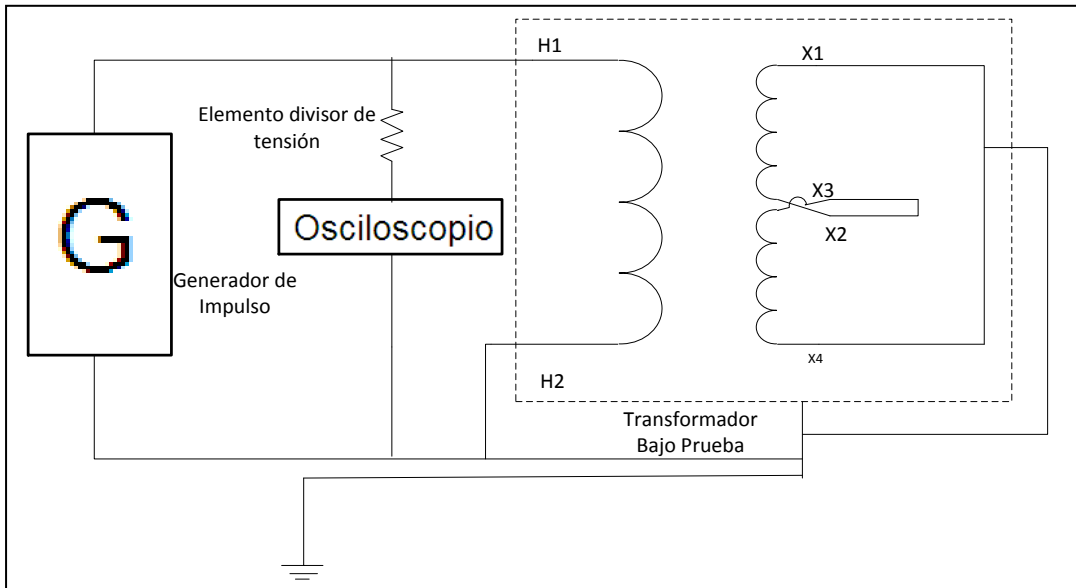


Figura 16 Conexión para ensayo de onda de choque completa por el devanado de alta tensión por H1

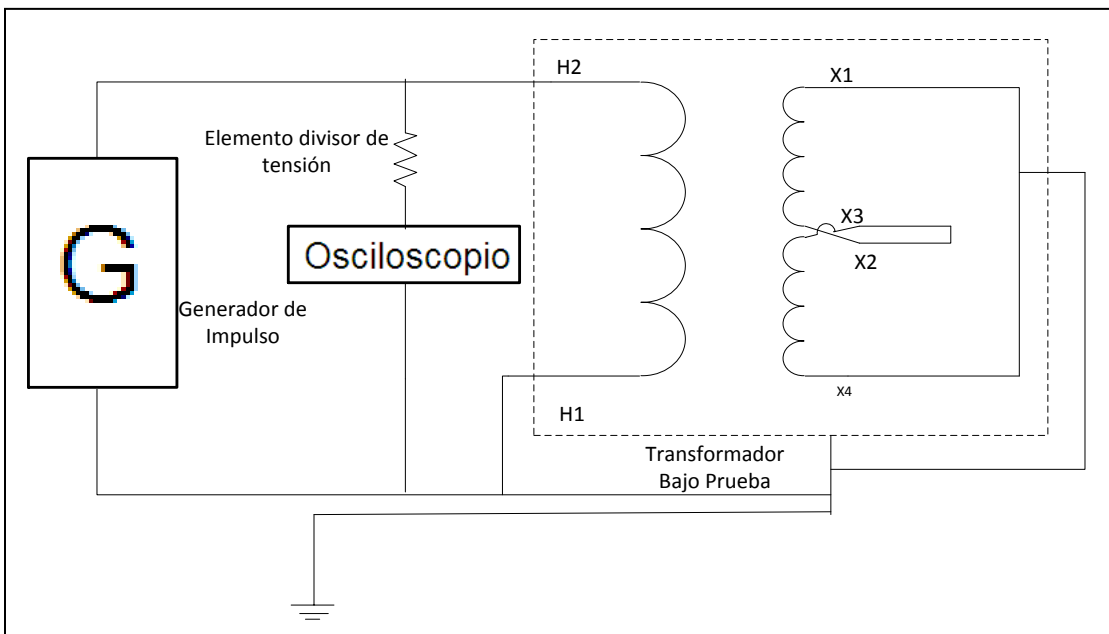


Figura 17 Conexión para ensayo de onda de choque completa por el devanado de alta tensión por H2

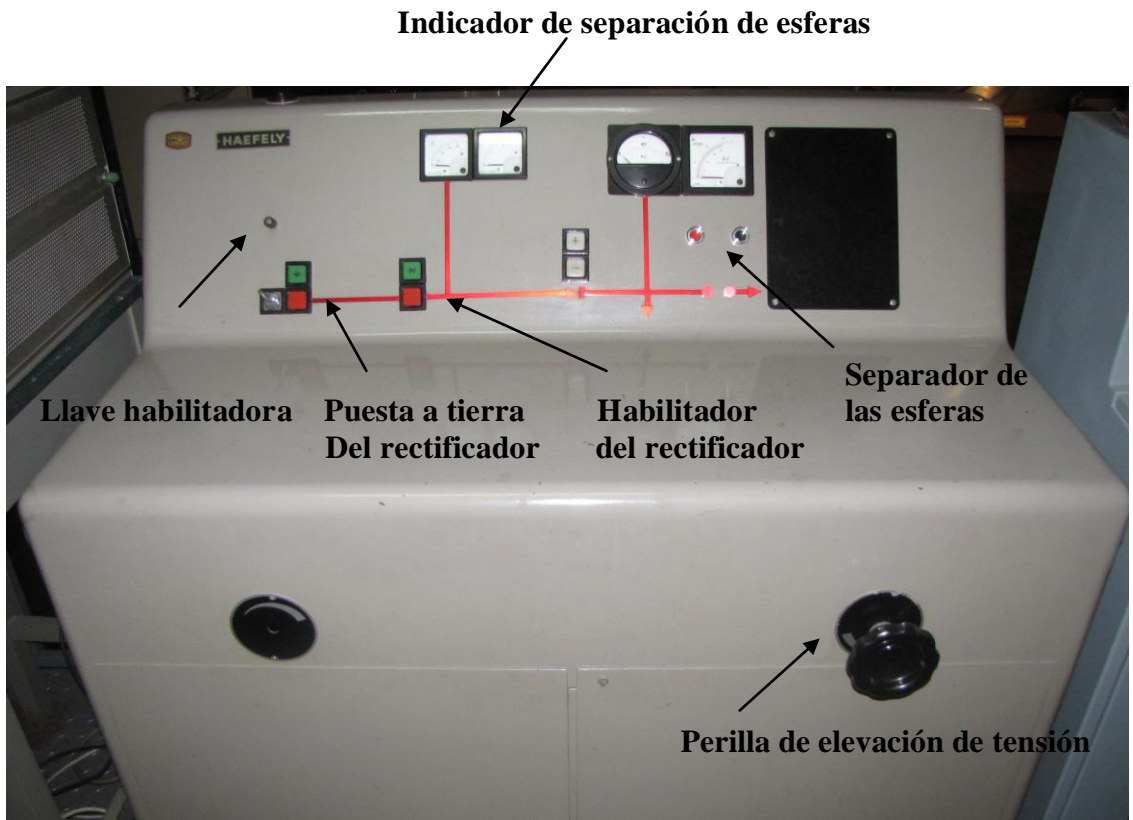


Figura 18 Panel de control para el Generador de Impulso



Figura 19 Osciloscopio Tektronik

4.4 ENSAYOS ESPECIALES:

4.4.1 Ensayo de onda de choque cortada:

4.4.1.1 Método de Ensayo:

La metodología para realizar este ensayo es la misma utilizada en el ensayo de onda de choque completa con la diferencia que se utiliza un equipo de corte de onda para simular la actuación de algún descargador asociado al transformador.

4.4.1.2 Equipos e Instrumentos:

- Generador de impulso.
- Osciloscopio.
- Voltímetro.
- Divisor resistivo.
- Resistencia de acople.
- Equipo de corte de onda.

4.4.1.3 Recomendaciones para realizar el ensayo de onda de choque completa:

- a) Observar que los terminales de baja y alta tensión del transformador a ensayar se encuentren libres de cualquier otra conexión.
- b) El transformador bajo ensayo se debe encontrar desenergizado.
- c) Cerrar la zona de trabajo como medida de seguridad, impidiendo el acceso hacia el transformador que está siendo probado.
- d) Los conductores para realizar la conexión en el transformador deben ser de calibre No. 6 AWG asegurando así una baja resistencia en las conexiones.
- e) Asegurarse de que la protección del generador de impulso se encuentre en buenas condiciones y operativa.
- f) Limpiar la superficie de los bushing quitando polvo, suciedad, carbón u otros materiales que puedan ayudar a que se produzca un arco de corriente en los bushings del transformador.
- g) Verificar que el generador de impulso se encuentre debidamente puesta a tierra.

h) El transformador bajo ensayo debe encontrarse totalmente ensamblado y lleno al nivel apropiado del líquido aislante.

4.4.1.4 Procedimiento:

El procedimiento para realizar este ensayo es el mismo que para el ensayo de onda de choque completa ya que los dos se realizan en conjunto, pero se debe realizar la siguiente secuencia de aplicación de impulsos:

- Una onda completa reducida.
- Dos ondas cortadas.
- Una onda completa.

La onda será cortada en la cola para esto se debe seleccionar un elemento descargador con ciertas especificaciones, el valor de cresta de la onda cortada es de 110kV. [1]-[2]

4.4.2 Ensayo de descargas parciales:

4.4.2.1 Método de Ensayo:

El método a utilizar para este ensayo es la aplicación de tensión alterna a frecuencia industrial, con el transformador en vacío y realizar la medición de la carga q de las descargas parciales producidas en el transformador.

4.4.2.2 Equipos e Instrumentos:

- Transformador de alta tensión.
- Shunt de acople Messwondler-baogmbh Bamberg coupling-quadripole AKV73.
- Divisor de tension UL-Kondensatorm.strickstoff from/type CM200.
- Divisor de tension UL-Kondensatorm.strickstoff from/type CK200.
- Panel de control HAELFELY.

4.4.2.3 Recomendaciones para realizar el ensayo:

a) Observar que los terminales de alta tensión del transformador a ensayar se encuentren libres de cualquier otra conexión.

- b) Observar que los terminales de baja tensión del transformador a ensayar se encuentren libres de cualquier otra conexión.
- c) Cerrar la zona de trabajo como medida de seguridad, impidiendo el acceso hacia el transformador que está siendo probado.
- d) Asegurarse de que la protección de la fuente de tensión a ser utilizada se encuentre en buenas condiciones y operativa.
- e) Todas las conexiones deben estar bien unidas mecánicamente sin formar esquinas o puntos.
- f) Verificar si la fuente de tensión este debidamente puesta a tierra.
- g) El transformador debe tener todos sus accesorios instalados y estar en condiciones de operación normal.

4.4.2.4 *Procedimiento:*

Este ensayo será realizado en el laboratorio de alta tensión utilizando como fuente de alimentación el simulador de alta tensión que se encuentra en el laboratorio. Previo a empezar a realizar el ensayo se coloca las cubiertas conductoras en los terminales H1 y H2 del transformador con el fin de prevenir el efecto corona, en este ensayo se energizara el transformador por el devanado de alta tensión, mientras el devanado de baja tensión se mantiene en vacío.

Se calibra el equipo de medición de descargas parciales de la siguiente manera, se coloca el medidor de carga **q** en la posición CAL se generaran impulsos de pruebas con el dispositivo SYNC, con este se pueden generar impulsos de 5pc, 50pc, 500pc, 5000pc, estos impulsos se generan pulsando el botón blanco en la parte frontal del mismo, el dispositivo de calibración se debe conectar en la parte trasera del medidor de carga **q**, y se verifica que se esté midiendo el valor correspondiente al impulso que se está generando.

Antes de realizar el ensayo, se verifica si existen descargas parciales en los elementos que conforman el circuito de medición para esto deben estar cerrados todos los accesos al laboratorio, para energizar el transformador de alta tensión se coloca el

mainswitch que se encuentra en el panel de control en la posición ON y el meter swicht en 75 A, posteriormente se procederá a pasar la llave de control swicht y a energizar el transformador primario y el transformador secundario (el cual corresponde al de alta tensión) pulsando los botones de ON del primaryswitch y secondaryswitch respectivamente. Luego se aumentará la tensión hasta un valor de 13700 V el cual corresponde al valor de tensión máximo durante el ensayo, el aumento de tensión se realizara con la perillas rapid y slow, las cuales dan variaciones bruscas y suaves de tensión respectivamente, el voltímetro que se encuentran en la parte superior suministra la información de la tensión de salida del transformador de alta tensión se debe ajustar la escala del mismo con la perilla que se encuentra debajo de él dependiendo de la tensión a la cual vamos a realizar la prueba, luego de haber alcanzado el valor de tensión indicado se toma medida de las descargas parciales producidas en los elementos que conforman el circuito de medición.

Luego de haber realizado lo descrito anteriormente se realiza la conexión que se muestra en la figura, y se eleva la tensión gradualmente (con el mismo procedimiento anteriormente descrito) hasta un valor de tensión donde empiecen a aparecer las descargas parciales, se tomara nota de este valor de tensión a la cual esto sucede y luego se eleva la tensión hasta un valor de 13700V, el cual corresponde al valor de tensión nominal del transformador más un 10%, y se mantendrá bajo estas condiciones por un tiempo de 1 o 2 horas, seguidamente se disminuirá la tensión hasta que las descargas parciales desaparezcan y se tomara medida de la tensión a la cual esto sucede.

Si en cualquier momento se produce alguna situación de emergencia o alguna anomalía se debe pulsar el botón de emergencyswitch el cual des energiza todo el circuito.

Si se desea observar las descargas parciales, se apagan las luces del laboratorio pulsando el botón negro que se encuentra debajo del de emergencia Light off y para volver a encenderlas se debe pulsar el botón signal, al momento de realizar la medición debe mantener apagadas las luces fluorescentes ya que son una fuente de ruido.

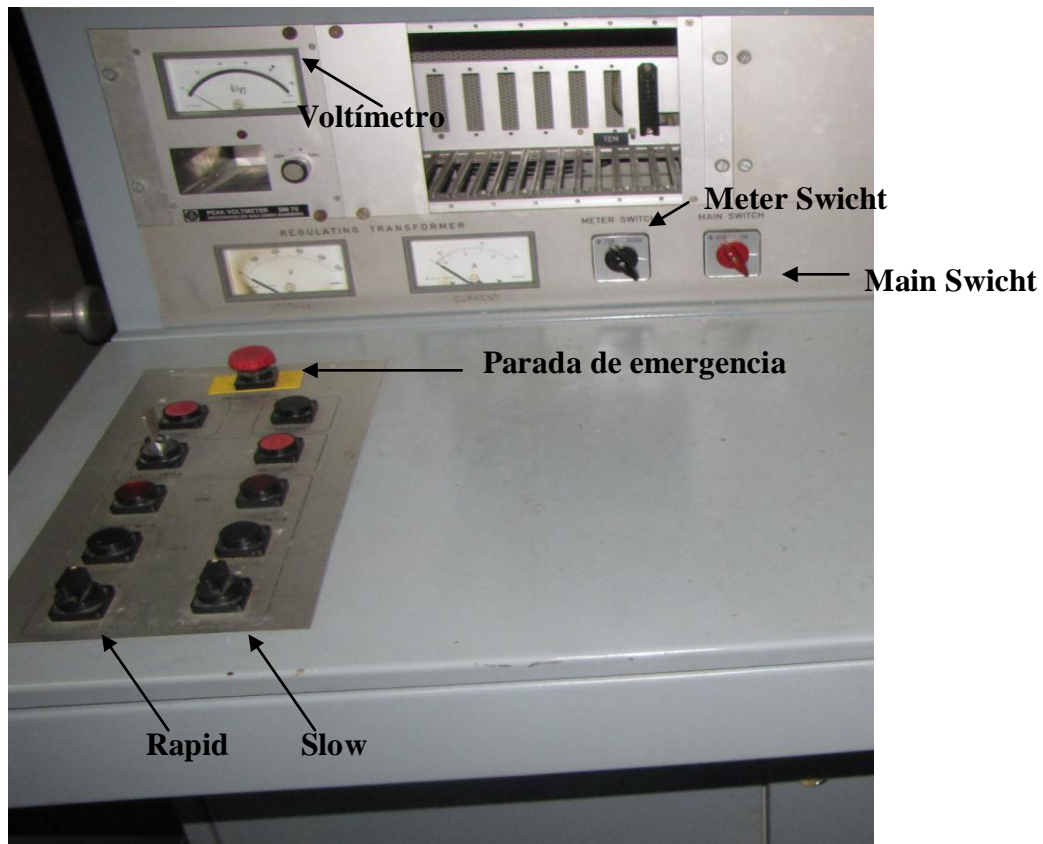


Figura 20 Panel de control para simulador de alta tension

4.4.3 Ensayo de nivel de ruido.

4.4.3.1 Método de Ensayo:

Este ensayo se realiza energizando el transformador sin carga a su tensión nominal y frecuencia nominal, y situando unos medidores de ruido alrededor del mismo se calculará el nivel de ruido emitido por el transformador.

4.4.3.2 Equipos e Instrumentos:

- Variac monofásico (Powerstat Type 1256D)
- Interruptor AC
- Transformador elevador (General Electric Modelo No. 9T51Y12)
- Voltímetro (MultímetroFluke 175 0 – 1000V)

- Amperímetro (Pinza AmperimetricaFluke 335)
- 4 SONÓMETRO CASELLA CEL INSTRUMENTS **MODELO 240**

4.4.3.3 *Recomendaciones para la realizar el ensayo:*

- a) Los conductores para realizar la conexión deben ser de calibre No. 6 AWG.
- b) Los contactos de los terminales deben encontrarse limpios y apretados.
- c) Al momento de energizar el transformador el variac debe estar en su menor valor posible.
- d) Se debe colocar los instrumentos de medición sobre una superficie firme y nivelada.
- e) Antes de realizar el ensayo se debe conocer la tensión nominal del devanado de baja tensión del transformador a ensayar.
- f) Se debe mantener alejado cualquier objeto o persona del devanado de alta tensión ya que en los terminales de este se encuentran inducidos altos voltajes.
- g) Este ensayo se debe realizar en un lugar libre de corrientes de aire tanto como sea posible.

4.4.3.4 *Procedimiento:*

Este ensayo debe ser realizado en el laboratorio de máquinas utilizando como fuente de alimentación, para ensayar transformadores con devanado de baja tensión de 120/240 V, la salida de 220 V que se encuentra en los tableros de dicho laboratorio, y para transformadores con devanados de baja tensión 240/480 V se debe utilizar la misma fuente de alimentación con la diferencia que a la salida del variac se debe utilizar un transformador elevador con relación de transformación 2:1 como se indica en la figura.

El ensayo se realiza por el devanado de baja tensión, se debe unir los terminales X2 y X3(figura1) del transformador a ensayar con un conductor calibre No. 6 AWG, y la tensión de alimentación es aplicada entre los terminales X1 y X4 (figura1) de dicho transformador e igual a tensión nominal de éste, mientras que el devanado de alta tensión se mantendrá en abierto.

El transformador debe estar situado en un lugar del laboratorio de maquinas que ninguna superficie reflectora de acústica, aparte del piso este dentro de 3,0 m del mismo. Se calibra el sonómetro antes de cada medición siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante.

Se ubican los sonómetros alrededor del transformador a una distancia del tanque del mismo de 0.3 m y a una altura igual a la mitad de la altura del transformador, los sonómetros deben colocarse espaciados entre sí a una distancia de 1 m no debe haber menos de cuatro puntos de ubicación del los sonómetros, en caso de ser necesario acortar la distancia entre ellos.

El nivel de ruido del ambiente será medido con el transformador des energizado inmediatamente antes y después de las pruebas al transformador, para las mismas ubicaciones de los sonómetros utilizadas durante la prueba, el nivel de ruido del ambiente será el promedio aritmético de las lecturas de cada sonómetro, y el promedio aritmético del ruido del ambiente antes y después del ensayo.

Luego de haber ubicado el transformador en su zona de trabajo y haber colocado los sonómetros en sus debidas posiciones, se procederá a energizar el transformador como se indica en la figura, el transformador será ensayado en su toma principal, pero antes se realiza un chequeo preliminar a ver si existe una diferencia significativa entre el ruido que se produce en las diferentes posiciones de tomas. Si no se nota ninguna diferencia de sonido entre las posiciones de las tomas, se dejara el transformador energizado a su tensión nominal hasta que se estabilicen las mediciones de los sonómetros.

El nivel de ruido generado por el transformador será tomado como el promedio aritmético de las lecturas de los sonómetros, con el factor de corrección del nivel de ruido mostrado en la tabla. Todas las mediciones será realizadas con los sonómetros en la ponderación dBA al menos que se indique lo contrario. [4]-[5]

Tabla 11 Factor de corrección por sonido promedio del ambiente

Diferencia de decibeles entre el nivel de sonido promedio de la combinación transformador ambiente y el nivel de sonido promedio del ambiente	Corrección en decibeles a ser aplicada al nivel de sonido promedio de la combinación transformador y ambiente para obtener el nivel de sonido promedio del transformador
5	-1.6
6	-1.3
7	-1.0
8	-0.8
9	-0.6
10	-0.4
más de 10	0

Si durante el desarrollo de este ensayo se produce alguna indicación de falla interna u otra anomalía (cambio brusco de corriente, presencia de humo, ruido) se debe detener el proceso.

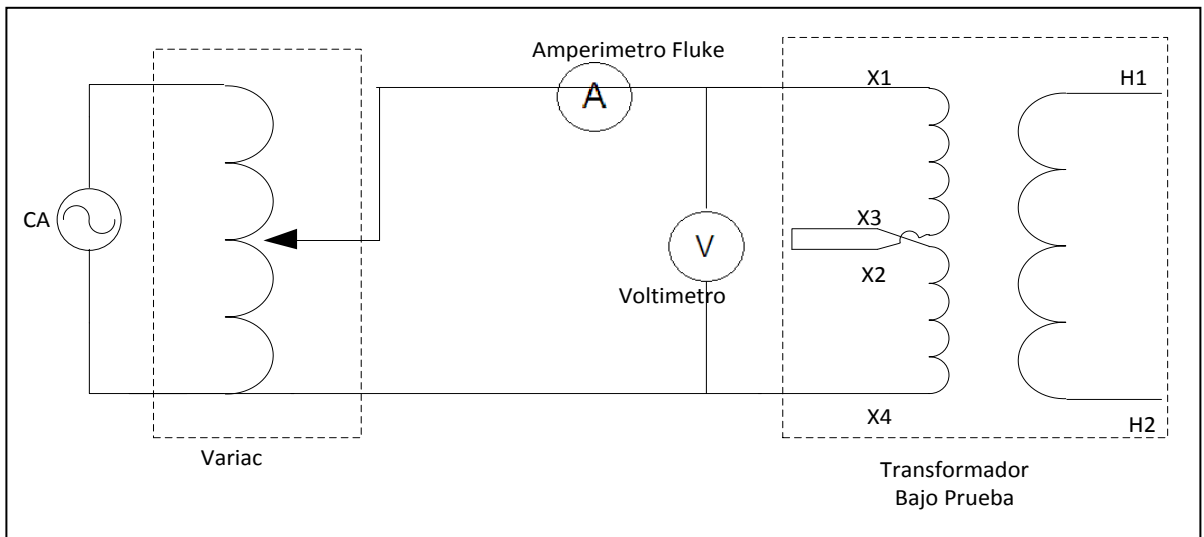


Figura 21 Conexión para realizar ensayo de medición de ruido en transformadores 12,47kV :120/240

V

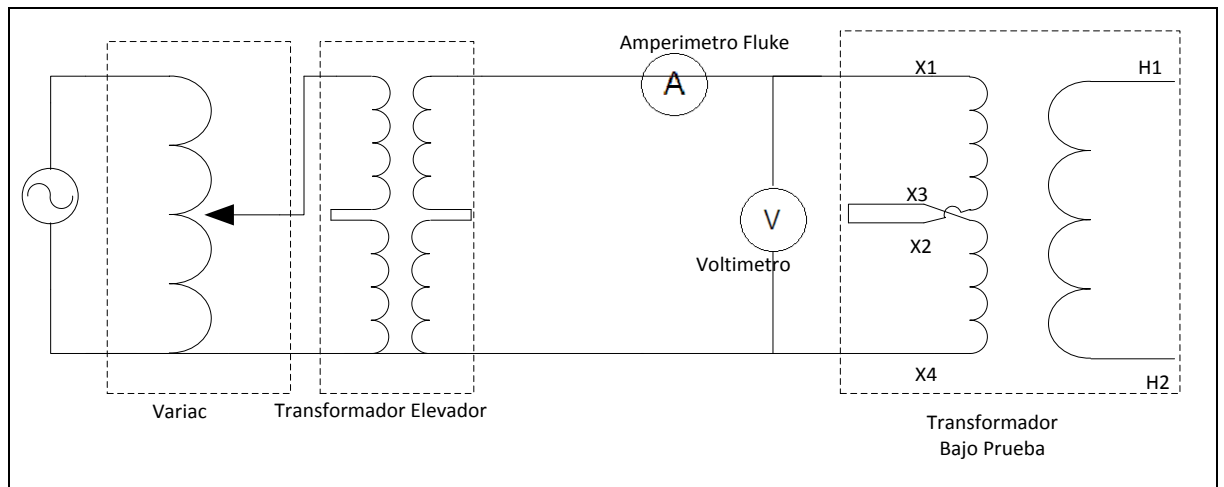


Figura 22 Conexión para realizar ensayo de medición de ruido en transformadores 12,47kV:240/480V

4.4.4 Ensayo de medición del aislamiento del circuito magnético:

4.4.4.1 Método de Ensayo:

Este ensayo se puede realizar mediante dos métodos: 1) Aplicando una tensión de 2 kV a frecuencia industrial, dicha tensión será aplicada entre el núcleo y el tanque del transformador que debe estar debidamente puesto a tierra 2) Realizando la medición directa con el medidor de resistencia de aislamiento de indicación directa (megger), el cual será conectado entre el núcleo y el tanque del transformador que debe estar debidamente puesto a tierra.

4.4.4.2 Equipos e Instrumentos:

- Megger.
- Voltímetro.
- Cronometro.
- Amperímetro (Pinza AmperimetricaFluke 335).
- Fuente de tensión sinusoidal variable de frecuencia nominal.

4.4.4.3 Recomendaciones para realizar el:

- a) Retirar los conductores de llegada de las boquillas.
- b) Conectar el tanque del transformador a tierra para poder eliminar así el efecto de carga previa del aislamiento.
- c) Limpiar la superficie de las boquillas quitando polvo, suciedad, carbón u otros materiales que puedan ser conductores en condiciones húmedas.
- d) Colocar el instrumento de prueba sobre una base firme a una distancia tal del equipo a probar, permita el buen manejo de los cables de prueba.
- e) Esta prueba se debe realizar cuando la humedad del aire sea menor al 45%.
- f) Se debe registrar la temperatura ambiente.
- g) Tener mucha precaución al momento de retirar la tapa de registro del transformador ya que el aceite dieléctrico es muy contaminante.

h) Si el transformador posee presión de hidrogeno liberarlo por seguridad del operador.

4.4.4.4 *Procedimiento:*

Este ensayo será realizado en el laboratorio de alta tensión, ya que este posee un menor grado de humedad. El transformador no debe poseer ninguna conexión y debe estar desenergizado por un tiempo mínimo de dos horas.

Se debe reducir el nivel del aceite aislante a lo necesario para tener acceso a la conexión del núcleo y el tanque, utilizar un recipiente totalmente limpio que no presente ninguna tipo de impureza para poder colocar el aceite dieléctrico en el mismo, el vacío del aceite se realizara por la válvula que se encuentra en la parte inferior del transformador.

Luego de haber realizado el procedimiento anterior, se retira la conexión a tierra del núcleo la cual generalmente se encuentra localizada en la parte superior del tanque.

Método A

Una vez que haya sido reducido el nivel de aceite y desconectado el núcleo del transformador de su conexión a tierra, se procede a realizar la conexión de la fuente como se muestra en la figura 24, colocando un terminal de la fuente al núcleo y el otro terminal al tanque del transformador. Antes de energizar la fuente observar que ninguna persona ni objeto este tocando el tanque del transformador.

Energizar la fuente de tensión, se elevara lentamente la tensión hasta un valor de 2 kV manteniendo la tensión en este valor por un periodo de un minuto.

Durante todo este proceso se observa la corriente la cual debe estar entre los miliamperes alrededor de un valor estable. Si en el ensayo se produce una anomalía ya sea que la corriente tome rampa ascendente excesiva, haya presencia de humo, ruido audible o burbujeo en el aceite se debe descender rápidamente a cero la tensión de prueba y se dará por finalizado el ensayo. [4]

El ensayo se considerara exitoso si no ocurren descargas en el aislamiento del núcleo.

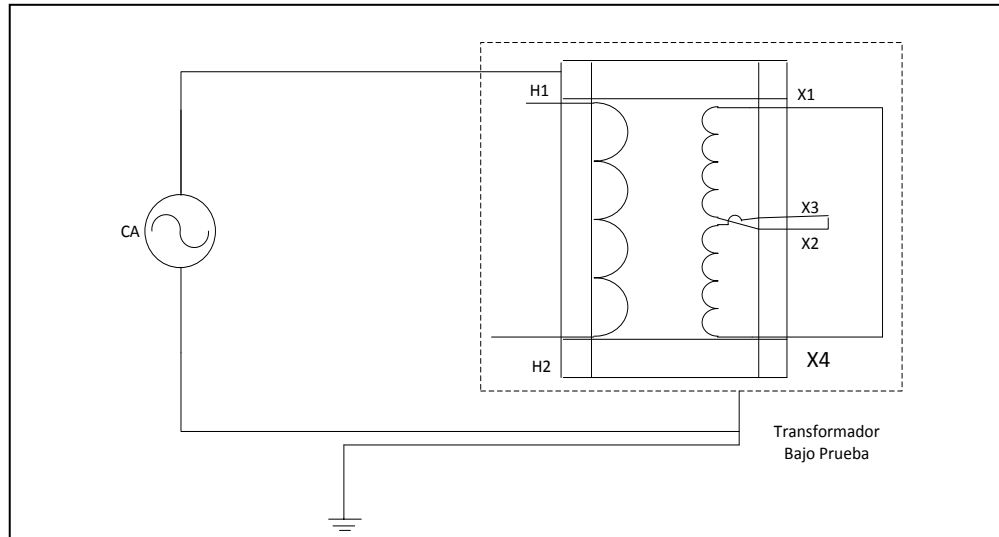


Figura 23 Conexión para realizar ensayo de medición de resistencia del aislamiento del circuito magnético por el método A

Método B

Ya habiendo reducido el nivel de aceite y desconectado el núcleo del transformador de su conexión a tierra, se procede a realizar la conexión como se muestra en la figura 25, colocando el terminal rojo del medidor de resistencia del aislamiento al núcleo del transformador bajo ensayo y el terminal negro al tanque del transformador el cual debe encontrarse debidamente puesto a tierra, el terminal azul el cual es la guarda del equipo de medición no será utilizado para este ensayo.

Se ajusta el medidor de resistencia de aislamiento para que inyecte una tensión de 1000V durante 60s, luego de haber transcurrido el tiempo estipulado se desplegará en la pantalla del equipo el valor de la resistencia del aislamiento del circuito magnético la cual debe ser un valor mayor a 200MΩ.[6]

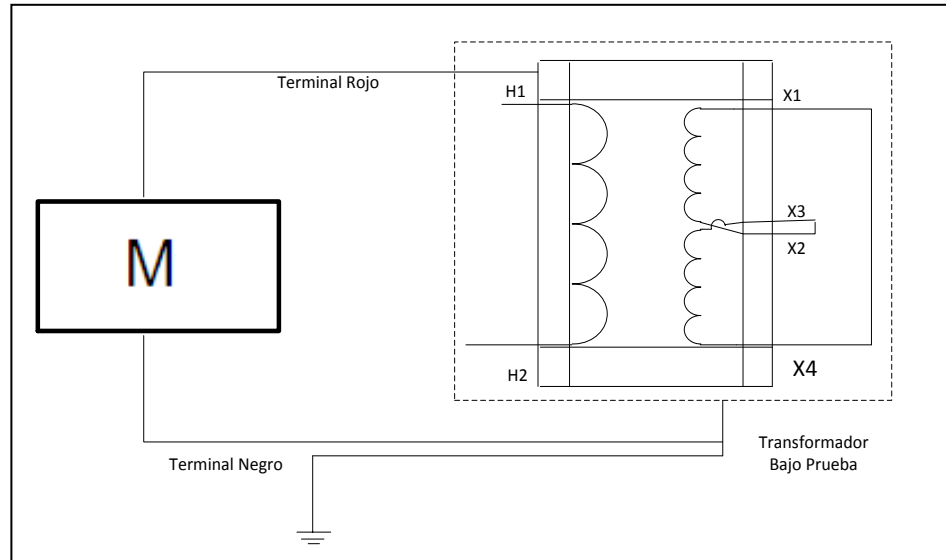


Figura 24 Conexión para realizar ensayo de medición de resistencia de aislamiento del circuito magnético por el método B

4.4.5 Medición de la Resistencia de Aislamiento:

4.4.5.1 Método de Ensayo:

Las mediciones se obtendrán mediante un medidor de resistencia de aislamiento de indicación directa. Estos equipos son el instrumento estándar para la verificación de la resistencia del aislamiento, se utilizará el de tipo electrónico. La medición de la resistencia del aislamiento se realizará entre el devanado de alta tensión y de baja tensión, entre el devanado de alta tensión y el tanque del transformador, y entre el devanado de baja tensión y el tanque del transformador.

4.4.5.2 Equipos e Instrumentos:

- Megger

4.4.5.3 Recomendaciones para realizar el ensayo:

- Retirar los conductores de llegada de las boquillas.
- Conectar el tanque del transformador a tierra para poder eliminar así el efecto de carga previa del aislamiento.

- c) Limpiar la superficie de las boquillas quitando polvo, suciedad, carbón u otros materiales que puedan ser conductores en condiciones húmedas.
- d) Colocar el instrumento de prueba sobre una base firme a una distancia tal del equipo a probar, permita el buen manejo de los cables de prueba.
- e) Esta prueba se debe realizar cuando la humedad del aire sea menor al 75%.
- f) Se debe registrar la temperatura ambiente.
- g) El transformador debe estar sumergido en aceite previamente al ensayo por lo menos por 8 horas.
- h) El transformador debe estar sin energizar y en un lugar libre de corrientes de aire por lo menos por 24 horas.

4.4.5.4 ***Procedimiento:***

Este ensayo será realizado en el laboratorio de alta tensión. Previo a empezar a realizar el ensayo se debe conectar a tierra el tanque del transformador, y se debe cortocircuitar los terminales H1 y H2 (figura1) del transformador a ser ensayado, y los terminales X1, X2, X3 y X4 (figura1) del transformador.

Para realizar el ensayo entre el devanado de alta tensión y de baja tensión, se debe realizar la conexión que se muestra en la figura 26 a continuación. Se debe conectar el terminal rojo del megger a los terminales H1 y H2 (figura1) del transformador, el terminal azul del equipo el cual es la guarda del mismo a el tanque del transformador y el terminal negro del megger a los devanados de baja tensión del transformador, seguidamente se enciende el equipo de medición (megger) y se ajusta para suministrar una tensión de prueba de 500V, también se debe ajustar el tiempo de duración del ensayo a 60 s, luego se puesta el botón de START y se inicia el ensayo, debe tomar nota del valor arrojado por el instrumento a los 15 s y a los 60 s.

Seguidamente se realiza el ensayo entre el devanado de alta tensión y el tanque del transformador el cual debe estar debidamente puesto a tierra durante todo el ensayo, para esto se realizara la conexión en la figura 27, se conectara el terminal rojo del equipo a los terminales H1y H2 del transformador bajo prueba, el terminal azul al devanado de baja tensión de dicho transformador, y el terminal negro al tanque.

Seguidamente se ajusta la tensión bajo prueba a 5000V y se repite el procedimiento descrito anteriormente.

Por último se realizara el ensayo entre el devanado de baja tensión y el tanque del transformador, se realizara la conexión que se muestra en la figura 28. Se conectará el terminal rojo al devanado de baja tensión, el terminal azul al devanado de alta tensión y el terminal negro al tanque del transformador. Posteriormente se ajustara la tensión de ensayo a 500V y se realiza el procedimiento descrito anteriormente. [4]-[10]

Las dos mediciones realizadas permiten calcular un valor conocido como “Factor de Absorción”, definido como:

$$IA = \frac{Ri(60s)}{Ri(15s)} \quad \text{Ecuación 12}$$

Tabla 12 Indicadores del estado del aislamiento de transformador

CONDICION DEL AISLAMIENTO	RELACIÓN		
	R60s/R30s	R60s/R30s	R60s/R15s COVENIN
Pobre	< 1,1	< 1	< 1
Cuestionable	De 1,1 a 1,25	-	-
Dudosa	De 1,25 a 1,4	De 1 a 1,2	De 1,25
Buena	De 1,4 a 1,6	De 1,2 a 1,6	De 1,25 a 2
Excelente	> 1,6	>1,6	>2

Tabla 13 Factor de corrección por temperatura

Temperatura (°C)	Factor de corrección
0	0,25
5	0,36
10	0,50
15	0,74
20	1,00
25	1,40
30	1,98
35	2,80
40	3,95
45	5,60
50	7,85
55	11,20
60	15,85
65	22,40
70	31,75
75	44,7

El valor medido no debe ser menor a 1000 MΩ referidos a 20° C en caso de que alguna medición sea menor a este valor debe revisarse en detalle la conexión de los aisladores, contactos y del equipo de medición. También puede darse el caso de que esta situación esté sucediendo, ya que están presentes corrientes de fuga circulando en paralelo con la resistencia principal sobre el cuerpo del aislador debido a una contaminación por suciedad o humedad.

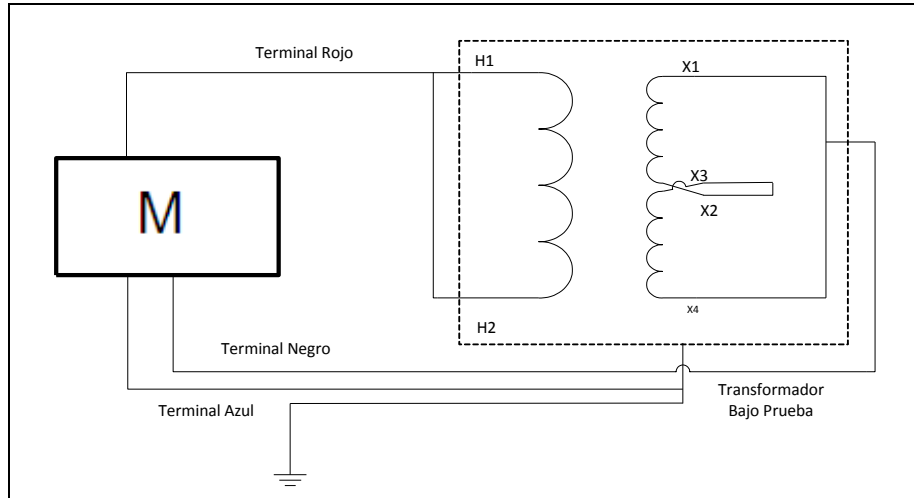


Figura 25 Conexión para realizar el ensayo de resistencia del aislamiento entre devanado de alta tensión y baja tensión

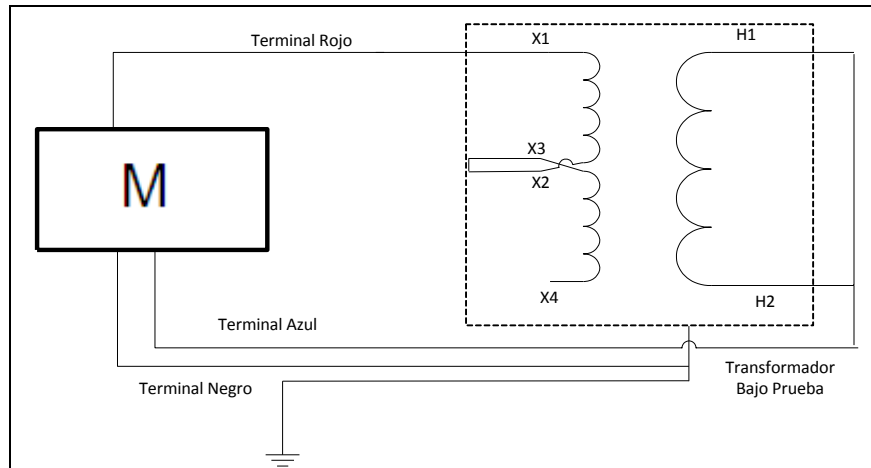


Figura 26 Conexión para realizar el ensayo de resistencia del aislamiento entre devanado de alta tensión y el tanque del transformador

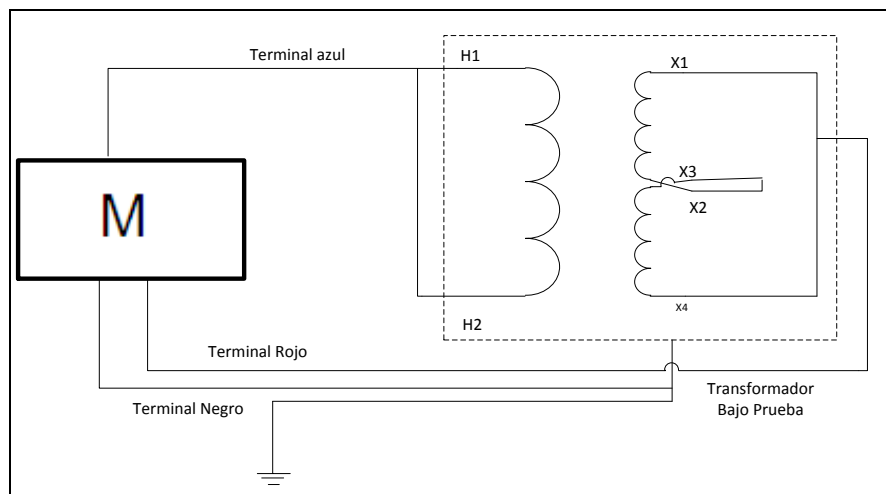


Figura 27 Conexión para realizar el ensayo de resistencia del aislamiento entre devanado de baja tensión y el tanque del transformador

4.4.6 Medición del factor de potencia del aislamiento:

4.4.6.1 Método de Ensayo:

Esta medición se realiza con un puente para medición de capacitancia y factor de disipación.

4.4.6.2 Equipos e Instrumentos:

- Transformador de alta tensión.
- Puente de Shering marca Tettex.
- Panel de control HAELFELY.

4.4.6.3 Recomendaciones para realizar el ensayo:

- i) El transformador a probar debe aislarse totalmente de las líneas, buses o barras para lo cual es necesario desconectar y retirar los conductores de todos los terminales de boquillas.
- j) Las superficies de las boquillas deben estar limpias y secas.
- k) Colocar puentes entre los terminales de las boquillas de cada devanado > primario, secundario y en su caso el terciario.

- l) Colocar el instrumento de prueba sobre una base firme y nivelada a una distancia tal del equipo a probar, permita el buen manejo de los cables de prueba.
- m) Esta prueba se debe realizar cuando la humedad del aire sea menor al 75%.
- n) Se debe registrar la temperatura ambiente.
- o) El transformador debe estar sumergido en aceite previamente al ensayo por lo menos por 8 horas.
- p) El transformador debe estar sin energizar y en un lugar libre de corrientes de aire por lo menos por 24 horas.

4.4.6.4 **Procedimiento:**

Este ensayo será realizado en el laboratorio de alta tensión utilizando como fuente de alimentación el simulador de alta tensión que se encuentra en el laboratorio. Previo a empezar a realizar el ensayo se coloca las cubiertas conductoras en los terminales H1 y H2 (figura1) del transformador con el fin de prevenir el efecto corona, todas las bobinas deben estar cortocircuitadas al momento de realizar el ensayo, la tensión de prueba no debe exceder la mitad del voltaje de prueba a baja frecuencia para cualquier parte del devanado o 10kV aunque es importante que cuando se estén comparando resultados con protocolos de pruebas de fabrica la medición se debe realizar al valor de prueba de la fabrica.

La medición del factor de potencia del aislamiento se realiza entre bobinas, entre cada bobina y el tanque del transformador como se indica en las figuras 29, 30 y 31 respectivamente.

Para energizar el transformador de alta tensión y realizar las variaciones de tensión se debe seguir el siguiente procedimiento: se coloca el mainswitch que se encuentra en el panel de control en la posición ON y el meter swicht en 75 A, posteriormente se procede a pasar la llave de control swicht y a energizar el transformador primario y el transformador secundario (el cual corresponde al de alta tensión) pulsando los botones de ON del primaryswitch y secondaryswitch. Luego se aumentara la tensión hasta un valor de, el aumento de tensión se realizara con la perillas rapid y slow, las cuales dan variaciones bruscas y suaves de tensión respectivamente, el voltímetro que

se encuentran en la parte superior suministra la información de la tensión de salida del transformador de alta tensión se debe ajustar la escala del mismo con la perilla que se encuentra debajo de él dependiendo de la tensión a la cual vamos a realizar la prueba. [4]

El ensayo se realiza de la siguiente manera:

Tabla 14 Método de medición

Prueba	Energizado	Aterrado	Medición
AT vs BT + T	AT	BT	CH + CHX
BT vs AT + T	BT	AT	CX + CHX
AT + BT vs	AT + BT	-	CH + CX

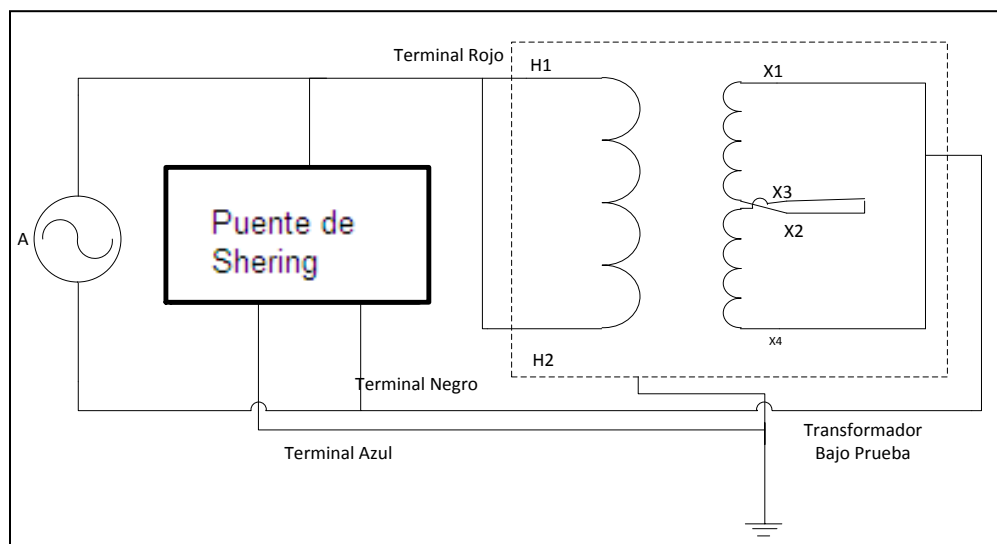


Figura 28 Conexión para realizar el ensayo de medición de factor de potencia por el devanado de alta tensión y baja tensión

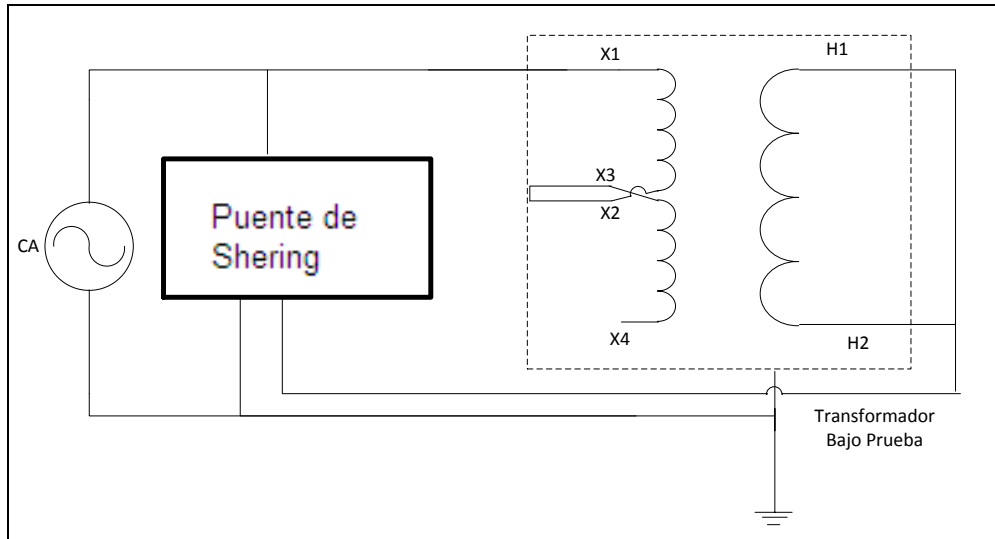


Figura 29 Conexión para realizar el ensayo de medición de factor de potencia por el devanado de alta tensión y el tanque del transformador

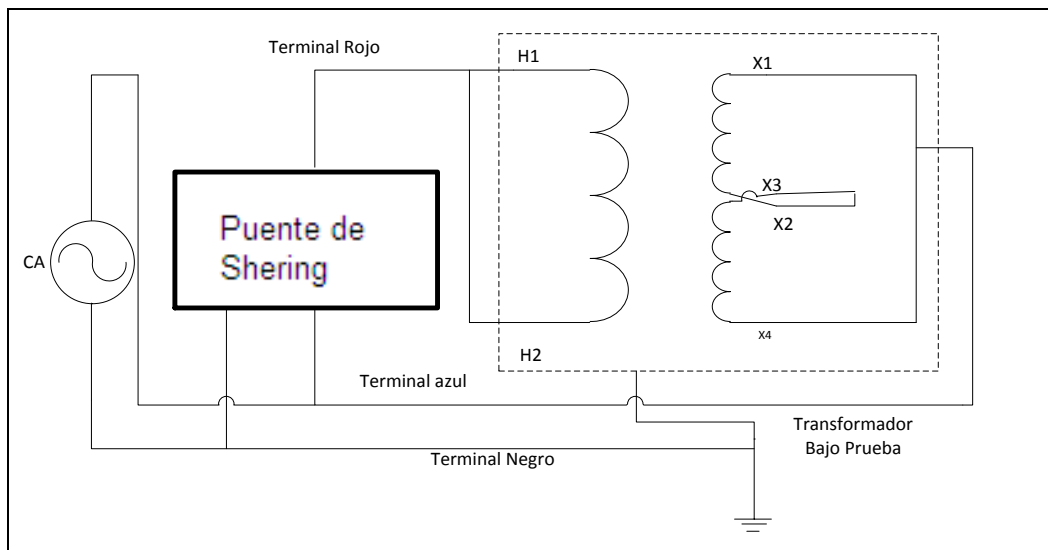


Figura 30 Conexión para realizar el ensayo de medición de factor de potencia por el devanado de baja tensión y el tanque del transformador

Tabla 15 Factor de corrección por temperatura

Temperatura (°C)	Factor de corrección
5	0,86
15	0,90
20	1,00
25	1,12
30	1,25
35	1,40
40	1,55
45	1,75
50	1,95
55	2,18
60	2,42
65	2,70
70	2,70

Tabla 16 Valores del factor de potencia de aislamiento a 20° C. (Datos tomados del manual del equipo DOBLE)

F.P (%)	ESTADO DEL AISLAMIENTO
0 → 1	Bueno
1 → 2	Dudoso (se debe investigar)
2.....	Malo

RECOMENDACIONES

- Acondicionar un área en el laboratorio de máquinas eléctricas de la E.I.E que sea exclusivamente para realizar los ensayos, dicha aérea deberá estar limitada con distancias de seguridad y señalizar con alguna alarma o bombillo al momento que se estén aplicando los ensayos.

- Colocar una de las salidas de tensión de los paneles de alimentación ubicados en el laboratorio de máquinas eléctricas de la E.I.E con un nivel de tensión 480V o 600V, ya que esto facilitaría la realización de los ensayos y da la oportunidad de probar transformadores de mayor potencia, la alimentación de dicha salida se podría tomar del banco de transformadores que alimenta el laboratorio de alta tensión ya que estos suministran este nivel de tensión, si esto se realiza se debe adquirir un variac que maneje este nivel de tensión.

- La adquisición de nuevos equipos de medición como:
 - TTR 100 marca Megger
 - Cronometro
 - Bombona de nitrógeno
 - Manómetro
 - Válvula de llenado de $\frac{3}{4}$
 - Termocupla
 - Tres termómetros
 - Pirometro
 - Cuatro sonómetros marca Casella

- Realizar un estudio en el cual se evalué si en los laboratorios de potencia de la E.I.E es factible realizar los ensayos descritos en este trabajo de grado a transformadores de potencia y nivel de tensión mayores a los especificados en este trabajo

CONCLUSIONES

La construcción de un laboratorio adecuado para realizar las pruebas eléctricas a transformadores de distribución resulta bastante costoso por ende se realizó un estudio de factibilidad de realizar los diferentes ensayos en los laboratorios de potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, este estudio incluyó todo los equipamientos para la obtención de los parámetros de voltajes, corriente, frecuencia y potencia necesarios, así como también los equipos para las pruebas con la técnica de medición incorporada.

Este estudio arrojó que es factible realizar la mayoría de los ensayos aplicables a transformadores de distribución propuestos por la norma COVENIN 536, conforme con los requerimientos de las normas nacionales e internacionales.

Entre las pruebas realizables en los laboratorios de potencia de la E.I.E se encuentran todos los ensayos de rutina los cuales se realizan para verificar la calidad y la uniformidad de la mano de obra y de los materiales utilizados en la fabricación de los transformadores, así como para verificar el estado de las conexiones del mismo y también para realizar un mantenimiento preventivo. Además de los ensayos de rutina también pueden ser aplicados los ensayos tipo entre los cuales se encuentran el ensayo de aumento de temperatura y el ensayo de onda de choque.

Para el resto de los ensayos los cuales son los ensayos especiales muchos laboratorios de pruebas no tienen la posibilidad de realizar la mayoría de estos debido a los requerimientos necesarios para aplicarlos, a diferencia de los laboratorios de potencia de la E.I.E. En los cuales se tiene la posibilidad de aplicar la mayoría de ellos con la adquisición de ciertos instrumentos de medición, con la excepción del ensayo de onda de choque cortada ya que para este se necesita un equipo de corte de onda con características especiales y del ensayo de corto circuito ya que este ensayo requiere una fuente de gran potencia para ser aplicado y los laboratorios de potencia de la E.I.E no tienen este requerimiento.

Unos de los ensayos más relevantes realizables en estos laboratorios es el ensayo de descargas parciales el cual en muchos laboratorios no se puede ser realizado debido a

la complejidad del mismo y sus requerimientos, este ensayo proporciona uno de los criterios más importantes para calcular la vida útil del transformador.

Los instrumentos para las respectivas lecturas de los parámetros de los ensayos son definidos de tal forma que la clase de exactitud del sistema de medición del laboratorio sea el especificado por la normas internacionales (clase 0,5), para así obtener lecturas confiables que permitan realizar una optima evaluación de la calidad, la condición operativa, o la vida útil de los transformadores ensayados.

A pesar de que este estudio de factibilidad de aplicación de los ensayos fue delimitado a transformadores con las siguientes especificaciones: potencia 5 a 500 kVA, Clase 65 °C, Alta Tensión 12,47 kV, Baja Tensión: 120/240 V, 240/480 V, Frecuencia: 60 Hz. Se podrían aplicar todos los ensayos aplicables a estos mismos a transformadores con potencia y nivel de tensión menor a los descritos anteriormente.

La gran cantidad de pruebas que pueden ser realizadas en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCV demuestran que sus laboratorios poseen gran potencial en este tema ya que pueden suministrar un diagnostico muy completo a la hora de estudiar el estado de los transformadores nuevo, reparados o reconstruidos y en uso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABB TrafoAsset Management™ – Servicios Preventivos, *En forma a los 50*

- [2] Andrés Tabernero García, *Mantenimiento de los transformadores de potencia. Ensayos de campo*

- [3] COVENIN 536-94. *Transformadores de Potencia Generalidades.*

- [4] COVENIN 3172-95. *Transformadores de Potencia Métodos de Ensayos.*

- [5] IEEE StdC.v 57.12.90. American National Standard test code for liquid-immersed distribution, power, and regulating transformers and guide for short-circuit testing of distribution and power transformers.

- [6] Coordinación de Distribución Comisión Federal de Electricidad. *Manual de Distribución Capitulo 2 y 3 Transformadores, Autotransformadores y Reactores de Potencia.*

- [7] Julio Hernández (1992), *Ensayos a un Transformador.* Trabajo de Grado

- [8] Martin J. Heathcote (1998), *The J&P transformers Books*

- [9] Megger, *Manual TTR100 Monofásico Portátil*

- [10] Megger, *Manual Megger Serie S-1*

- [11] Tettex A.G Zurich, *Description and directions for use Precisión Resistance Measuring Brige Type 2205*

- [12] Anibal G. Cuartin(2007), *Construcción de un laboratorio semi automático de pruebas para transformadores monofásicos.* Proyecto de Grados

- [13] IEC 60076-1. *International Electrotechnical Commission for PowerTransformers Part 1: General.*
- [14] IEC 60076-2. *International Electrotechnical Commission for TempetureRise Test.*
- [15] IEC 60076-3. *International Electrotechnical Commission for Power Transformers Dielectric Test, Insulation Levels.*
- [16] IEC 60076-4. *International Electrotechnical Commission for Guide to the lightning impulse and switching impulse testing.*
- [17] IEEE StdC.v 57.124-1991. *American National Standard test code for Partial Discharge Test.*
- [18] BSI BS 171. *Power Transformers.*
- [19] Ministerio del Poder Popular para la Energía. *Glosario de Terminos.*
- [20] IEC 60-3. *High-voltage test techniques. Part 3 : Measuring devices*

BIBLIOGRAFÍA

E. Kuffel, High Voltage Engineering *Fundamentals*

IEC 60076-1. International Electrotechnical Commission for Power Transformers
Part 1: General.

IEC 60076-2. International Electrotechnical Commission for Temperature Rise Test.

IEC 60076-3. International Electrotechnical Commission for Power Transformers
Dielectric Test, Insulation Levels.

IEC 60076-4. International Electrotechnical Commission for Guide to the lightning
impulse and switching impulse testing.

IEEE Std C.57.124-1991. American National Standard test code for Partial
Discharge Test.

BSI BS 171. Power Transformers.

Ernest O. Doebelin, *Measurement Systems, Application and Design*

Lista de transformadores separados por kVA con las magnitudes eléctricas esperadas en las pruebas realizadas en fabrica por CAIVET. [10]

KVA	Volt AT			Volt BT			ICC <A>			25% ICC <A>			VCC (ICC) <V>	IO 2bobinas <A>
							AT	BT		AT	BT			
								1 bobina	2 bobinas		1 bobina	2 bobinas		
10	1E+04	-	13800/23900Y	120	/	240	0,72	30,65	41,67	0,18	30,65	10,42	258,06	0,50
10	1E+04	-	13800/23900Y			277	0,72	36,10	41,67	0,18	9,03	10,42	238,74	0,50
10	3E+04	/	19920	120	/	240	0,50	30,65	41,67	0,13	30,65	10,42	509,95	0,54
10	0	0	7200	120	/	240	1,39	30,65	41,67	0,35	30,65	10,42	144,00	0,63
10	4800	0	7200	120	/	240	1,39	30,65	41,67	0,35	30,65	10,42	144,00	0,63
10	1E+04	-	13800	120	/	240	0,72	30,65	41,67	0,18	30,65	10,42	372,60	0,63
10	1E+04	-	13800	240	/	480	0,72	41,67	20,83	0,18	10,42	5,21	360,18	0,31

KVA	Volt AT			Volt BT			ICC <A>			25% ICC <A>			VCC (ICC) <V>	IO 2bobinas <A>
							AT	BT		AT	BT			
								1 bobina	2 bobinas		1 bobina	2 bobinas		
15	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	1,09	62,50	62,50	0,27	15,63	15,63	258,06	0,75
15	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	1,09	62,50	62,50	0,27	15,63	15,63	291,18	0,75
15	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	1,09	62,50	62,50	0,27	15,63	15,63	274,62	0,75
15	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	1,09	31,25	31,25	0,27	7,81	7,81	269,10	0,38
15	13800	-	13800/23900Y	254	0	0	1,09	59,06	59,06	0,27	14,76	14,76	259,44	0,75
15	13800	-	13800/23900Y	277	0	0	1,09	54,15	54,15	0,27	13,54	13,54	238,74	0,75
15	13800	-	13800/23900Y	220	/	440	1,09	34,09	34,09	0,27	8,52	8,52	282,90	0,41
15	34500	/	19920	120	/	240	0,75	62,50	62,50	0,19	15,63	15,63	454,18	0,75
15	34500	/	19920	240	/	480	0,75	31,25	31,25	0,19	7,81	7,81	414,34	0,38
15	2400	-	2400/4160Y	120	/	240	6,25	62,50	62,50	1,56	15,63	15,63	46,80	0,75
15	12500	-	0	120	/	240	1,20	62,50	62,50	0,30	15,63	15,63	253,75	0,75

KVA	Volt AT			Volt BT			ICC <A>			25% ICC <A>			VCC (ICC) <V>	IO 2bobinas <A>
							AT	BT		AT	BT			
								1 bobina	2 bobinas		1 bobina	2 bobinas		
25	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	1,81	104,17	104,17	0,45	26,04	26,04	258,06	1,25
25	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	1,81	104,17	104,17	0,45	26,04	26,04	271,86	1,25
25	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	1,81	104,17	52,08	0,45	26,04	13,02	263,58	0,63
25	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	1,81	104,17	52,08	0,45	26,04	13,02	274,62	0,63
25	13800	-	13800/23900Y	220	/	440	1,81	104,17	56,82	0,45	26,04	14,20	255,30	0,68
25	13800	-	13800/23900Y	254	0	0	1,81	98,43	98,43	0,45	24,61	24,61	267,72	1,25
25	13800	-	13800/23900Y	277	0	0	1,81	90,25	90,25	0,45	22,56	22,56	266,34	1,25
25	34500	/	19920	120	/	240	1,26	104,17	104,17	0,31	52,08	26,04	454,18	1,25
25	34500	/	19920	240	/	480	1,26	104,17	52,08	0,31	26,04	13,02	430,27	0,63
25	2400	-	2400/4160Y	120	/	240	10,42	104,17	104,17	2,60	26,04	26,04	46,56	1,25
25	2400	-	2400/4160Y	120	/	240	10,42	104,17	104,17	2,60	26,04	26,04	46,56	1,25

KVA	Volt AT			Volt BT			ICC <A>			25% ICC <A>			VCC (ICC) <V>	IO 2bobinas <A>
							AT	BT		AT	BT			
								1 bobina	2 bobinas		1 bobina	2 bobinas		
37,5	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	2,72	156,25	156,25	0,68	78,13	39,06	372,60	1,56
37,5	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	2,72	156,25	78,13	0,68	78,13	19,53	277,38	0,78
37,5	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	2,72	156,25	78,13	0,68	78,13	19,53	226,32	0,78
37,5	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	2,72	156,25	78,13	0,68	78,13	19,53	264,96	0,78
37,5	13800	-	13800/23900Y	220	/	440	2,72	170,46	85,23	0,68	42,61	21,31	274,62	0,85
37,5	13800	-	13800/23900Y	254	0	0	2,72	147,64	78,13	0,68	36,91	19,53	328,44	0,78
37,5	13800	-	13800/23900Y	277	0	0	2,72	135,38	78,13	0,68	33,84	19,53	309,12	0,78
37,5	34500	/	19920	120	/	240	1,88	156,25	156,25	0,47	78,13	39,06	392,42	1,88
37,5	34500	/	19920	240	/	480	1,88	156,25	78,13	0,47	78,13	19,53	430,27	0,94
37,5	2400	-	2400/4160Y	120	/	240	15,63	156,25	156,25	3,91	78,13	39,06	44,64	1,56
37,5	2400	-	2400/4160Y	120	/	240	15,63	156,25	156,25	3,91	78,13	39,06	44,64	1,56

KVA	Volt AT			Volt BT			ICC <A>			25% ICC <A>			VCC (ICC) <V>	IO 2bobinas <A>
							AT	BT		AT	BT			
								1 bobina	2 bobinas		1 bobina	2 bobinas		
50	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	3,62	208,33	208,33	0,91	52,08	52,08	325,68	2,08
50	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	3,62	208,33	208,33	0,91	52,08	52,08	282,90	2,08
50	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	3,62	104,17	104,17	0,91	26,04	26,04	342,24	1,04
50	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	3,62	104,17	104,17	0,91	26,04	26,04	255,30	1,04
50	13800	-	13800/23900Y	277	0	0	3,62	180,51	45,13	0,91	45,13	45,13	320,16	1,14
50	13800	-	13800/23900Y	220	/	440	3,62	113,64	113,64	0,91	28,41	28,41	353,28	1,14
50	34500	/	19920	120	/	240	2,51	208,33	208,33	0,63	52,08	52,08	426,29	2,08
50	2400	-	2400/4160Y	120	/	240	20,83	208,33	208,33	5,21	52,08	52,08	44,88	2,08
50	2400	-	2400/4160Y	120	/	240	20,83	208,33	208,33	5,21	52,08	52,08	44,88	2,08

KVA	Volt AT			Volt BT			ICC <A>			25% ICC <A>			VCC (ICC) <V>	IO 2bobinas <A>
							AT	BT		AT	BT			
								1 bobina	2 bobinas		1 bobina	2 bobinas		
75	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	5,43	312,50	312,50	1,36	78,13	78,13	393,30	3,13
75	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	5,43	156,25	156,25	1,36	39,06	39,06	389,16	1,56
75	13800	-	13800/23900Y	277	0	0	5,43	270,76	270,76	1,36	67,69	67,69	396,06	3,13
75	34500	/	19920	120	/	240	3,77	312,50	312,50	0,94	78,13	78,13	356,57	3,13
75	34500	/	19920	240	/	480	3,77	156,25	156,25	0,94	39,06	39,06	438,24	1,56
75	2400	-	2400/4160Y	120	/	240	31,25	312,50	312,50	7,81	78,13	78,13	48,34	3,13

75	13800	-	13800	120	/	240	5,43	312,50	312,50	1,36	78,13	78,13	459,54	3,75
75	13800	-	13800	120	/	240	5,43	312,50	312,50	1,36	78,13	78,13	459,54	3,75
75	13800	-	13800	240	/	480	5,43	156,25	156,25	1,36	39,06	39,06	411,24	1,88
75	4800	-	0	120	/	240	15,63	312,50	312,50	3,91	78,13	78,13	157,44	3,75

KVA	Volt AT			Volt BT			ICC <A>			25% ICC <A>			VCC (ICC) <V>	IO 2bobinas <A>
							AT	BT		AT	BT			
								1 bobina	2 bobinas		1 bobina	2 bobinas		
100	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	7,25	800,33	416,67	1,81	208,33	104,17	378,12	4,17
100	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	7,25	800,33	416,67	1,81	208,33	104,17	390,54	4,17
100	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	7,25	416,67	208,33	1,81	104,17	52,08	400,20	2,08
100	13800	-	13800/23900Y	220	/	440	7,25	454,55	227,27	1,81	227,27	56,82	402,96	2,27
100	13800	-	13800/23900Y	277	0	0	7,25	361,01	NA	1,81	90,25	NA	391,92	NA
100	34500	/	19920	120	/	240	2,51	416,67	208,33	0,63	104,17	52,08	627,48	4,17
100	34500	/	19920	240	/	480	5,02	416,67	208,33	1,26	104,17	52,08	348,60	2,08
100	2400	-	2400/4160Y	120	/	240	41,67	800,33	416,67	10,42	208,33	104,17	38,16	4,17
100	6900	-	0	240	/	280	14,49	416,67	357,14	3,62	104,17	89,29	247,02	3,57

KVA	Volt AT			Volt BT			ICC <A>			25% ICC <A>			VCC (ICC) <V>	IO 2bobinas <A>
							AT	BT		AT	BT			
								1 bobina	2 bobinas		1 bobina	2 bobinas		
250	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	18,12	3383,33	1041,67	4,53	338,33	260,42	484,38	8,33
250	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	18,12	1691,67	520,83	4,53	169,17	130,21	469,20	4,17
250	4800	-	7200	277	0	0	34,72	902,53	270,76	8,68	225,63	70,20	288,00	5,45
250	13800	-	13800	120	/	240	18,12	3383,33	1041,67	4,53	338,33	260,42	626,52	10,42
250	13800	-	13800	240	/	480	18,12	1691,67	520,83	4,53	169,17	130,21	590,64	5,21
250	14400	-	24490Y	120	/	240	17,36	3383,33	1041,67	4,34	338,33	260,42	720,00	10,42
250	14400	-	24490Y	240	/	480	17,36	1691,67	520,83	4,34	169,17	130,21	720,00	5,21

KVA	Volt AT			Volt BT			ICC <A>			25% ICC <A>			VCC (ICC) <V>	IO 2bobinas <A>
							AT	BT		AT	BT			
								1 bobina	2 bobinas		1 bobina	2 bobinas		
500	13800	-	13800/23900Y	120	/	240	36,23	4136,87	2083,33	9,06	1041,67	520,83	520,26	12,50
500	13800	-	13800/23900Y	240	/	480	36,23	8273,74	1041,67	9,06	520,83	260,42	520,26	6,25
500	13800	-	13800/23900Y	277	0	0	36,23	1805,05	0	9,06	451,26	0	527,16	0
500	0	-	7200/12470Y	2770	/	4800	69,44	180,51	0	17,36	45,13	0	288,00	0
500	14400	-	24940Y	120	/	240	34,72	4136,87	2083,33	8,68	1041,67	520,83	720,00	20,83
500	4800	-	7200	120	/	240	69,44	4136,87	2083,33	17,36	1041,67	520,83	288,00	20,83
500	0	-	7200/12470Y	120	/	240	69,44	4136,87	2083,33	17,36	1041,67	520,83	288,00	20,83


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/9
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA BSL BS 171


<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/9
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA BSL BS 171		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE AUMENTO DE TEMPERATURA	4
6. REGISTROS	7
7. ANEXOS.....	7

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/9
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA BSL BS 171		

1. OBJETIVO

Comprobar que el aumento de temperatura que presentará el transformador sometido a la condición de carga nominal, no excederá los valores dados en la norma COVENIN 536, según norma COVENIN 3172-95 y la norma BSL BS 171.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para realizar el ensayo de aumento de temperatura. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.


3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95) y BSL BS 171

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/9
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA BSL BS 171		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Variacmonofásico
- Interruptor AC
- Voltímetro
- Vatímetro
- Transformador de corriente
- Amperímetro
- Tres termómetros
- Termocupla
- Pirómetro
- Transformador elevador

5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de aumento de temperatura


Dicho ensayo será realizado en el laboratorio de maquinas utilizando como fuente de alimentación la salida de 220 V que se encuentra en los tableros de dicho laboratorio.

Método de cortocircuito

El procedimiento para realizar este método es el siguiente:

El transformador a ser ensayo se le deben cortocircuitar el devanado de baja tensión, de la siguiente manera los terminales X1 y X4 cortocircuitados y los terminales X2 y X3 también cortocircuitados. Este ensayo se realiza con el cambiador de tomas en la posición que produzca menor tensión, ya que por lo general es en donde se produce mayores pérdidas.

Antes de empezar a realizar el ensayo se debe conocer el valor de las pérdidas totales del transformador bajo prueba la cual será la suma de las pérdidas en vacío y las pérdidas debido a la carga. Asumiendo que las pérdidas debido a la carga fueron medidas a temperatura ambiente de 25°C, dichas pérdidas se deben ajustar a su valor cuando el transformador se encuentra a su temperatura máxima de trabajo, aumentándolas en un porcentaje igual a 0.4 veces el aumento de temperatura

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/9
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA BSL BS 171			

esperado, este cálculo se hace asumiendo que dichas pérdidas varían directamente proporcional a la resistencia de las bobinas.

Luego de haber cortocircuitado y colocado el cambiador de tomas en la posición de menor tensión, se procede a conectar los equipos de medición y el variac en el lado de alta tensión como se muestra en la figura 1 del anexo, esta conexión se debe realizar con cables de calibre No. 6 AWG, asegurar que el voltímetro esté conectado directamente en los terminales H1 y H2 del transformador a ensayar de esta forma se evita medir la caída de tensión en los cables. Los instrumento de medición deben estar en su mayor escala, para la bobina amperimétrica del vatímetro se utiliza un transformador de corriente variando la relación de transformación dependiendo de la potencia del transformador a ser ensayado como se indica en la tabla 1 del anexo.

Seguidamente se procede a energizar el transformador verificando que el variac este en la posición más baja, se aumentara la tensión lentamente, durante la elevación de tensión se debe estar tomando lectura de la potencia, se elevara la tensión hasta aplicar una potencia igual a las pérdidas totales previamente calculadas, esta condición de potencia se debe mantener durante todo el ensayo. Se debe tomar mediciones de la temperatura a intervalos de tiempo regulares, tanto en la parte superior del líquido aislante como de la temperatura ambiente hasta haber alcanzado la estabilidad térmica como es descrito en el procedimiento para medir temperatura.

En caso de que no se puedan alcanzar las pérdidas totales del transformador, se pueden utilizar unas pérdidas no menores del 80% de las totales y se debe aplicar el siguiente factor de corrección al aumento de temperatura de la parte superior del líquido aislante determinado:

$$T_o = \left[\frac{\text{PérdidasTotales}}{\text{Pérdidasutilizadasenelensayo}} \right]^{0.8}$$

Este método no debe ser aplicado cuando la relación entre las pérdidas debido a la carga y las pérdidas en vacío es menor que dos a uno, si esto sucede se recomienda utilizar el método en vacío. Con esta condición aseguramos no tener una corriente excesiva sobre la nominal.

Método en vacío

El ensayo se realiza por el devanado de baja tensión, se unen los terminales X2 y X3 del transformador a ensayar con un conductor calibre No. 6 AWG, y la tensión de alimentación se aplica entre los terminales X1 y X4, mientras que el devanado de alta tensión se mantendrá en vacío, para este ensayo se utiliza un transformador elevador para poder alcanzar una tensión mayor a nominal, y por

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 6/9
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA BSL BS 171		

limitaciones del laboratorio solo se podrá ensayar transformadores con devanados de baja tensión 120/240V.

Se realiza las conexiones indicadas en la figura 2 del anexo, para la bobina amperimetrica del vatímetro se utiliza un transformador de corriente variando la relación de transformación del mismo dependiendo del transformador a ser ensayado como se indica en la tabla 2 del anexo.

Luego de haber ajustado debidamente los instrumentos de medición a sus escalas correctas, se procede a energizar el transformador, se aumenta la tensión a un valor mayor de la tensión nominal del transformador bajo prueba, durante la elevación de tensión se toma lectura de la potencia, se eleva la tensión hasta aplicar una potencia igual a las pérdidas totales previamente calculadas, esta condición de potencia se mantiene durante todo el ensayo. Se toma mediciones de la temperatura a intervalos de tiempo regulares, tanto en la parte superior del líquido aislante como de la temperatura ambiente hasta haber alcanzado la estabilidad térmica como es descrito en el procedimiento para medir temperatura.

Procedimiento para la medición de la temperatura del devanado

Luego de haber realizado el ensayo de aumento de temperatura por el método **A** o **B**, se toma las mediciones correspondientes para poder realizar el cálculo de la temperatura media de los devanados de la siguiente manera.

Se reduce la corriente del transformadora su valor de toma (si el ensayo fue realizado por el método de cortocircuito) o a su tensión de toma hora (si el ensayo fue realizado por el método en vacío), manteniéndola constante durante 1 hora , luego se des energiza el transformador y se mide la temperatura del liquido(al instante de la desconexión), y se toma medida de los valores de la resistencia de los devanados tanto de alta como de baja de la siguiente manera: la primera lectura se realiza tan pronto como sea posible y seguidamente se toman tres mediciones mas espaciadas entre sí 1 min, todos las mediciones deben ser tomadas en un tiempo menor de 6min, se debe registrar el tiempo desde el instante de la desconexión para cada medición de la resistencia. El método a utilizar para la medición de la resistencia de los devanados es igual al descrito anteriormente en los ensayos de rutina.

Procedimiento para la medición de temperatura

Para tomar medición de la temperatura del aceite del transformador se utilizara una termocupla PT100 sumergida a 5cm de la superficie del aceite, la cual ira conectada a un pirómetro, dicha termocupla se debe introducir al transformador antes de empezar el ensayo, por la válvula de llenado del mismo que se encuentra en la parte superior de esté, esto se debe realizar lo más rápido posible para no

contaminar con humedad el aceite dieléctrico, dicha válvula de llenado debe estar sellada con una goma durante el ensayo.

La temperatura ambiente se medirá por medio de tres termómetros colocados en diferentes puntos alrededor del transformador a una distancia de 1.5 m de este, a una altura aproximadamente igual a la mitad de la altura del mismo, los termómetros deben estar protegidos de corrientes de aire, de las radiaciones de calor del transformador bajo ensayo y de otras fuentes.

Para los efectos de este ensayo, se considera que el transformador se ha estabilizado térmicamente si el aumento de temperatura del líquido aislante no varía en más de 1°C por hora durante un periodo consecutivo de tres horas.

6. REGISTROS

- Se deben registrar todos los resultados del procedimiento anterior.

7. ANEXOS

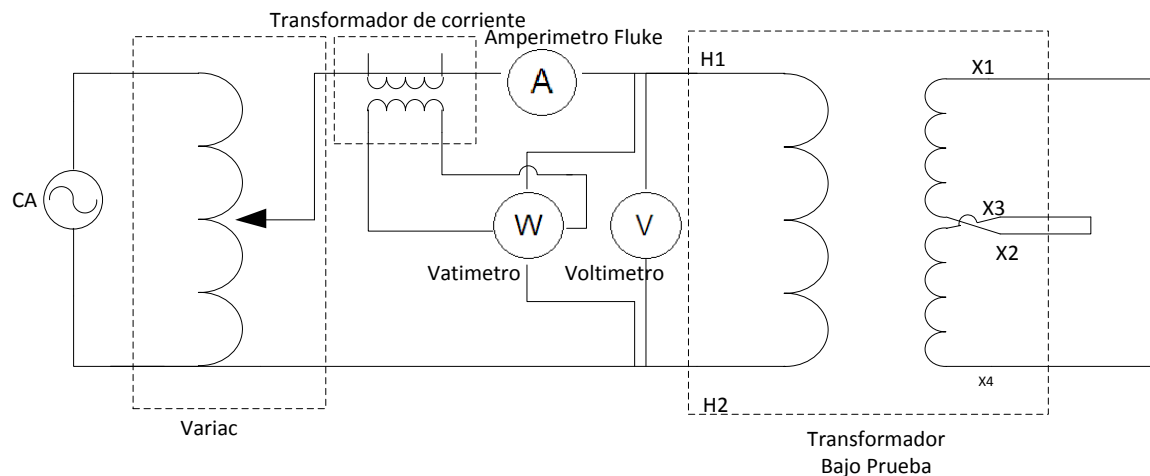


Figura 1 – Disposición de medición para la prueba de aumento de temperatura por el método de cortocircuito (COVENIN 3172-95)

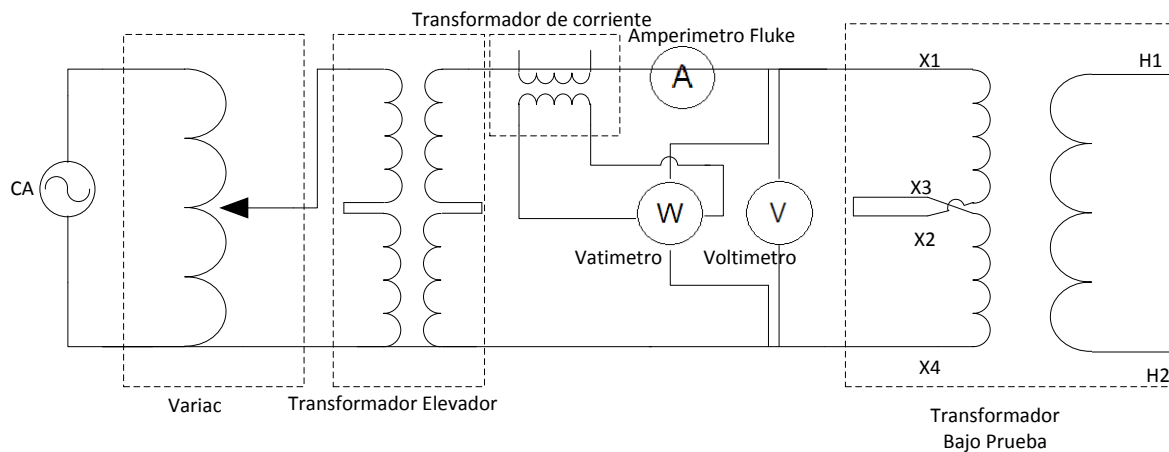


Figura 2 – Disposición de medición para la prueba de aumento de temperatura por el método en vacío (COVENIN 3172-95)

Tabla 1 – Variación de rala relación del TC según la potencia del transformadores a ser probado, con el método de cortocircuito

Potencia nominal del transformador a ensayar (KVA)	Corriente nominal del devanado de Baja tensión (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0,4	K - 5
10	0,801	K - 5
15	1,202	K - 5
25	1,92	K - 10
37,5	3	K - 10
50	4	K - 25
75	6,01	K - 25
100	8	K - 25
167,5	13,43	K - 25
250	20,04	K - 50
333	26,7	K - 50
500	40,09	K - 50


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 9/9
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
		PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE AUMENTO DE TEMPERATURA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA BSL BS 171	

Tabla 2 – Variación de rala relación del TC según la potencia del transformadores a ser probado, con el método en vacío

Potencia nominal del transformador a ensayar (KVA)	Valor aprox de corriente a medir durante el ensayo (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0,311	K - 5
10	0,62	K - 5
15	0,93	K - 5
25	1,49	K - 5
37,5	2,33	K - 5
50	3,11	K - 5
75	4,68	K – 10
100	6,23	K – 10
167,5	10,46	K – 25
250	15,61	K – 25
333	20,80	K – 25
500	31,24	K – 25


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO DE DESCARGAS PARCIALES
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)


<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE DESCARGAS PARCIALES SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE AUMENTO DE TEMPERATURA	4
6. REGISTROS	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE DESCARGAS PARCIALES SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)			

1. OBJETIVO

La prueba de descargas parciales es de gran importancia para transformadores de extra alta tensión, de gran capacidad y para todo equipo que tenga niveles de aislamiento reducido. A través de este ensayo se constatará principalmente:

- Homogeneidad en el aislamiento sólido
- Uniformidad en el campo eléctrico
- Pureza en el medio dieléctrico
- Ausencia de defectos de diseño

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para realizar el ensayo de descargas parciales. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.

3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE DESCARGAS PARCIALES SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)			

- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Transformador de alta tensión.
- Shunt de acople.
- Divisor de tension.
- Divisor de tension.
- Panel de control HAELFELY.


5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de aumento de temperatura

Este ensayo será realizado en el laboratorio de alta tensión utilizando como fuente de alimentación el simulador de alta tensión que se encuentra en el laboratorio. Previo a empezar a realizar el ensayo se coloca las cubiertas conductoras en los terminales H1 y H2 del transformador con el fin de prevenir el efecto corona, en este ensayo se energizara el transformador por el devanado de alta tensión, mientras el devanado de baja tensión se mantiene en vacío.

Se calibra el equipo de medición de descargas parciales de la siguiente manera, se coloca el medidor de carga **q** en la posición CAL se generaran impulsos de pruebas con el dispositivo SYNC, con este se pueden generar impulsos de 5pc, 50pc, 500pc, 5000pc, estos impulsos se generan pulsando el botón blanco en la parte frontal del mismo, el dispositivo de calibración se debe conectar en la parte trasera del medidor de carga **q**, y se verifica que se esté midiendo el valor correspondiente al impulso que se está generando.

Antes de realizar el ensayo, se verifica si existen descargas parciales en los elementos que conforman el circuito de medición para esto deben estar cerrados todos los accesos al laboratorio, para energizar el transformador de alta tensión se coloca el mainswitch que se encuentra en el panel de control en la posición ON y el meter swicht en 75 A, posteriormente se procederá a pasar la llave de control swicht y a energizar el transformador primario y el transformador secundario (el cual corresponde al de alta

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE DESCARGAS PARCIALES SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

tensión) pulsando los botones de ON del primaryswitch y secondaryswitch respectivamente. Luego se aumentara la tensión hasta un valor de 13700 V el cual corresponde al valor de tensión máximo durante el ensayo, el aumento de tensión se realizara con la perillas rapid y slow, las cuales dan variaciones bruscas y suaves de tensión respectivamente, el voltímetro que se encuentran en la parte superior suministra la información de la tensión de salida del transformador de alta tensión se debe ajustar la escala del mismo con la perilla que se encuentra debajo de él dependiendo de la tensión a la cual vamos a realizar la prueba, luego de haber alcanzado el valor de tensión indicado se toma medida de las descargas parciales producidas en los elementos que conforman el circuito de medición.

Luego de haber realizado lo descrito anteriormente se realiza la conexión que se muestra en la figura, y se eleva la tensión gradualmente (con el mismo procedimiento anteriormente descrito) hasta un valor de tensión donde empiecen a aparecer las descargas parciales, se tomara nota de este valor de tensión a la cual esto sucede y luego se eleva la tensión hasta un valor de 13700V, el cual corresponde al valor de tensión nominal del transformador más un 10%, y se mantendrá bajo estas condiciones por un tiempo de 1 o 2 horas, seguidamente se disminuirá la tensión hasta que las descargas parciales desaparezcan y se tomara medida de la tensión a la cual esto sucede.

Si en cualquier momento se produce alguna situación de emergencia o alguna anomalía se debe pulsar el botón de emergencyswitch el cual desenergiza todo el circuito.

Si se desea observar las descargas parciales, se apagan las luces del laboratorio pulsando el botón negro que se encuentra debajo del de emergencia Light off y para volver a encenderlas se debe pulsar el botón signal, al momento de realizar la medición debe mantener apagadas las luces fluorescentes ya que son una fuente de ruido.

6. REGISTROS

- Los niveles de tensión registrados como producto del paso de pulsos de descargas a través de la impedancia de medida, leídos en el micro voltímetro, deben reportarse en compañía del nivel de tensión utilizado en el ensayo.


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/4
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO DE HERMETICIDAD
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)


<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/4
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE HERMETICIDAD SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE HERMETICIDAD	4
6. REGISTROS	4

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/4
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE HERMETICIDAD SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO

Este ensayo permite determinar la inexistencia de fugas de gas y de filtraciones de líquidos aislantes, para garantizar que no entre humedad al tanque, en condiciones normales de operación, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para el ensayo de hermeticidad. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.


3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/4
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE HERMETICIDAD SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)			

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Bombona de nitrógeno.
- Manómetro.
- Válvula de llenado.

5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de hermeticidad

Este ensayo se realiza en el laboratorio de química, en la escuela de ingeniería química. Es aplicado después de los ensayos de rutina, en caso de que el transformador presente algún dispositivo de alivio de sobrepresión interna, podrá realizarse la prueba inhibiendo su operación.

Se inyecta nitrógeno en el transformador a través de la válvula de llenado de aceite que se encuentra en la parte superior del mismo hasta obtener 10 psi de presión, la lectura de la presión se realiza al mismo tiempo que se esté inyectando el nitrógeno con la ayuda de un manómetro, luego de haber llegado a la presión indicada se cierra la válvula de llenado y se deja bajo estas condiciones de presión durante 6 horas.

Luego de haber transcurrido el tiempo indicado se realiza una inspección visual del transformador, observando que no haya presentado fuga de gas o filtraciones del líquido aislante durante el ensayo, y que el tanque no hay sufrido deformaciones permanentes.

6. REGISTROS

- Se registran las presiones utilizadas durante el ensayo y el resultado del procedimiento anterior.
- Entre los resultados a registran deben estar:
 - a) Si el transformador presento fuga de gas o filtraciones del líquido aislante durante el ensayo.
 - b) Si el tanque sufrió deformaciones permanentes.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

**PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO
 DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS
 SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)**

<i>Elaborado por:</i> <i>Equipo de Calidad FI-UCV</i>	<i>Revisado por:</i> <i>Responsable del Área</i>	<i>Aprobado por:</i> <i>Responsable de la Calidad</i>
--	---	--

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS.....	4
6. REGISTROS	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO

Determinar el valor de la resistencia de los devanados, este valor es de fundamental importancia para los siguientes propósitos: cálculo de la componente real de las pérdidas debido a la carga, cálculo de la temperatura de los devanados al final del ensayo de aumento de temperatura y como base de comprobación de posibles daños en el campo, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de ensayo a transformadores de potencia. El mismo contiene el procedimiento experimental para la prueba de resistencia de los devanados. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.

3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Puente de Kelvin
- Fuente de alimentación
- Galvanómetro externo

5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de medición de la resistencia de los devanados

Este ensayo debe ser realizado en el laboratorio de maquinas el primer paso es conectar un galvanómetro externo en los terminales G del puente, seguidamente posicionamos la perilla G en la posición EXT, esto es debido a que el galvanómetro interno del equipo no se encuentra operativo.

Conectar el devanado del transformador bajo prueba en los terminales Rx(Th), dicha conexión se realiza como se indica en la figura.

Seguidamente ajustar las perillas Rn y Rv dependiendo del rango de valores de resistencia que se encuentre el devanado que vamos a medir, los ajustes de las perillas se indican en la siguiente tabla.

Seguidamente conectar la fuente Tettex AG, al puente de Kelvin en los terminales B (th) asegurándose de conectar bien las polaridades. Ajustamos la perilla de sensibilidad del equipo en la posición 10-5, luego ajustamos las perillas de R hasta que el galvanómetro se encuentre en la posición cero o muy cerca de ella, posteriormente se ajusta de nuevo la perilla de sensibilidad a la posición 10-4 y se realiza las variaciones de las perillas de R hasta que el galvanómetro se encuentre de nuevo en la posición cero, este procedimiento se repite hasta llegar a la sensibilidad más alta que es la posición 1 de dicha perilla. Para obtener el valor de la resistencia óhmica del devanado se utiliza la siguiente formula.

Durante el ensayo se debe medir el valor de la temperatura ambiente ya que el transformador ha estado sin energizar y en un lugar libre de corrientes de aire por lo menos por 24 horas bajo esta condición se asume que la temperatura los devanados es igual a la ambiente.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

6. REGISTROS

- Se registrara la temperatura del devanado y la medición de la resistencia obtenida según el procedimiento anterior.
- Conservación de las medidas de resistencia, para el cálculo de las pérdidas debido a la carga, la medición de resistencia en frio se debe convertir a una temperatura de referencia o cualquier otra temperatura.


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEBIDO A LA CARGA Y TENSIÓN DE
CORTOCIRCUITO
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)


<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEBIDO A LA CARGA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEBIDO A LA CARGA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO	4
6. REGISTROS	5
7. ANEXOS.....	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEBIDO A LA CARGA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO

Este ensayo permite determinar: la tensión de cortocircuito de los devanados, las pérdidas de los devanados bajo condiciones de carga las cuales comprenden pérdidas por efecto Joule y pérdidas adicionales, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para la prueba de medición de las pérdidas debido a la carga y tensión de cortocircuito. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.


3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEBIDO A LA CARGA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Variacmonofásico
- Interruptor AC
- Voltímetro
- Vatímetro
- Transformador de corriente
- Amperímetro


5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de medición de las pérdidas debido a la carga y tensión de cortocircuito

Dicho ensayo será realizado en el laboratorio de maquinas utilizando como fuente de alimentación la salida de 220 V que se encuentra en los tableros de dicho laboratorio. El transformar a ser ensayo se le deben cortocircuitar el devanado de baja tensión, de la siguiente manera los terminales X1 y X4 cortocircuitados y los terminales X2 y X3 tan bien cortocircuitados. Este ensayo se debe realizar con el cambiador de tomas en la posición que produzca menor tensión, ya que por lo general es en donde se produce mayores pérdidas.

Luego de haber cortocircuitado y colocado el cambiador de tomas en la posición de menor tensión, se procede a conectar los equipos de medición y el variac en el lado de alta tensión como se muestra en la figura, esta conexión se debe realizar con cables de calibre No. 6 AWG, asegúrese de que el voltímetro esté conectado directamente en los terminales H1 y H2 del transformador de esta forma se evita medir la caída de tensión en los cables. Los instrumento de medición deben estar en su mayor escala, para la bobina amperimetrica del vatímetro recuerda utilizar un transformador de corriente variando la relación de transformación del mismo dependiendo de la potencia del transformador a ser ensayado como se indica en la siguiente tabla 1 del anexo.

Seguidamente se procede a energizar el transformador verificando que el variac este en la posición más baja, esta tensión es incrementada lentamente, durante la elevación de tensión se debe estar tomando lectura de la corriente, se elevara la tensión hasta que circule la corriente nominal si por alguna limitación no se puede llegar a la corriente nominal se puede usar una menor que este comprendida

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEBIDO A LA CARGA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

entre el 25% y 100% de la corriente nominal, en este momento se toma lectura de la tensión, corriente y potencia activa.

La tensión y potencia medida representan la tensión de cortocircuito y las pérdidas debido a la carga respectivamente, dichas medidas están a la temperatura ambiente por lo que se debe medir dicha temperatura al finalizar el ensayo, para poder referirlo los valores obtenidos a la temperatura de operación del transformador. También se debe corregir el valor obtenido, multiplicando la tensión de cortocircuito por el factor de corrección (FCC: relación entre la corriente nominal y la corriente utilizada en el ensayo) además de los factores de transformadores de tensión y de corriente de ser el caso.

6. REGISTROS

- Se registra la tensión de cortocircuito obtenida, se debe corregir el valor obtenido, multiplicando la tensión de cortocircuito por el factor de corrección (FCC: relación entre la corriente nominal y la corriente utilizada en el ensayo).
- Se registran las pérdidas de los devanados bajo condiciones de carga.
- Se registran los valores de la impedancia de cortocircuito calculada.

7. ANEXOS

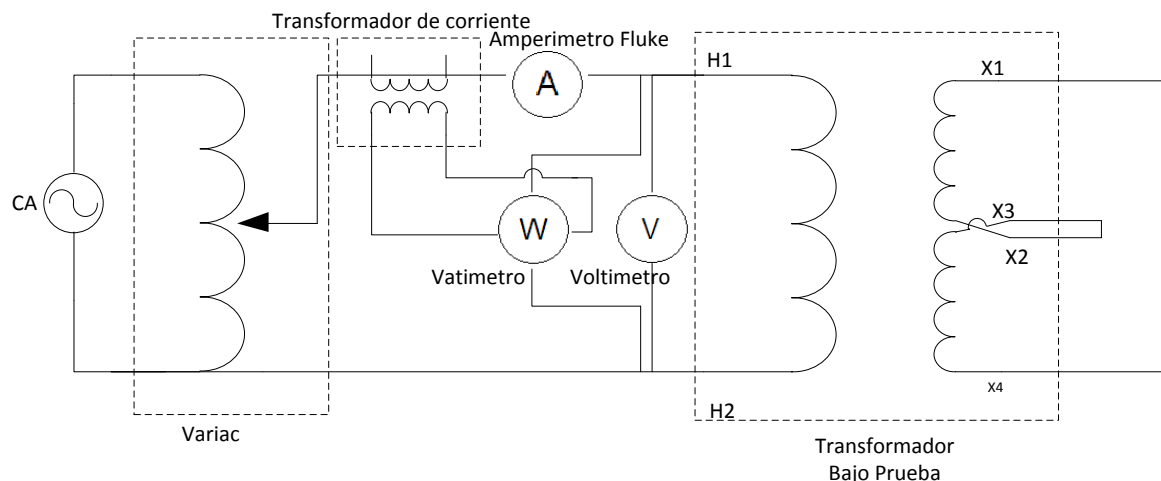


Figura 1 – Disposición de medición de las pérdidas debido a la carga y tensión de cortocircuito (COVENIN 3172-95)


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 6/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
		PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEBIDO A LA CARGA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)	

Tabla 1 – Variación de rala relación del TC según la potencia del transformadores a ser probado

Potencia nominal del transformador a ensayar (KVA)	Corriente nominal del devanado de Baja tensión (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0,4	K - 5
10	0,801	K - 5
15	1,202	K - 5
25	1,92	K - 10
37,5	3	K - 10
50	4	K - 25
75	6,01	K - 25
100	8	K - 25
167,5	13,43	K - 25
250	20,04	K - 50
333	26,7	K - 50
500	40,09	K - 50


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LA CORRIENTE EN VACIO
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)


<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LA CORRIENTE EN VACÍO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEBIDO A LA CARGA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO	4
6. REGISTROS	5
7. ANEXOS.....	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LA CORRIENTE EN VACÍO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO

Determinar las pérdidas en el hierro del núcleo, las cuales comprenden las pérdidas por Histéresis y pérdidas por corriente de Foucault, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para la prueba de medición de las pérdidas debido a la carga y tensión de cortocircuito. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.


3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LA CORRIENTE EN VACIO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Variacmonofásico
- Interruptor AC
- Voltímetro
- Vatímetro
- Transformador de corriente
- Amperímetro


5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de medición de las pérdidas debido a la carga y tensión de cortocircuito

Este ensayo será realizado en el laboratorio de maquinas utilizando como fuente de alimentación para ensayar transformadores con devanado de baja tensión de 120/240 V, la salida de 220 V que se encuentra en los tableros del laboratorio, y para transformadores con devanados de baja tensión 240/480 V se debe utilizar la misma fuente de alimentación con la diferencia que a la salida del variac se debe utilizar un transformador elevador con relación de transformación 2:1 como se indica en la figura 2 del anexo.

El ensayo se realizara por el devanado de baja tensión, se debe unir los terminales X2 y X3 del transformador a ensayar con un conductor calibre No. 6 AWG, y la tensión de alimentación se aplicara entre los terminales X1 y X4 del transformador, mientras que el devanado de alta tensión se mantendrá en vacio. Si el cambiador de tomas se encuentra en la posición de la toma principal, la tensión de ensayo debe ser igual a la tensión nominal; para las otras tomas la tensión de ensayo será igual a la tensión de toma correspondiente. Se deben realizar las conexiones indicadas en las figuras 1 y 2 del anexo, para la bobina amperimetrica del vatímetro debe utilizarse un transformador de corriente variando la relación de transformación del mismo dependiendo del transformador a ser ensayado como se indica en las tablas 1 y 2 del anexo, se debe ajustar la escala de los voltímetros de acuerdo con la tensión nominal del transformador a ensayar, la tensión debe ser medida con dos voltímetros uno que responda al valor medio eficaz y otro que mida el valor rms de la tensión.

Luego de haber ajustado debidamente los instrumentos de medición a sus escalas correctas, se procede a energizar el transformador, se eleva la tensión del ensayo hasta obtener la tensión nominal,

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LA CORRIENTE EN VACÍO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

en ese momento se toma medida de la corriente, tensión y potencia activa consumida por el transformador, luego se aumenta el nivel de tensión hasta un 110% de la tensión nominal del transformador y se vuelve a tomar medida de las variables indicadas anteriormente. Si durante el desarrollo de este ensayo se produce alguna indicación de falla interna u otra anomalía (cambio brusco de corriente, presencia de humo, ruido) se debe detener el proceso.

Los valores obtenidos durante la prueba están a la temperatura ambiente por lo que se debe medir esta temperatura al finalizar el ensayo, para poder referido los valores a la temperatura de operación del transformador.

6. REGISTROS

- Se registra el valor de las pérdidas en el hierro del núcleo obtenidas según el procedimiento anterior.

7. ANEXOS

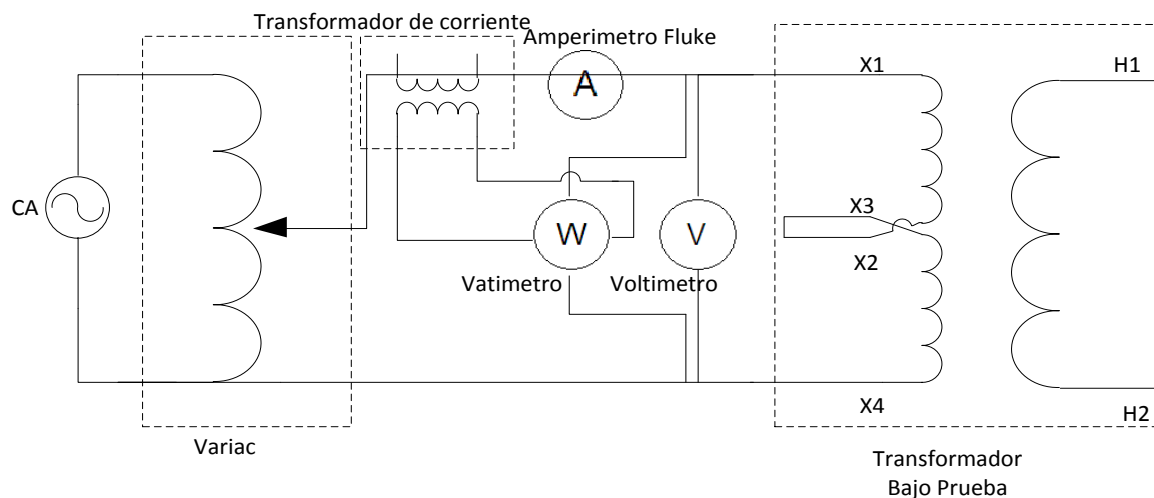


Figura 1 – Disposición de medición de las pérdidas y la corriente en vacío para transformadores 12,47 KV: 120/ 240 V (COVENIN 3172-95)

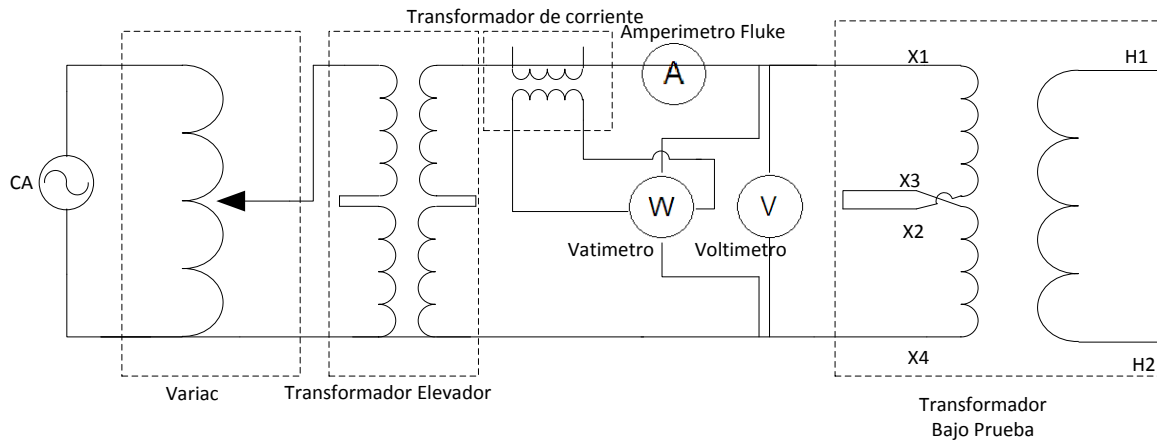


Figura 2 – Disposición de medición de las pérdidas y la corriente en vacío para transformadores 12,47 KV: 240/ 480 V (COVENIN 3172-95)

Tabla 1 – Variación de rala relación del TC según la potencia del transformadores a ser probado, para transformadores 12,47 KV: 120/ 240 V

Potencia nominal del transformador a ensayar (KVA)	Valor aprox de corriente a medir durante el ensayo (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0,6234	K - 5
10	1,2483585	K - 5
15	1,873317	K - 5
25	2,99232	K - 5
37,5	4,6755	K - 10
50	6,234	K - 10
75	9,366585	K - 25
100	12,468	K - 25
167,5	20,930655	K - 50
250	31,23234	K - 50
333	41,61195	K - 50
500	62,480265	---


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 7/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LA CORRIENTE EN VACÍO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

Tabla 1 – Variación de rala relación del TC según la potencia del transformadores a ser probado, para transformadores 12,47 KV: 240/ 480 V

Potencia nominal del transformador a ensayar (KVA)	Valor aprox de corriente a medir durante el ensayo (A)	Posición del Transformador de corriente
5	0,3117	K - 5
10	0,62417925	K - 5
15	0,9366585	K - 5
25	1,49616	K - 5
37,5	2,33775	K - 5
50	3,117	K - 10
75	4,6832925	K - 10
100	6,234	K - 10
167,5	10,4653275	K - 25
250	15,61617	K - 50
333	20,805975	K - 50
500	31,2401325	---


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)


<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO	4
6. REGISTROS	5
7. ANEXOS.....	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO

Este ensayo permite determinar la tendencia al deterioro del aislamiento (baja resistencia con respecto a tierra o entre devanados del transformador) y es de interés como método de comparación, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para realizar el ensayo de medición de la resistencia del aislamiento. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.


3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Megger.

5.2 Descripción del procedimiento


5.2.1 Prueba de medición de la resistencia del aislamiento

Este ensayo será realizado en el laboratorio de alta tensión. Previo a empezar a realizar el ensayo se debe conectar a tierra el tanque del transformador, y se debe cortocircuitar los terminales H1 y H2 del transformador a ser ensayado, y los terminales X1, X2, X3 y X4 del transformador.

Para realizar el ensayo entre el devanado de alta tensión y de baja tensión, se debe realizar la conexión que se muestra en la figura 1 del anexo. Se debe conectar el terminal rojo del megger a los terminales H1 y H2 del transformador, el terminal azul del equipo el cual es la guarda del mismo a el tanque del transformador y el terminal negro del megger a los devanados de baja tensión del transformador, seguidamente se enciende el equipo de medición (megger) y se ajusta para suministrar una tensión de prueba de 500V, también se debe ajustar el tiempo de duración del ensayo a 60 s, luego se pulsa el botón de START y se inicia el ensayo, debe tomar nota del valor arrojado por el instrumento a los 15 s y a los 60 s.

Seguidamente se realiza el ensayo entre el devanado de alta tensión y el tanque del transformador el cual debe estar debidamente puesto a tierra durante todo el ensayo, para esto se realizara la conexión en la figura 2 del anexo, se conectara el terminal rojo del equipo a los terminales H1y H2 del transformador bajo prueba, el terminal azul al devanado de baja tensión de dicho transformador, y el terminal negro al tanque. Seguidamente se ajusta la tensión bajo prueba a 5000V y se repite el procedimiento descrito anteriormente.

Por último se realizara el ensayo entre el devanado de baja tensión y el tanque del transformador, se realizara la conexión que se muestra en la figura 3 del anexo. Se conectara el terminal rojo al devanado de baja tensión, el terminal azul al devanado de alta tensión y el terminal negro al tanque del transformador. Posteriormente se ajustara la tensión de ensayo a 500V y se realiza el procedimiento descrito anteriormente.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSION	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

Las dos mediciones realizadas permiten calcular un valor conocido como "Factor de Absorción", definido como:

$$IA = \frac{Ri(60s)}{Ri(15s)}$$

El valor medido no debe ser menor a 1000 MΩ referidos a 20° C en caso de que alguna medición sea menor a este valor debe revisarse en detalle la conexión de los aisladores, contactos y del equipo de medición. También puede darse el caso de que esta situación esté sucediendo, ya que están presentes corrientes de fuga circulando en paralelo con la resistencia principal sobre el cuerpo del aislador debido a una contaminación por suciedad o humedad.

6. REGISTROS

- Se registrara el valor de la resistencia suministrada por el Megger.

7. ANEXOS

Tabla 1 – Indicadores del estado del aislamiento del transformador

CONDICION DEL AISLAMIENTO	RELACIÓN		
	R60s/R30s	R60s/R30s	R60s/R15s COVENIN
Pobre	< 1,1	< 1	< 1
Cuestionable	De 1,1 a 1,25	-	-
Dudosa	De 1,25 a 1,4	De 1 a 1,2	De 1,25
Buena	De 1,4 a 1,6	De 1,2 a 1,6	De 1,25 a 2
Excelente	> 1,6	>1,6	>2


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 6/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

Tabla 2 – Factor de corrección por temperatura

Temperatura (°C)	Factor de corrección
0	0,25
5	0,36
10	0,50
15	0,74
20	1,00
25	1,40
30	1,98
35	2,80
40	3,95
45	5,60
50	7,85
55	11,20
60	15,85
65	22,40
70	31,75
75	44,7

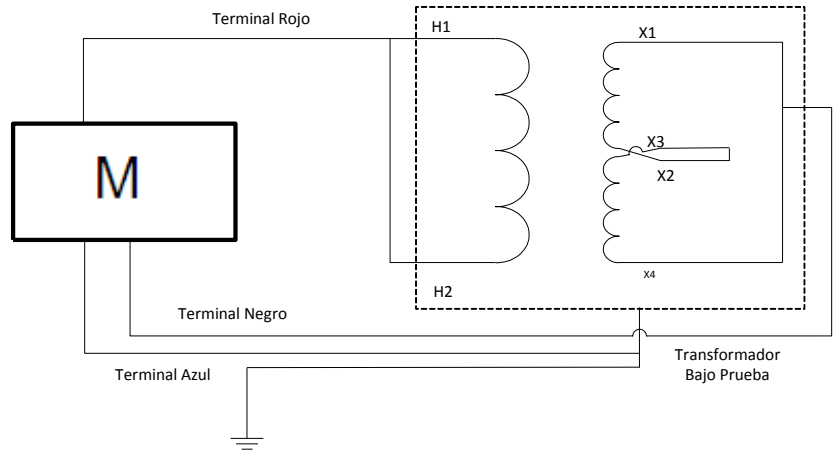


Figura 1 – Disposición de medición para la medición del aislamiento entre el devanado de alta y baja tensión (COVENIN 3172-95)

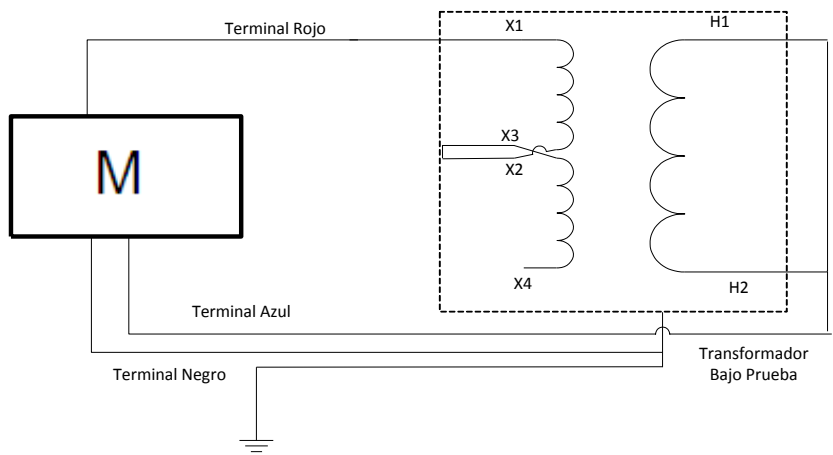



Figura 2 – Disposición de medición para la medición del aislamiento entre el devanado de alta tensión y el tanque del transformador (COVENIN 3172-95)

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 8/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

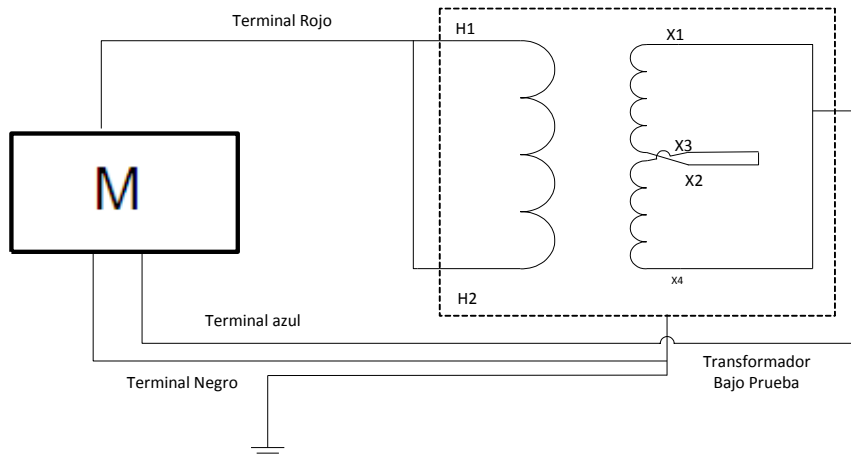


Figura 3 – Disposición de medición para la medición del aislamiento entre el devanado de baja tensión y el tanque del transformador (COVENIN 3172-95)


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO DE MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO DEL CIRCUITO MAGNÉTICO
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)


<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO DEL CIRCUITO MAGNÉTICO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO DEL CIRCUITO MAGNÉTICO	4
6. REGISTROS	5
7. ANEXOS.....	6

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO DEL CIRCUITO MAGNÉTICO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO

Comprobar el aislamiento del núcleo magnético, en las empacaduras metálicas y las eventuales pantallas magnéticas y eléctricas, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para realizar el ensayo de medición del aislamiento del circuito magnético. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.


3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO DEL CIRCUITO MAGNÉTICO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Megger.
- Voltímetro.
- Cronometro.
- Amperímetro (Pinza AmperimetricaFluke 335).
- Fuente de tensión sinusoidal variable de frecuencia nominal.

5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de medición del aislamiento del circuito magnético

Este ensayo se realiza en el laboratorio de alta tensión, ya que este posee un menor grado de humedad. El transformador no debe poseer ninguna conexión y debe estar des energizado por un tiempo mínimo de dos horas.

Se debe reducir el nivel del aceite aislante a lo necesario hasta el punto de tener acceso a la conexión del núcleo y el tanque, utilizar un recipiente totalmente limpio que no presente ninguna tipo de impureza para colocar el aceite dieléctrico en el mismo.


Luego se retira la conexión a tierra del núcleo la cual generalmente se encuentra localizada en la parte superior del tanque.

Método A

Una vez que haya sido reducido el nivel de aceite y desconectado el núcleo del transformador de su conexión a tierra, se procede a realizar la conexión de la fuente como se muestra en la figura 1 del anexo, colocando un terminal de la fuente al núcleo y el otro terminal al tanque del transformador. Antes de energizar la fuente observar que ninguna persona ni objeto este tocando el tanque del transformador.

Energizar la fuente de tensión, se eleva lentamente la tensión hasta un valor de 2 kV manteniendo la en este valor por un periodo de un minuto.

Durante todo este proceso se observa la corriente la cual debe estar entre los miliampere alrededor de un valor estable. Si en el ensayo se produce una anomalía ya sea que la corriente tome rampa

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/7
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO DEL CIRCUITO MAGNÉTICO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

ascendente excesiva, haya presencia de humo, ruido audible o burbujeo en el aceite se debe descender rápidamente a cero la tensión de prueba y se dará por finalizado el ensayo.

El ensayo se considerara exitoso si no ocurren descargas en el aislamiento del núcleo.

Método B

Ya habiendo reducido el nivel de aceite y desconectado el núcleo del transformador de tierra, se procede a realizar la conexión como se muestra en la figura 2 del anexo, colocando el terminal rojo del medidor de resistencia del aislamiento al núcleo del transformador bajo ensayo y el terminal negro al tanque del transformador el cual debe encontrarse debidamente puesto a tierra, el terminal azul el cual es la guarda del equipo de medición no será utilizado para este ensayo.

Se ajusta el medidor de resistencia de aislamiento para que inyecte una tensión de 1000V durante 60s, luego de haber transcurrido el tiempo estipulado se desplegara en la pantalla del equipo el valor de la resistencia del aislamiento del circuito magnético la cual debe ser un valor mayor a 200MΩ..

6. REGISTROS

- Si el ensayo es realizado por el método A se registrara si la prueba fue exitosa
- Si el ensayo es realizado por el método B se registrara el valor de la resistencia suministrada por el Megger.



7. ANEXOS

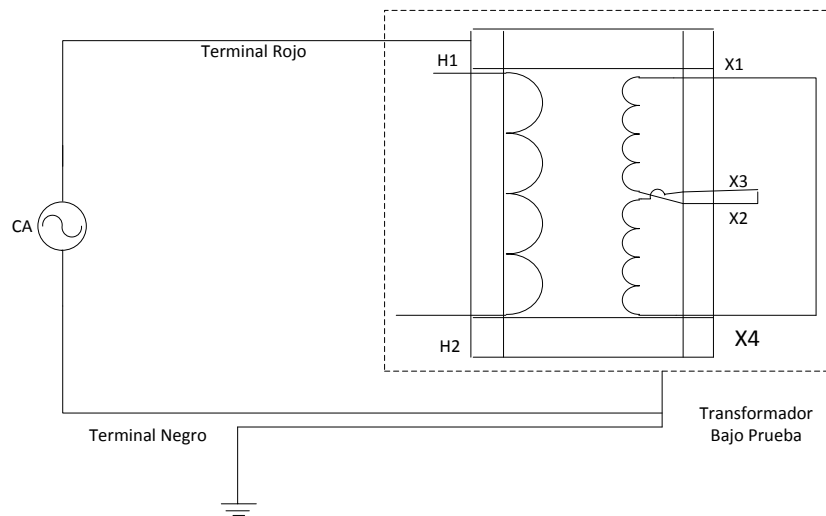
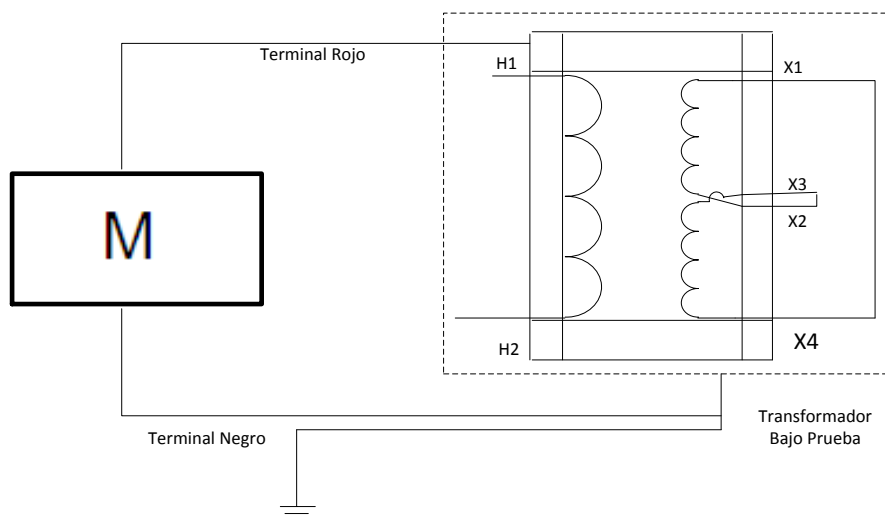


Figura 1 – Disposición de medición para la medición del aislamiento del circuito magnético por el método A (COVENIN 3172-95)




	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 717
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO DEL CIRCUITO MAGNÉTICO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

Figura 2 – Disposición de medición para la medición del aislamiento del circuito magnético por el método B (COVENIN 3172-95)


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO DE MEDICIÓN DE RUIDO
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)

<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE RUIDO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE NIVEL DE RUIDO.....	4
6. REGISTROS	5
7. ANEXOS.....	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE RUIDO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO

Determinar el nivel de ruido producido por un transformador cuando opera a su nivel de inducción magnética nominal con todos los equipos auxiliares que generan ruido instalados y funcionando, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para realizar el ensayo de nivel de ruido. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.

3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE RUIDO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Variacmonofásico
- Interruptor AC
- Transformador elevador
- Voltímetro
- Amperímetro
- Sonómetros

5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de nivel de ruido


Este ensayo debe ser realizado en el laboratorio de maquinas utilizando como fuente de alimentación, para ensayar transformadores con devanado de baja tensión de 120/240 V, la salida de 220 V que se encuentra en los tableros de dicho laboratorio, y para transformadores con devanados de baja tensión 240/480 V se debe utilizar la misma fuente de alimentación con la diferencia que a la salida del variac se debe utilizar un transformador elevador con relación de transformación 2:1 como se indica en la figura 1 del anexo.

El ensayo se realiza por el devanado de baja tensión, se debe unir los terminales X2 y X3 del transformador a ensayar con un conductor calibre No. 6 AWG, y la tensión de alimentación es aplicada entre los terminales X1 y X4 de dicho transformador e igual a tensión nominal de éste, mientras que el devanado de alta tensión se mantendrá en abierto.

El transformador debe estar situado en un lugar del laboratorio de maquinas que ninguna superficie reflectora de acústica, aparte del piso este dentro de 3,0 m del mismo. Se calibra el sonómetro antes de cada medición siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante.

Se ubican los sonómetros alrededor del transformador a una distancia del tanque del mismo de 0.3 m y a una altura igual a la mitad de la altura del transformador, los sonómetros deben colocarse espaciados entre sí a una distancia de 1 m no debe haber menos de cuatro puntos de ubicación del los sonómetros, en caso de ser necesario acortar la distancia entre ellos se puede realizar.

El nivel de ruido del ambiente será medido con el transformador des energizado inmediatamente antes y después de las pruebas al transformador, para las mismas ubicaciones de los sonómetros utilizadas

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/6
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE MEDICIÓN DE RUIDO SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)			

durante la prueba, el nivel de ruido del ambiente será el promedio aritmético de las lecturas de cada sonómetro, y el promedio aritmético del ruido del ambiente antes y después del ensayo.

Luego de haber ubicado el transformador en su zona de trabajo y haber colocado los sonómetros en sus debidas posiciones, se procederá a energizar el transformador como se indica en la figura 1 y 2 del anexo, el transformador será ensayado en su toma principal, pero antes se realiza un chequeo preliminar a ver si existe una diferencia significativa entre el ruido que se produce en las diferentes posiciones de tomas. Si no se nota ninguna diferencia de sonido entre las posiciones de las tomas, se dejara el transformador energizado hasta que se establezcan las mediciones de los sonómetros.

El nivel de ruido generado por el transformador será tomado como el promedio aritmético de las lecturas de los sonómetros, al menos que se aplique alguna corrección especificada en la norma. Todas las mediciones será realizadas con los sonómetros en la ponderación dBA al menos que se indique lo contrario.

Si durante el desarrollo de este ensayo se produce alguna indicación de falla interna u otra anomalía (cambio brusco de corriente, presencia de humo, ruido) se debe detener el proceso.

6. REGISTROS

- Se registrará los valores obtenidos en los puntos anteriores, la característica de ponderación empleada debe ser reportada junto con los datos.

7. ANEXOS

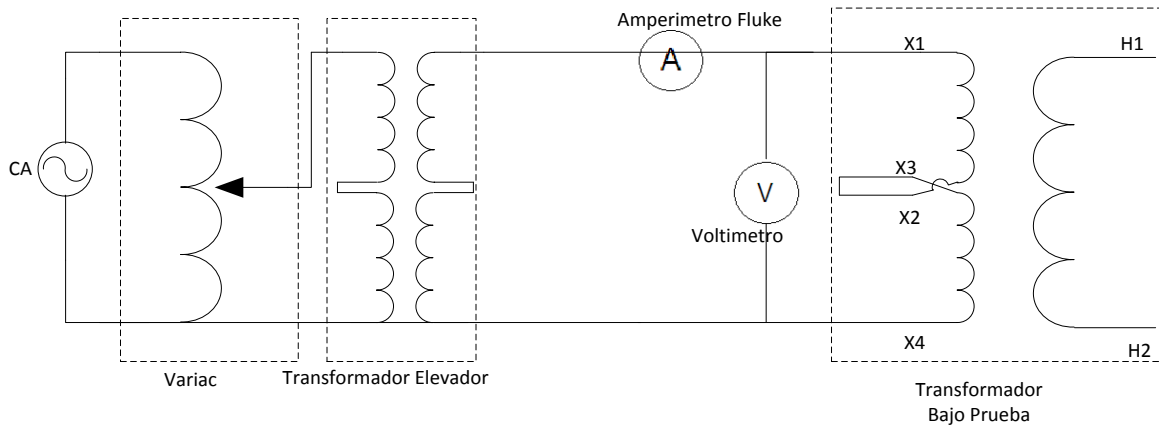


Figura 2 – Disposición de medición para la prueba de nivel de ruido para transformadores de 12,47 KV: 240/4800 V (COVENIN 3172-95)

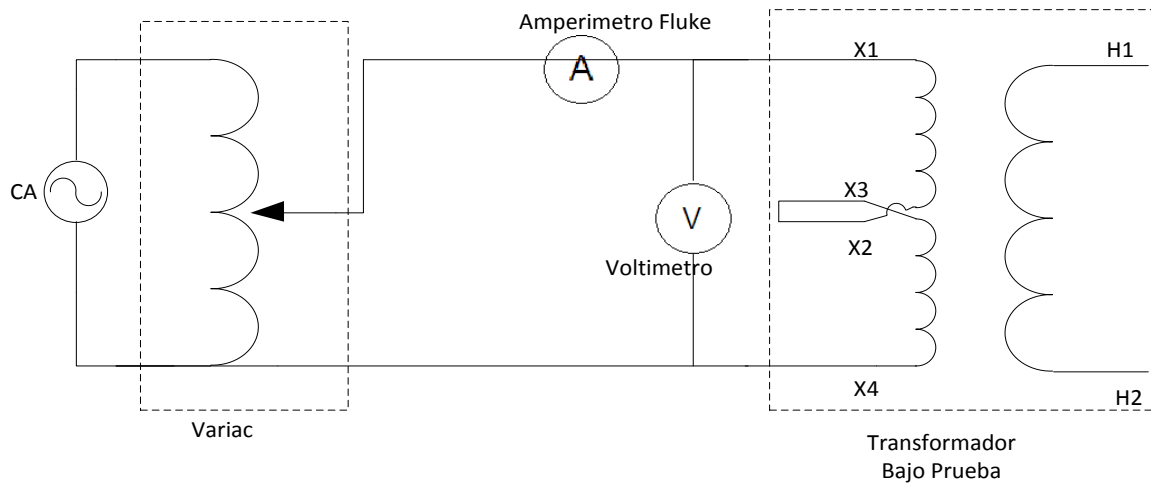


Figura 2 – Disposición de medición para la prueba de nivel de ruido para transformadores de 12,47 KV: 120/240 V (COVENIN 3172-95)


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

**PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE COMPLETA
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA IEEE Std C.v 57.12.90**

<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE COMPLETA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA IEE Std C.v 57.12.90		

1. OBJETIVO	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE COMPLETA	4
6. REGISTROS	7
7. ANEXOS	7

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE COMPLETA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA IEE Std C.v 57.12.90		

1. OBJETIVO

Comprobar el aislamiento entre espiras del devanado bajo ensayo, entre esté y los demás devanados y el tanque o cualquier otro elemento puesto a tierra cuando se le aplica una onda de choque de las características indicadas para este ensayo, según norma COVENIN 3172-95 y norma IEEE Std C.v 57.12.90.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para realizar el ensayo de onda de choque completa. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.

3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95) y IEEE Std 57.12.90

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE COMPLETA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA IEE Std C.v 57.12.90		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Generador de impulso.
- Osciloscopio.
- Voltímetro
- Divisor resistivo
- Resistencia de acople

5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Ensayo de onda de choque completa

El primer paso para realizar este ensayo es la calibración del generador de impulso el cual debe suministrar una forma de onda de $1.2/50 \mu s$ con un valor máximo de 95 kV, para realizar dicha calibración se debe seguir los siguientes procedimientos.

Calibración del frente de onda:


El origen virtual cero se puede determinar localizando los puntos en el frente de la onda en donde la tensión sea 30% y 90% del valor de cresta, respectivamente y después trazar una línea recta a través de estos puntos. Con la intersección de esta línea con el eje de tiempo (línea de la tensión cero), se determina el origen virtual cero.

El tiempo virtual de cresta viene dado por 1.67 veces el tiempo real entre los puntos en el cual el frente de onda alcanza 30 % y 90% del valor de la cresta. Si hay oscilaciones en el frente de las ondas, los puntos del 30% y 90% deberán ser determinados de la media y el frente de onda suave será graficado a través de las oscilaciones, preferiblemente estas no deben exceder el 10% de la tensión.

El tiempo virtual de cresta será normalmente de $1,2\mu s$ con una tolerancia de $\pm 30\%$, pero no excederá de $2.5\mu s$.

Calibración de la cola de la onda:

El intervalo medido desde el origen virtual cero hasta el punto donde la cola alcance el 50% de la tensión de cresta debe ser de $50\mu s$ con una tolerancia de $\pm 20\%$. La impedancia de algunos devanados

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE COMPLETA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA IEE Std C.v 57.12.90		

puede ser demasiado baja para alcanzar esos valores con el equipo que se dispone, en estos casos se permite usar un tiempo de cola más corto.

Calibración del Generador de Impulso:

Para poder calibrar el generador de impulso es necesario conectar la carga al mismo en este caso el transformador bajo estudio, antes de conectar la carga se debe colocar a tierra el generador de impulso esto se realiza colocando la barrilla de tierra en la salida del mismo. Luego de haber conectado la carga se conecta el osciloscopio al cual le llega un cable coaxial de la salida del elemento atenuador, el mismo antes de ser conectado al osciloscopio debe llevar la resistencia de acople de 50Ω.

Después de haber hecho las conexiones antes descritas y haber retirado la barrilla de puesta a tierra de la salida del generador de impulso, se procede a energizar el mismo, para esto debe estar cerrada la puerta de acceso al laboratorio así como la de acceso hacia el generador de impulso, y no se debe encontrar ninguna persona fuera de la zona donde se encuentra el panel de control. Se habilita el generador de impulso pasando la llave que se encuentra en el panel de control, seguidamente se desconecta la barrilla de puesta a tierra del rectificador de media onda, esto se realiza pulsando el primer botón verde que se encuentra en el panel dicho botón tiene un símbolo de tierra, seguidamente se procede a energizar el rectificador pulsando el segundo botón verde que se encuentra en el panel el cual posee la simbología de un diodo.

Posteriormente se procede a ajustar la separación de las esferas a la tensión deseada, esto se realiza separando o uniendo las esferas de las etapas conectadas con los botones rojo y negro respectivamente, este ajuste se realiza hasta poder observar en el indicador de tensión y de separación de las esferas una tensión igual al valor de cresta deseado entre el número de etapas conectadas en el generador de impulso, luego de haber ajustado la separación de las esferas se eleva la tensión del rectificador de media onda, utilizando la perilla que se encuentra en el panel de control, dicha tensión se eleva hasta el valor indicado anteriormente con un leve incremento esto es para la descarga se produzca con mayor rapidez.

Para el ajuste del osciloscopio, se realiza aplicando un impulso a tensión reducida aproximadamente con un valor de cresta de 5kV, se espera que ocurra la primera descarga y se pulsa el botón de autosestado del osciloscopio con esto se ajusta a una escala en la que se pueda observar la onda, partiendo de este primer ajuste con las perillas de escala horizontal y vertical y con las perillas de ajuste de la posición del centro del osciloscopio, se varían hasta poder observar bien la señal completa, seguidamente se eleva la tensión hasta el valor deseado y se espera la primera descarga y se vuelve a ajustar la escala vertical hasta poder observar la señal deseada, luego de haber realizado estos ajustes se pulsa el botón single shot, para poder congelar la señal registrada por el osciloscopio al momento de la descarga.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 6/8
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE COMPLETA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95) Y LA NORMA IEE Std C.v 57.12.90		

Al momento de desenergizar el generador de impulso se debe llevar la tensión del rectificador de media onda a cero con la perilla que se encuentra en el panel de control, unir las esferas de las etapas lo más posible con el botón negro que se encuentra en el panel, se desenergiza el rectificador pulsando el segundo botón rojo y se coloca a tierra el mismo pulsando el primer botón rojo, posteriormente se debe colocar a tierra el generador de impulso conectando la barrilla de puesta a tierra a la salida del mismo, después de haber realizado todo estos pasos es que se puede ajustar directamente una variable en el generador de impulso.

Si se desean conectar mayor cantidad de etapas en el generador de impulso se desenergiza el mismo y unir manualmente las esperas de las etapas que se desean agregar, tomar en cuenta que cada etapa suministra un valor de tensión máximo de 75 kV.

Aplicación del impulso:

Luego de haber calibrado debidamente el generador de impulso se procede a conectar, primero el generador de impulso al terminal H1 del transformador bajo ensayo y el terminal H2 del mismo a tierra como se muestra en la figura 1 del anexo y se realiza el ensayo, posteriormente se intercambian las conexiones el terminal H1 debe ir a tierra y el terminal H2 al generador de impulso como se muestra en la figura 2 del anexo y se vuelve a realizar el ensayo. Asegurándose de que el tanque del transformador y los terminales de los devanados que no están siendo probados se encuentren eficazmente puestos a tierra.

El operador y todo el personal después de haber realizado las conexiones deben retirarse del área donde está siendo ensayado el transformador y colocarse detrás del tablero de control del generador de impulso. Posteriormente se le aplicaran dos ondas completas al transformador de la siguiente manera:

La primera onda será a tensión reducida la cual tendrá un valor de cresta de 50 kV con un tiempo de 1.2/50µs, si al aplicar esta onda no se observa ninguna anomalía en el transformador, como ruido audible, burbujeo o alguna deformación muy brusca en la forma de onda aplicada, se procederá a aplicar una segunda onda que será a plena tensión la cual tendrá un valor de cresta de 95 kV con una tolerancia de ±3% y un tiempo de 1.2/50 µs, en caso de que en el momento de aplicación de una de las ondas se detecte un arco en uno de los bushings, entonces esta aplicación no se considera como válida y se debe realizar nuevamente la misma.

Entre los métodos de detección de falla esta la comparación de los oscilogramas de voltaje, obtenido al aplicar la onda de choque completa a tensión reducida con el obtenido al aplicar la onda de choque completa a plena tensión, y la experiencia acumulada en la realización de esta prueba es una de los métodos más certeros, también esta como método alternativo la detección de ruidos anormales al momento de la aplicación de la onda.

6. REGISTROS

- Los impulsos aplicados al transformador deben ser registrados ppor osciloscopios o registradores apropiados. Estos registros incluyen los oscilogramas de las señales de tensión y de corriente de retorno a tierra de los ensayos de onda completa reducida y de onda completa final.
- Los tiempos de barrido del osciloscopio son de 50 μ s y 100 μ s para las señales de tensión y de 100 μ s a 600 μ s para las señales de corriente de retorno a tierra.
- Cuando sea posible los registros de las señales de tensión y de corriente deben ser registrados simultáneamente. Si se tiene solo un registrador se debe repetir la aplicación de cada onda completa a fin de tomar el registro de la señal de corriente de retorno a tierra para cada aplicación.

7. ANEXOS

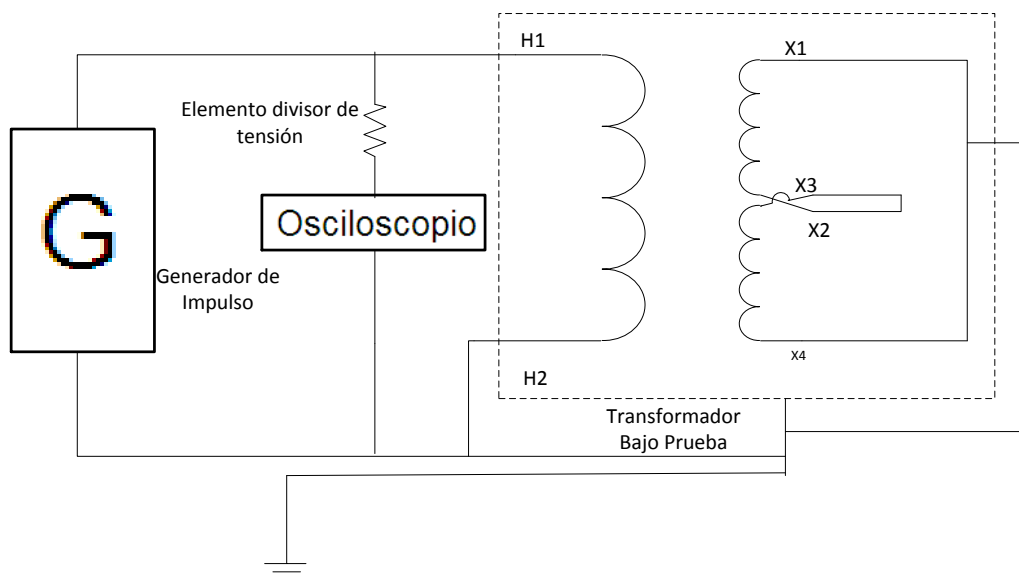


Figura 1 – Disposición para la aplicación de onda de choque completa por el terminal H1 del transformador (COVENIN 3172-95)

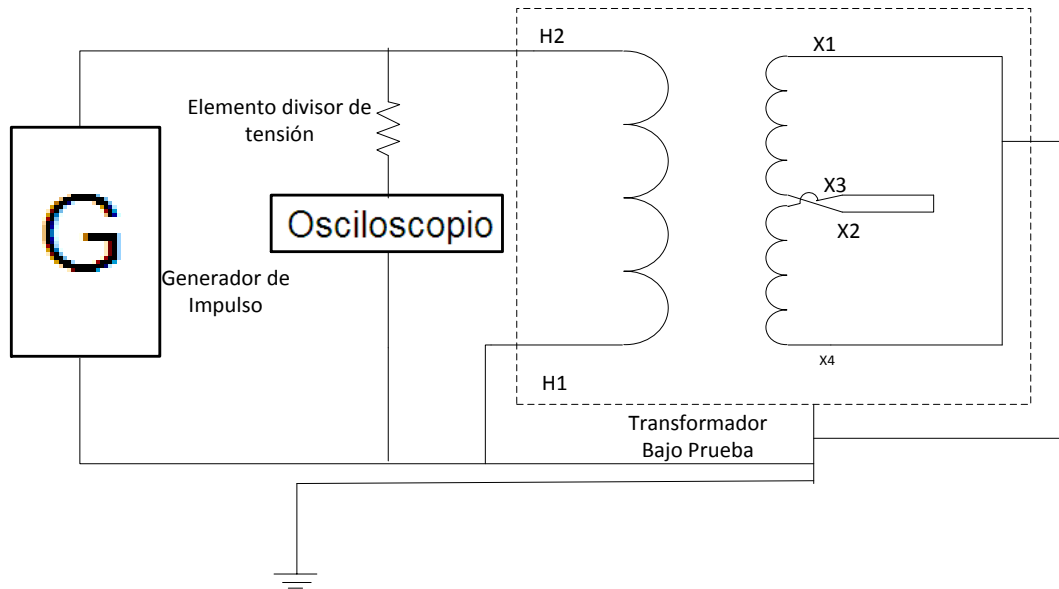


Figura 1 –Disposición para la aplicación de onda de choque completa por el terminal H2 del transformador (COVENIN 3172-95)


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

**PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE CORTADA
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)**


<i>Elaborado por:</i> <i>Equipo de Calidad FI-UCV</i>	<i>Revisado por:</i> <i>Responsable del Área</i>	<i>Aprobado por:</i> <i>Responsable de la Calidad</i>
--	---	--

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE CORTADA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE CORTADA	4
6. REGISTROS	4
7. ANEXOS.....	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE CORTADA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO

Comprobar el aislamiento entre espiras del devanado bajo ensayo, entre éste y los demás devanados y el tanque o cualquier otro elemento puesto a tierra cuando se le aplica una onda de choque de las características indicadas para este ensayo, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para realizar el ensayo de onda de choque cortada. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.


3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE ONDA DE CHOQUE CORTADA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)			

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Generador de impulso.
- Osciloscopio.
- Voltímetro.
- Divisor resistivo.
- Resistencia de acople.
- Equipo de corte de onda.

5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Ensayo de onda de choque cortada

El procedimiento para realizar este ensayo es el mismo que para el ensayo de onda de choque completa ya que los dos se realizan en conjunto, pero se debe realizar la siguiente secuencia de aplicación de impulsos:

- Una onda completa reducida.
- Dos ondas cortadas.
- Una onda completa.

La onda será cortada en la cola para esto se debe seleccionar un elemento descargador con ciertas especificaciones, el valor de cresta de la onda cortada es de 110kV.

6. REGISTROS

- Se registran las mismas variables que para el ensayo de onda de choque completa

7. ANEXOS

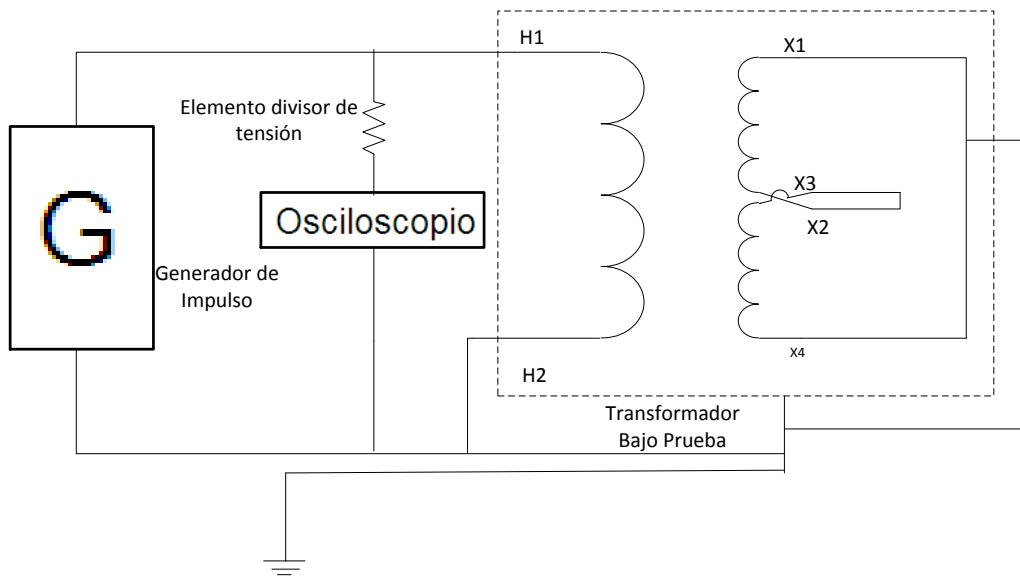


Figura 1 – Disposición para la aplicación de onda de choque completa por el terminal H1 del transformador (COVENIN 3172-95)

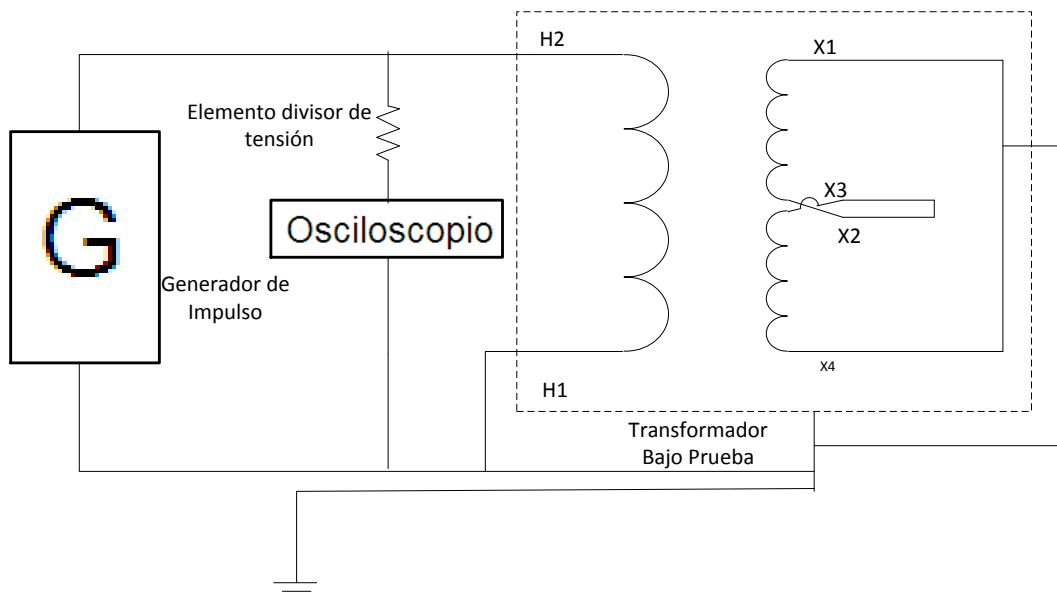


Figura 1 – Disposición para la aplicación de onda de choque completa por el terminal H2 del transformador (COVENIN 3172-95)

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO DE TENSIÓN APLICADA
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)

<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE TENSIÓN APLICADA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.1.1 PRUEBA DE TENSIÓN APLICADA.....	4
6. REGISTROS	4
7. ANEXOS.....	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE TENSIÓN APLICADA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)			

1. OBJETIVO

Verificar el aislamiento de la bobina, entre alta y baja tensión así como también, entre ésta y el tanque o cualquier otro elemento puesto a tierra, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para la prueba de tensión aplicada. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.

3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE TENSIÓN APLICADA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Descripción del procedimiento

5.1.1 Prueba de tensión aplicada

Este ensayo será realizado en el laboratorio de alta tensión utilizando como fuente de alimentación el simulador de alta tensión que se encuentra en el laboratorio. Previo a empezar a realizar el ensayo se debe conectar a tierra el tanque del transformador, y se debe cortocircuitar los terminales H1 y H2 del transformador a ser ensayado, y los terminales X1, X2, X3 y X4 del mismo.

Primero se realiza el ensayo por el lado de alta tensión del transformador, se deben conectar todas las bobinas de baja tensión y el tanque del transformador a tierra la fuente de alimentación se conectara entre los terminales de alta tensión y tierra, como se indica en la figura 1 del anexo. Posteriormente se inicia el ensayo elevando la tensión de la fuente hasta un valor de 11.33kV, la cual representa 1/3 de la tensión final de la prueba, si al alcanzar dicho nivel de tensión no ocurre ninguna anomalía en el transformador se elevara la tensión hasta 34kV lo más rápido posible, y se mantendrá la tensión a este valor por 60 segundos, luego de haber finalizado el tiempo se disminuye la tensión hasta 11.33kV, antes de des energizar el equipo.

Posteriormente se realiza el ensayo por el devanado de baja tensión siguiendo el mismo procedimiento indicado anteriormente, energizando el transformador por el devanado de baja tensión y tierra como se indica en la figura, el valor de tensión final del ensayo es de 10kV.

Durante todo este proceso se debe observar la corriente, la cual debe estar entre los miliampere alrededor de un valor estable, si en el ensayo se produce una anomalía ya sea que la corriente tome rampa ascendente excesiva, haya presencia de humo, ruido audible o burbujeo en el aceite se debe descender rápidamente a cero la tensión de prueba y se dará por finalizado el ensayo.

Se considerara aprobado el ensayo si durante la prueba no se observa en el transformador ninguna de las anomalías descritas anteriormente. En caso de que sea necesario o se esté realizando este ensayo por segunda vez la tensión de ensayo debe ser el 75% del valor nominal del mismo.

6. REGISTROS

- Se registrara el resultado del procedimiento anterior.

7. ANEXOS

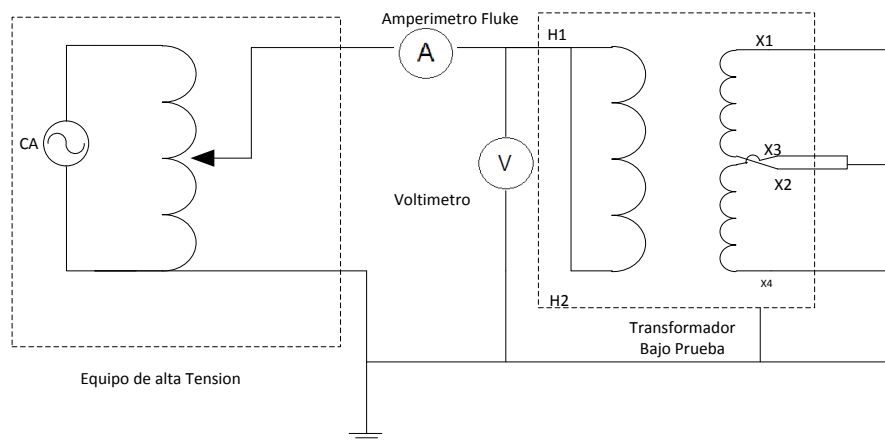


Figura 1 – Disposición de medición para realizar el ensayo por el devanado de alta tensión (COVENIN 3172-95).

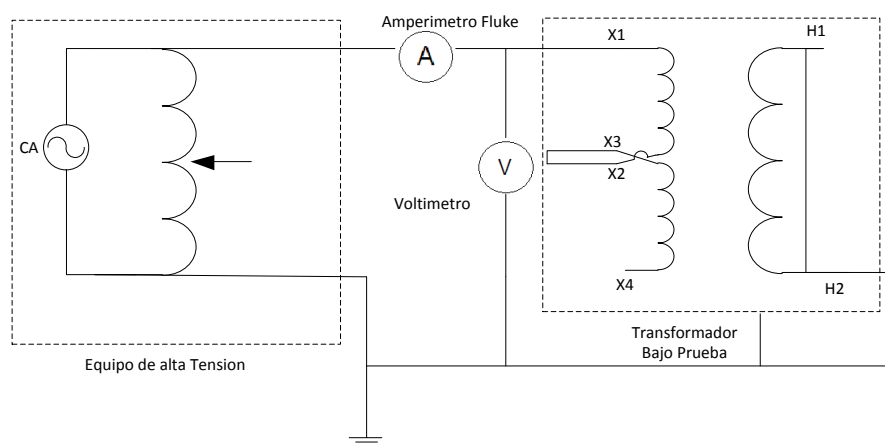


Figura 1 – Disposición de medición para realizar el ensayo por el devanado de baja tensión (COVENIN 3172-95).

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

**PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO
DE VERIFICACIÓN DE POLARIDAD Y RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)**

<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO DE VERIFICACIÓN DE POLARIDAD Y RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE VERIFICACIÓN DE POLARIDAD Y RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.....	4
6. REGISTROS	5
7. ANEXOS.....	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/5
		Nº Rev 0	FECHA: Junio 2010
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO EN CORRIENTE ALTERNA PARA GUANTES DIELECTRICOS SEGÚN NORMA COVENIN 761-97		

1. OBJETIVO

Este ensayo es de interés primordial para verificar como se encuentran devanadas unas con respecto a las otras bobinas y determinar la relación de el numero de vueltas o espiras entre la bobina de alta y baja tensión, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de ensayo a transformadores de potencia. El mismo contiene el procedimiento experimental para el ensayo de verificación de polaridad y relación de transformación. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.

3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSION	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/5
		Nº Rev 0	FECHA: Junio 2010
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO EN CORRIENTE ALTERNA PARA GUANTES DIELECTRICOS SEGÚN NORMA COVENIN 761-97		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Medidor de Relación de Transformación (TTR100 Megger)

5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de verificación de polaridad y relación de transformación

Conectar los cables de prueba H y X a sus respectivos conectores H y X del equipo TTR100, asegurándose de que los cables encajen totalmente en los conectores. Seguidamente conecte el conductor de tierra del conjunto de conductores de prueba H a una conexión de tierra de baja impedancia si dicha prueba se realiza en el laboratorio de maquinas se puede conectar, a la tierra de los banco de alimentación.

Se deben conectar las pinzas H1 y H2 de los conductores de prueba a los correspondientes terminales de alta tensión H1 y H2 del transformador bajo ensayo. Para realizar el ensayo a los devanados secundarios por separado, se conectan las pinzas X1, X2 y X3 de los conductores de prueba a los terminales de baja tensión del transformador, conectando la pinza X2 a los terminales del transformador X2 y X3 previamente cortocircuitados, y la pinza X3 del conductor de prueba al terminal X4 del transformador.

Cuando se realiza la prueba los devanados del secundario completo, se conecta la pinza X1 al terminal X1 del transformador y la pinza X2 al terminal X4 del transformador, con los terminales X2 y X3 del transformador cortocircuitados ya que la pinza X3 no se utiliza y se debe mantener alejada de tierra y de los otros terminales de prueba.

La polaridad del transformador indicada por el equipo es basada en la conexión de la figura 1 del anexo. Seguidamente se enciende el equipo y se selecciona la opción numero 1 la cual permite seleccionar el tipo de transformador que vamos a probar, se pulsa de nuevo la opción 1 el cual es transformador monofásico y luego se selecciona H-X2 el cual es un transformador monofásico con dos devanados secundarios.

Después de haber configurado el transformador bajo prueba se selecciona la opción de test rápido, seguidamente se despliega una pantalla con potencias y valores de tensiones se debe seleccionar el que se adecue con el transformador bajo prueba, luego de la selección se inicia la prueba. Al terminar de realizar la prueba se presenta la pantalla TEST RESULT1, que contiene la relación de espiras

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 5/5
		Nº Rev 0	FECHA: Junio 2010
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO EN CORRIENTE ALTERNA PARA GUANTES DIELECTRICOS SEGÚN NORMA COVENIN 761-97		

medidas, las relaciones por múltiples devanados y la polaridad y en la pantalla TEST RESULT2 que se presenta al pulsar la tecla de desplazamiento hacia la derecha contiene la información del número de prueba, desplazamiento de fase entre los devanados de alto y baja tensión, corriente de excitación sin carga, resistencia CC del devanado del lado de alta y del lado de baja.

Si el transformador a probar contiene cambiador de tomas, el método descrito debe realizarse para cada toma de manera individual.

6. REGISTROS

- Se registrara el resultado del procedimiento anterior.

7. ANEXOS

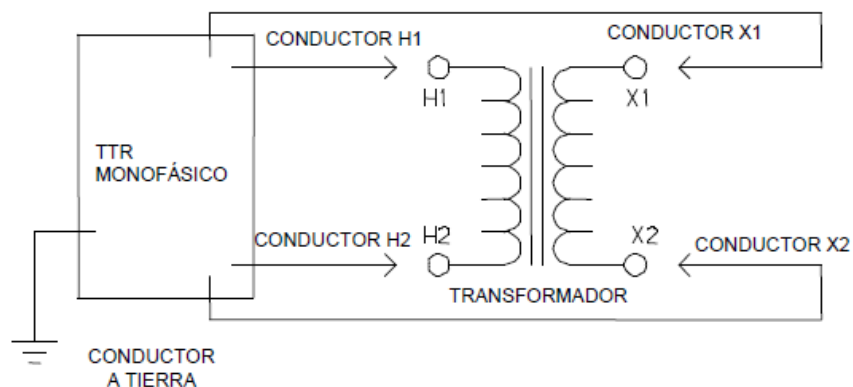


Figura 1 – Disposición del equipo para la prueba de verificación de polaridad y relación de transformación (COVENIN 761-97)


	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 1/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011

PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA
ENSAYO POR TENSIÓN INDUCIDA
SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)


<i>Elaborado por:</i> Equipo de Calidad FI-UCV	<i>Revisado por:</i> Responsable del Área	<i>Aprobado por:</i> Responsable de la Calidad
---	--	---

SGC de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UCV

COPIA CONTROLADA

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 2/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO POR TENSIÓN INDUCIDA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE.....	3
3. REFERENCIAS	3
4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO	4
5.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	4
5.2.1 PRUEBA DE TENSIÓN INDUCIDA	4
6. REGISTROS	5
7. ANEXOS.....	5

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 3/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO POR TENSIÓN INDUCIDA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

1. OBJETIVO

Este ensayo permite comprobar el aislamiento entre espiras de un mismo devanado, entre los devanados, entre estos y el tanque o cualquier otro elemento puesto a tierra, según norma COVENIN 3172-95.

2. ALCANCE

Este documento pertenece al Manual de operaciones de los laboratorios de Alta Tensión. El mismo contiene el procedimiento experimental para la prueba de tensión inducida. La responsabilidad de la aplicación de este procedimiento recae en el técnico de laboratorio.


3. REFERENCIAS

- NORMAS COVENIN. (3172-95)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A los efectos de facilitar la comprensión del presente Instructivo, a continuación se explica la terminología utilizada en él; así como las abreviaturas empleadas. No se persigue establecer definiciones que coincidan con las generalmente aceptadas, sino uniformar su uso e implantación del mismo

- KV: kilovoltios.
- mA: miliamperios.
- min: minutos.
- CC: Corriente Continua.
- CA: Corriente Alterna.
- KV/S: Kilovoltios/segundos.
- cm: centímetros.
- Mm: milímetros.
- h: horas.
- Hz: Frecuencia
- °C: grados centígrados.

	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO ALTA TENSIÓN	Código PT-ME-EIE-AT-02	PÁG: 4/5
		Nº Rev 0	FECHA: Octubre 2011
	PROCEDIMIENTO DE MÉTODO DE ENSAYO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA ENSAYO POR TENSIÓN INDUCIDA SEGÚN NORMA COVENIN (3172-95)		

5. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

5.1 Equipos y materiales

- Generador de 400HZ
- Interruptor AC
- Voltmetro
- Amperímetro

5.2 Descripción del procedimiento

5.2.1 Prueba de tensión inducida

Este ensayo debe ser realizado en laboratorio de maquinas utilizando como fuente de alimentación la salida de 440V y 400 Hz de los tableros ubicados en el laboratorio. El ensayo se realiza por el devanado de baja tensión, se debe unir los terminales X2 y X3 del transformador con un conductor calibre No. 6 AWG, y la tensión de alimentación se aplica entre los terminales X1 y X4, mientras que el devanado de alta tensión se mantendrá en abierto.

Se debe realizar las conexiones mostradas en la figura 1 del anexo, se aplica en los terminales del devanado secundario, una tensión igual a dos veces el valor de la tensión nominal del transformador a ensayar (ver tabla), a una frecuencia de 400Hz.

Se comienza la prueba con una tensión no mayor de 1/3 del valor del ensayo y se eleva la tensión a su valor de prueba (ver tabla 1 del anexo) tan rápido como sea posible, este valor de tensión se mantendrá por 16 s, luego se disminuye el nivel de tensión lo más rápido posible hasta 1/3 de la tensión de prueba.

Durante todo este proceso se debe estar observando la corriente la cual debe estar alrededor de un valor estable y menor a la de excitación, si durante el ensayo se produce una anomalía ya sea que la corriente tome un valor excesiva, haya presencia de humo, ruido audible o burbujeo en el aceite se debe descender rápidamente a cero la tensión de prueba y se dará por finalizado el ensayo.

Se considerara aprobado el ensayo si durante la prueba no se observa en el transformador ninguna de las anomalías descritas anteriormente. En caso de que sea necesario o se esté realizando este ensayo por segunda vez la tensión de ensayo debe ser el 75% del valor nominal del mismo.

Este ensayo solo puede ser realizado a transformadores con devanados de baja tensión máximo de 240V por limitaciones del laboratorio.

6. REGISTROS

- Se registran los resultados del procedimiento anterior.

7. ANEXOS

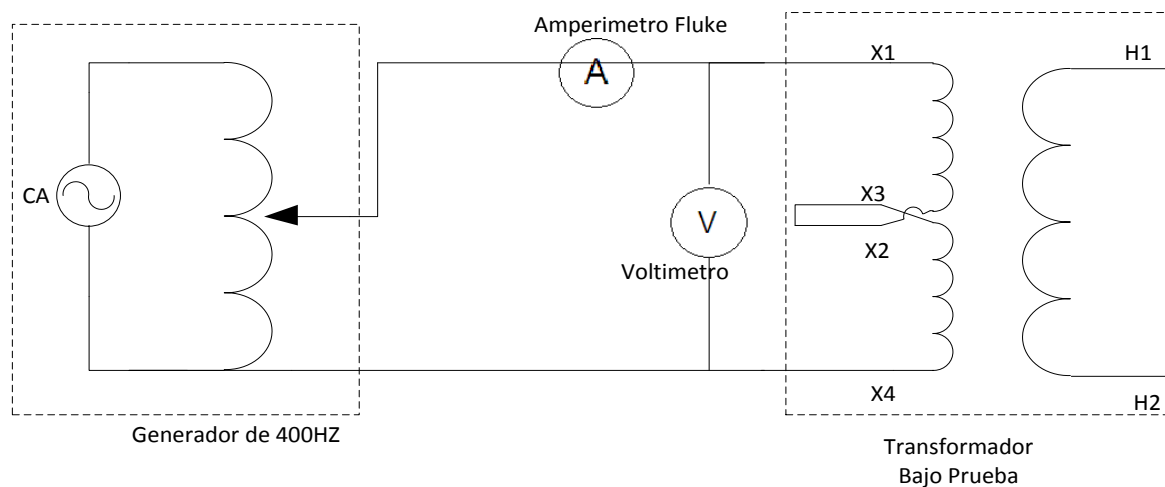


Figura 1 – Disposición de medición de tensión inducida para transformadores 12,47 KV: 120/ 240 V (COVENIN 3172-95).

Tabla 1 – Tiempo de duración de la prueba.

Transformador De prueba	Tensión de Ensayo (V)	Tiempo de Ensayo (te)
12.47 kV 120/240V	480	16 s
12.47 kV 240/480V	960	16 s