



**Guía de certificación de laboratorio de ensayos eléctricos bajo la norma NTC – ISO/IEC
17025:2017**

Kevin Andrés Flórez Díaz

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Eléctrico

Asesor

Nelson de Jesús Londoño Ospina, Doctor (PhD)

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Eléctrica
Medellín, Antioquia, Colombia
2022

Cita	Florez Diaz [1]
Referencia	[1] K. A. Florez Diaz, “Guía de certificación de laboratorio de ensayos eléctricos de la empresa Transformadores Maxwell S.A.S. bajo la norma NTC – ISO/IEC 17025:2017 ”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022.
Estilo IEEE (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Noe Alejandro Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	11
A. Objetivo general	11
B. Objetivos específicos	11
III. MARCO TEÓRICO	12
A. Medida de resistencia de los devanados.	14
B. Medida de la relación de transformación, verificación de polaridad y relación de fase .	15
C. Tensión y pérdidas de cortocircuito.	16
D. Corriente y perdida sin carga	17
E. Tensión aplicada	18
F. Tensión inducida.	18
G. Resistencia de aislamiento	19
IV. METODOLOGÍA	21
V. RESULTADOS	22
VII. CONCLUSIONES	25
REFERENCIAS	26
ANEXOS	27

LISTA DE TABLAS

TABLA I ENSAYOS A TRANSFORMADORES SEGÚN LA NTC 380:2018.	14
TABLA II FRECUENCIA DE PRUEBA TENSIÓN INDUCIDA.	19
TABLA III FRECUENCIA DE PRUEBA TENSIÓN INDUCIDA.	20
TABLA IV DATOS DEL TRANSFORMADOR BAJO PRUEBA.	25
TABLA V RESISTENCIA DEL TRANSFORMADOR.	25
TABLA VI RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.	27
TABLA VII RESULTADOS PRUEBA DE CORTO CIRCUITO.	27
TABLA VIII RESULTADOS PRUEBA CIRCUITO ABIERTO	28

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Núcleo transformador monofásico.	11
Fig. 2. Tipos de devanados en un transformador.....	12
Fig. 3. Metodo de los 2 wattímetros.....	13
Fig. 4. Metodo de los 3 wattímetros	13
Fig. 5. MicroOhm 10A.....	22
Fig. 6. TTR digital.....	23
Fig. 7. TeraOhm 5 kV.....	23
Fig. 8. Esquemático unifilar consola laboratorio.....	24
Fig. 9. Analizador de redes.....	24
Fig. 10. Resistencia devanado secundario	25
Fig. 11. Resistencia devanado primario.....	26
Fig. 12. Relación de transformación.....	26
Fig. 13. Resistencia de aislamiento.....	27

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

UdeA	Universidad de Antioquia
NTC	Norma Técnica Colombiana
ONAC	Organismo Nacional de Acreditación Colombiana
ISO	Organización Internacional de Normalización
IEC	Comisión de Electrotecnia Internacional

RESUMEN

En la práctica profesional que se ha desarrollado en la empresa TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S con domicilio en el municipio de Sabaneta en el departamento de Antioquia, en donde se observó la necesidad de realizar la acreditación del laboratorio de ensayos de transformadores eléctricos de tipo monofásico o trifásico sumergidos en líquido refrigerante o de tipo seco, para así tener un laboratorio de calidad ante los organismos de control colombianos y así, poder emitir certificados de conformidad de que dichos productos cumplan con la normativa técnica vigente.

Para esto se realizó un curso en donde se enfocó la norma de laboratorio como lo es NTC – ISO/IEC 17025:2017, se estudiaron las normas de pruebas de transformadores, se redactaron los documentos necesarios para certificar el laboratorio, donde también se realizó una inspección y análisis de los equipos del laboratorio, todo esto con la finalidad de ver si cumplen con los requisitos planteados en las normas técnicas.

Como resultado de la práctica profesional se ha desarrollado un manual de usuario del laboratorio de ensayos de TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S. donde se establecen los requisitos que se cumplen de la norma en cuestión. Las entidades acreditadas en Colombia juegan un papel muy importante a la hora de la puesta en circulación de un producto, pues con esto se asegura que el producto es de calidad y puede ser utilizado de una forma segura por los usuarios.

***Palabras clave* — Acreditación, laboratorio ensayos, transformadores eléctricos, NTC – ISO/IEC 17025:2017, ensayos de rutina.**

ABSTRACT

In the professional practice that has been developed in the company TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S. which has its address in the municipality of Sabaneta in the department of Antioquia, where the need to carry out the accreditation of the testing laboratory for single-phase or three-phase electrical transformers immersed in liquid refrigerant or dry type was observed, in order to have a quality laboratory before the Colombian control agencies, to be able to issue certificates of conformity that said products comply with current technical regulations.

For this, a course was carried out where the laboratory standard such as NTC - ISO / IEC 17025: 2017 was focused, the transformer testing standards were studied, the necessary documents were drafted to certify the laboratory, where a test was also carried out. inspection and analysis of the laboratory equipment, all this in order to see if they meet the requirements set forth in the technical standards.

As a result of professional practice, a user manual has been developed for the testing laboratory of TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S. where the requirements that are fulfilled by the standard in question are established. The accredited entities in Colombia play a very important role when putting a product into circulation, as this ensures that the product is of quality and can be used safely by users.

Keywords — Accreditation, testing laboratory, electrical transformers, NTC – ISO/IEC 17025:2017, routine tests.

I. INTRODUCCIÓN

Los transformadores eléctricos, son unas de las maquinas estáticas más importante en la actualidad, pues en los sistemas de distribución de energía eléctrica juegan un papel fundamental a la hora de transformar los niveles de tensión y corriente, tanto para su transporte como para su distribución; por tal motivo se ha buscado hacer que este dispositivo sea más eficiente desde el diseño; en el proceso de fabricación estos son ensayados con el fin de saber si cumple con los valores máximos que se han planteado en el diseño.

Por tal motivo al finalizar su fabricación o cuando son reparados, a los transformadores eléctricos se les realiza una serie de ensayos eléctricos con el objetivo de ver su eficiencia y sus características físicas, pues así se tendrá una visión general del estado del equipo. Para ello se necesita que los ensayos sean realizados en un espacio donde se demuestre que sus resultados son confiables y veraces.

Esta serie de ensayos eléctricos se realizan bajo ciertos parámetros establecidos en las normas técnicas de colombianas (NTC), en la NTC 2743:1997 “CAMPOS DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES, REQUISITOS MINIMOS Y CLASIFICACION” se establecen los requisitos que se deben cumplir dentro de un laboratorio de ensayos eléctricos a transformadores de distribución y de potencia. Para demostrar que un laboratorio es competente dentro de las actividades que realiza se tiene la NTC 17025:2017 “REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN”, logrando demostrar el cumplimiento de los anteriores requisitos se podrá realizar con éxito el proceso de acreditación de un laboratorio.

En TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S. se encontró la necesidad de acreditar su laboratorio interno ante la ONAC mediante la norma NTC 17025:2017, sin embargo, el laboratorio de ensayos eléctricos que tiene la empresa cumple con los requisitos establecidos en la NTC 2743:1997, demostrando que los ensayos que realiza internamente a sus productos son confiables, veraces y reproducibles bajo las mismas circunstancias que establece la normativa. Teniendo claro esto se desarrolló un estudio de la norma técnica colombiana e internacional que son necesarias para realizar ensayos a transformadores eléctricos, para así lograr dar

cumplimiento a los lineamientos de la NTC 17025:2017, también se realizó la elaboración de varios documentos, con el fin buscar la acreditación por una entidad de calidad.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Crear una guía para certificar un laboratorio bajo la norma NTC –ISO/IEC 17025:2017 de la empresa TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S. en ensayo para transformadores eléctricos monofásicos y trifásicos sumergidos en líquido refrigerante o tipo secos.

B. Objetivos específicos

Realizar un curso de formación sobre la norma NTC – ISO/IEC 17025:2017, con el fin de tener la información necesaria acerca de los propósitos y alcances establecidos por la norma en la cual se trabajará.

Realizar una revisión de la normatividad que se tiene para ensayos de transformadores eléctricos monofásicos y trifásicos sumergidos en líquido refrigerante o tipo secos, con el fin de saber los requerimientos necesarios para realizar la documentación de dichos ensayos.

Realizar una revisión de los equipos de pruebas que hay en el laboratorio y así poder hacer un análisis del acondicionamiento del laboratorio de ensayos de la empresa.

Documentar los procedimientos que son llevados a cabo en el laboratorio de ensayos de la empresa Transformadores Maxwell S.A.S. para así, posteriormente, realizar una auditoria interna al proceso del laboratorio y pedir la respectiva certificación ante el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).

III. MARCO TEÓRICO

Los transformadores eléctricos son máquinas estáticas (no tienen partes rodantes) de corriente alterna más importantes en los sistemas de energía eléctrica, estos están compuestos principalmente por dos devanados encargados de transformar los niveles de tensión y corriente; en el presente documento se tendrá la siguiente convención: el devanado primario será aquel que se conecta a mayor tensión y el devanado secundario será el que está conectado a menor tensión. A continuación, se presenta una explicación del principio de funcionamiento de los transformadores eléctricos y una explicación de las pruebas que se realizan a los transformadores antes de que sean puestos en servicio.

Los transformadores eléctricos están compuestos por dos circuitos, uno es un circuito magnético compuesto por el núcleo del transformador por donde circulará el flujo magnético a través del núcleo, que por lo general está elaborado con chapas de acero al silicio laminado en frío (grano orientado), el núcleo se podrá configurar de dos formas tipo acorazado como se aprecia en la Figura 1. a) o tipo culata como se aprecia en la Figura 1. b) [1].

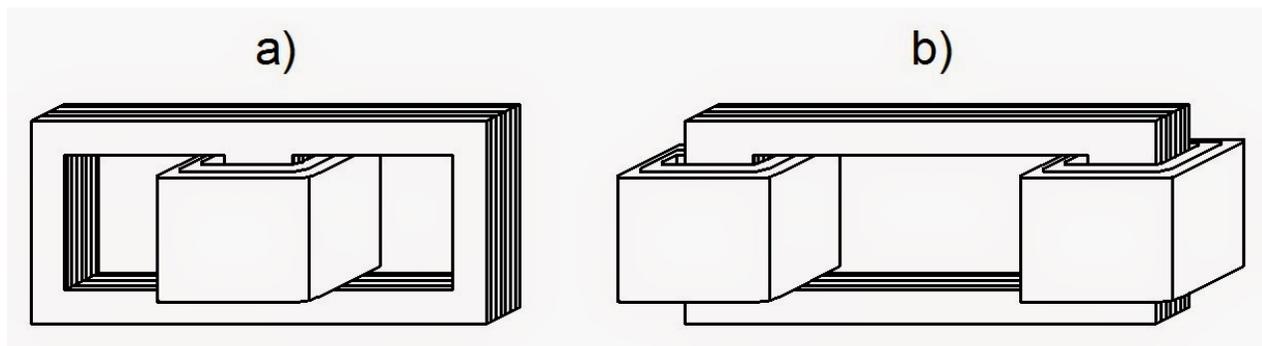


Fig. 1. Núcleo transformador monofásico.

Nota. Fuente Maquinas eléctricas – Jesús Fraile Mora

El segundo circuito está conformado por los devanados que podrán ser elaborados por un conductor de cobre o de aluminio con un diámetro de hasta 4 mm, también puede ser elaborado con secciones rectangulares las cuales son elaboradas con platina de cobre. El devanado en un transformador eléctrico puede ser configurado de una forma concéntrica donde todo el devanado irá junto a la columna o de manera alternada, en la forma alternada del devanado este irá

intercalándose entre el primario y secundario del transformador, en la Figura 2. se presenta este tipo de devanados [1].

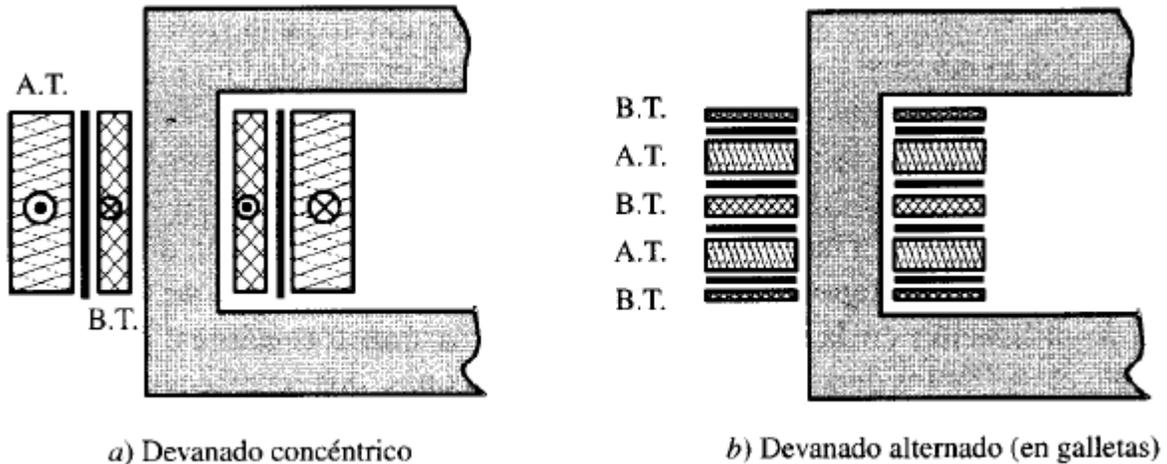


Fig. 2. Tipos de devanados en un transformador.

Nota. Fuente Maquinas eléctricas – Jesús Fraile Mora

El transformador eléctrico funciona bajo el principio de inducción electromagnética, en el cual se establece que, al aplicar una fuerza electromotriz en el devanado primario, producirá un flujo magnético en el núcleo de hierro, este flujo pasará a través del segundo devanado induciendo una fuerza electromotriz en sentido opuesto en el devanado secundario.

Para medir la potencia en transformadores es comúnmente utilizado el método de los dos wattímetros, con el cual se pueden realizar medidas de potencia monofásica y trifásica, el método consiste en conectar en dos de las fases del sistema un wattímetro, ver Figura 3, para que este método muestre un resultado verdadero se debe tener presente que la suma de las corrientes de línea debe ser cero, esto se cumple cuando el neutro de la carga esta desconectado del neutro de suministro; con este método se obtendrá un valor de potencia promedio del equipo bajo prueba [2].

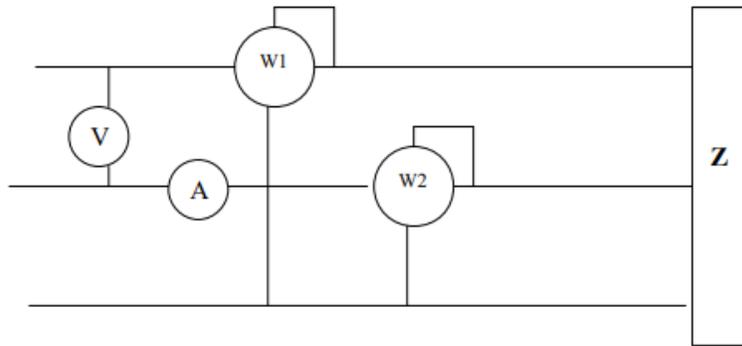


Fig. 3. Método de los 2 wattímetros.

Nota. Medida de potencia en CA – UTN-FRM

Suele utilizarse de igual forma el método de los tres wattímetros, ver Figura 4, el cual consiste en conectar un wattímetro a cada una de las fases del sistema, con el fin de obtener la potencia que se consume en cada una de las líneas [2].

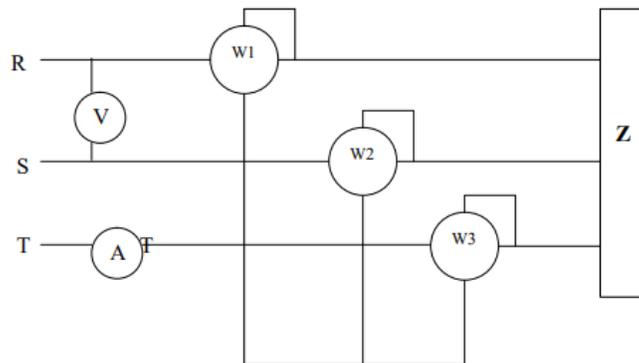


Fig. 4. Método de los 3 wattímetros.

Nota. Medida de potencia en CA – UTN-FRM

Los transformadores eléctricos, antes de ponerse en servicio, deben cumplir con ciertas pruebas eléctricas establecidas en las NTC, con el fin de garantizar su confiabilidad, para esto se han establecido dos tipos de pruebas que se les realizan. Pruebas de rutina, son aquellas que se le deben realizar y cumplir todos los transformadores; y las pruebas tipo, son aquellas que el cliente le solicita a la empresa o a un laboratorio certificado que realice a un transformador.

En la NTC 380:2018 se establece las pruebas de rutina y pruebas tipo que se le realizan a los transformadores eléctricos, en la TABLA I se presentan los ensayos de rutina los cuales serán motivo de acreditación en TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S.

TABLA I
ENSAYOS A TRANSFORMADORES SEGÚN LA NTC 380:2018.

Ensayo	Norma Técnica Colombiana
Medición de resistencia de los devanados	NTC 375:2017
Medición de la relación de transformación, verificación de polaridad y relación de fase	NTC 471:2017
Tensión y pérdidas por cortocircuito	NTC 1005:2019
Corriente y pérdidas sin carga	NTC 10031:2019
Tensión aplicada	NTC 837:2019
Tensión inducida	NTC 837:2019
Resistencia de aislamiento	NTC 837:2019

A continuación, se explicarán las características que cada ensayo requiere y lo que la normativa recomienda sobre el ensayo en cuestión.

A. Medida de resistencia de los devanados [3].

Cuando se hace mención a la resistencia de los devanados en un transformador eléctrico, se hace referencia a la resistencia que se presenta en el material, esta dependerá del material con el cual este construidos los devanados. Esta prueba es importante pues se tendrá certeza de que el devanado del transformador no se encuentra abierto en ninguna parte, con esto también se evalúa de que no haya grandes diferencias entre devanados y también se puede calcular las pérdidas que presentará el devanado por medio de la Ecuación 1.

$$P_{cu} = R * I^2 \quad (1)$$

Para realizar el ensayo de resistencia en los devanados se puede hacer mediante dos métodos, el método de la caída de tensión en el devanado o a través de métodos como los puentes de Wheatstone, la norma actual no especifica valores de conformidad de resistencia del devanado en transformadores, sin embargo, los valores de resistencia en los devanados serán pequeños,

para el devanado secundario se consideran resistencias del orden de mili Ohm ($m\Omega$), para el devanado primario se consideran resistencias del orden de Ohm (Ω).

Cuando se realizan pruebas de resistencia de aislamiento se deben considerar efectos como la temperatura, esta debe ser corregida a un valor de $20\text{ }^\circ\text{C}$, para esto se realiza mediante la Ecuación 2.

$$R_{TS} = R_m * \frac{T_k + T_R}{T_k + T_m} \quad (2)$$

Donde:

- T_k es una constante la cual será $234.5\text{ }^\circ\text{C}$ para el cobre y $255\text{ }^\circ\text{C}$ para el aluminio.
- T_R es la temperatura de referencia en este caso serán $20\text{ }^\circ\text{C}$.
- T_m es la temperatura bajo la cual se realizó la prueba.
- R_{TS} es la resistencia corregida al valor de $20\text{ }^\circ\text{C}$.
- R_m es el valor de resistencia medido durante la prueba.

B. Medida de la relación de transformación, verificación de polaridad y relación de fase [4].

La prueba de relación de transformación, tiene como objetivo encontrar la relación entre el número de vueltas de las espiras que hay en el devanado primario y el devanado secundario; esto dará indicio si se podrá realizar la transformación de tensión deseada a la hora de conectar el transformador.

En la Ecuación 3. y Ecuación 4. se presenta la relación de transformación para transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente, en un transformador trifásico conectado en Δ se tendrá el voltaje nominal de fase, por el contrario en un transformador trifásico conectado en Y se tendrá el voltaje nominal dividido raíz de 3.

$$RT = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} \quad (3)$$

$$RT = \frac{V_{1n}}{\left(\frac{V_{1n}}{\sqrt{3}}\right)} = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} * \sqrt{3} \quad (4)$$

En transformadores trifásicos al de realizar la prueba de relación de transformación se debe tener en cuenta el modo de conexión del transformador, para ello, se debe de testear el inicio y el final de la bobina así obtener el resultado correcto. La verificación de polaridad arroja información al conectar los transformadores en paralelo o conectarlos como autotransformadores.

Si el transformador presenta un cambiador de derivaciones se debe de medir la relación de transformación en cada uno de sus taps teniendo en cuenta el criterio que por cada derivación se incrementara el $\pm 2,5\%$. Con esta prueba, también se puede intuir que, hay una falla en los devanados; sin embargo, no se puede localizar la falla en cuestión.

C. Tensión y pérdidas de cortocircuito [5].

Las pérdidas eléctricas es uno de los fenómenos que más se deben tratar de controlar; los transformadores eléctricos no son la excepción. Cuando se realizan pruebas de corto circuito se están evaluando las pérdidas que son influenciadas por el devanado, por esta razón es comúnmente denominada las pérdidas en el cobre.

Esta prueba básicamente consiste en poner en corto circuito uno de los devanados del transformador, la NTC recomienda que el devanado que sea puesto en corto circuito sea el de menor tensión. En el otro devanado se conectará la fuente de alimentación, una vez se ha realizado la conexión adecuada se irá incrementando la tensión levemente hasta que pare por el devanado corriente nominal. Una vez alcanzada la corriente nominal se podrá realizar la medida de las pérdidas del transformador por medio del método de los dos o tres watímetros, la tensión a la cual se alcanza la corriente nominal se denomina tensión de cortocircuito.

Los criterios de aceptación de pérdidas para transformadores sumergidos en líquidos refrigerantes monofásicos se establecen en la NTC 818:2019 [6], para transformadores sumergidos en líquidos refrigerantes trifásicos se establecen en la NTC 819:2019 [7], para transformadores auto refrigerados tipo secos se establecen en la NTC 3445:2019 [8].

D. Corriente y perdida sin carga [9].

Las pérdidas sin carga que se realiza a transformadores eléctricos sirve para obtener las pérdidas que se están obteniendo a través de la corriente de excitación del transformador, estas pérdidas son menores que cuando se tiene conectado el transformador bajo carga. Cuando se presentan altas corrientes de excitación, son indicios de fallas en el transformador.

La prueba de corriente y pérdidas sin carga consiste en dejar uno de los devanados del transformador en vacío (sin conectar a ninguna carga) y por el devanado que quede disponible conectar la alimentación del transformador, la NTC recomienda que se alimente el transformador por el lado de menor tensión, tomando las precauciones adecuadas, pues en el otro lado del transformador también se presentara la tensión nominal, a pesar de estar sin carga.

Una vez conectado el transformador para realizar esta prueba, se elevará la tensión a la tensión de manera gradual hasta llegar a la tensión nominal del devanado conectado, con el fin de obtener la corriente de magnetización sobre el núcleo del transformador. Una vez alcanzada la tensión nominal se podrá realizar la medida de las pérdidas del transformador por medio del método de los dos o tres watímetros, la corriente que se mide cuando se alcanza la tensión nominal se denomina corriente de magnetización.

Los criterios de aceptación de pérdidas para transformadores sumergidos en líquidos refrigerantes monofásicos se establecen en la NTC 818:2019, para transformadores sumergidos en líquidos refrigerantes trifásicos se establecen en la NTC 819:2019, para transformadores auto refrigerados tipo secos se establecen en la NTC 3445:2019.

E. Tensión aplicada [10].

La prueba de tensión aplicada se realiza con el objetivo de inspeccionar el aislamiento del devanado primario y del devanado secundario del transformador con respecto a tierra. Para realizar esta prueba por el devanado primario se realizará de la siguiente forma, el devanado primario del transformador se coloca en corto circuito, de igual manera el devanado secundario se coloca en corto circuito junto con la tierra del transformador; la prueba será realizada con una alimentación monofásica por lo tanto se inyecta una tensión monofásica por el devanado primario y el devanado secundario se conecta a una tierra del transformador que inyecta la tensión.

Este ensayo se realizará incrementando lentamente la tensión hasta llegar a lo establecido en la norma NTC 836:2019, la duración de la prueba dependerá del tipo de transformador que se esté probando, es decir si es un transformador sumergido en líquido refrigerante la prueba durara 60 segundos, por lo contrario, si es un transformador auto refrigerado de tipo seco la prueba durará 15 segundos; una vez finalizada la prueba se deberá reducir la tensión lentamente en un tiempo no superior a los 5 segundos.

Cuando se realiza el ensayo de tensión aplicada en transformadores, se estipula que el ensayo falla cuando:

- La corriente se incrementa de una forma brusca y la tensión disminuye en misma proporción.
- La corriente puede empezar a oscilar de igual forma que la tensión que está siendo inyectada al transformador.
- Se escuchan ruidos que no son los normales cuando se tiene un transformador energizado.
- Se presentan arcos eléctricos entre partes del transformador.

Cuando esto sucede se suspende la prueba ya que el transformador no cumple bajo la prueba de tensión aplicada.

F. Tensión inducida [10].

La prueba de tensión inducida en transformadores eléctricos consiste en probar el aislamiento entre los devanados, para realizar la prueba se conectará a uno de los devanados del transformador un grupo motor generador el cual sea capaz de incrementar la tensión y la frecuencia correspondiente para realizar la prueba. Mientras el otro devanado se deja abierto.

La norma mencionada anteriormente establece que esta prueba se debe realizar incrementando la tensión de la prueba hasta alcanzar el valor máximo en un tiempo no mayor a 15 segundos, la tensión se sostendrá durante un tiempo especificado dependiendo de la frecuencia, estos tiempos se pueden apreciar en la TABLA II. Si el aislamiento de los devanados del transformador es uniforme la tensión será el doble de la aplicada al transformador.

TABLA II
FRECUENCIA DE PRUEBA TENSIÓN INDUCIDA.

Frecuencia (Hz)	Duración de ensayo (s)
120	60
180	40
240	30
360	20
400	18

Cuando se realiza el ensayo de tensión inducida en transformadores, se estipula que el ensayo falla cuando:

- La corriente se incrementa de una forma brusca y la tensión disminuye en misma proporción.
- La corriente puede empezar a oscilar de igual forma que la tensión que está siendo inyectada al transformador.
- Se escuchan ruidos que no son los normales cuando se tiene un transformador energizado.
- Cuando se presentan burbujas y humo en el transformador.

Cuando esto sucede se suspende la prueba ya que el transformador no cumple bajo la prueba de tensión inducida.

G. Resistencia de aislamiento [10].

La prueba de resistencia de aislamiento en transformadores eléctricos consiste en probar el aislamiento que se presenta entre los devanados primario y secundario, primario y tierra, secundario y tierra del transformador.

Una vez realizadas las conexiones bajo la cual se va a realizar la prueba y se alimenta el equipo siguiendo lo establecido en la NTC 837:2019, para determinar los resultados óptimos de la prueba se sigue lo establecido la NTC 2743:1997 [10] donde se establecen los valores mínimos de aceptación cuando se realizan pruebas de aislamiento, en la TABLA III se presentan dichos valores.

TABLA III
FRECUENCIA DE PRUEBA TENSIÓN INDUCIDA.

Tensión serie (kV)	Voltaje aplicado (kV)	Valor mínimo (M Ω)
$U \leq 15$	≥ 1	1000
$15 < U \leq 66$	≥ 2	5000
$U > 66$	≥ 5	20000

IV. METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo de esta práctica profesional, la cual consistió en la documentación para la certificación del laboratorio de ensayos a transformadores eléctricos bajo la norma NTC – ISO/IEC 17025:2017, se describe a continuación.

- Desarrollo de un curso con el icontec el cual se llama “PROGRAMA DE FORMACIÓN DE AUDITORES INTERNOS EN LA ISO IEC 17025:2017”, para tener una mayor claridad con respecto a la norma con la cual se iba a trabajar.
- Estudio de las normas técnicas colombianas para realizar pruebas a transformadores eléctricos, con el fin de tener claro conocimiento de los ensayos que se realizarían en el laboratorio.
- Mirar, probar y realizar algunas pruebas de rutina con los equipos que se tienen en la empresa, y observar los equipos que hacen falta para llevar a cabo todas las pruebas.
- Documentación de los requisitos necesarios según lo establecido en la norma NTC – ISO/IEC 17025:2017, teniendo en cuenta también la normativa vigente en las pruebas de transformadores eléctricos.
- Rediseño de la consola del laboratorio de TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S. con la cual se realizan los ensayos de cortocircuito, circuito abierto, tensión aplicada y tensión inducida.

En la metodología se establecen los enfoques que se emplearon para desarrollar el trabajo (cualitativo, cuantitativo o mixto), las técnicas e instrumentos y fases de ejecución de la propuesta de prácticas.

V. RESULTADOS

En este proceso de prácticas académicas se realizó un análisis de los requisitos establecido en la norma NTC – ISO/IEC 17025:2017, esto con el fin de lograr la acreditación del laboratorio bajo las pruebas eléctricas que se han mencionado anteriormente. Para esto se realizó la guía donde se plantea el sistema de gestión y los manuales según lo establecido en la norma, adicionalmente se realiza un análisis de los equipos con los cuales cuenta el laboratorio para poder dar cumplimiento a los requisitos establecidos en la norma.

Uno de los requisitos en la norma técnica especifica los equipos de utilización cuando se van realizar las pruebas de los transformadores y del campo de pruebas. Es por esta razón que se analizó los equipos con los cuales se realizan las pruebas y lo que establece la NTC 2743:1997, en donde se establecen la incertidumbre que deben de presentar los equipos de medida, a continuación, se realizara una descripción de los equipos que se utilizan bajo los criterios de la norma técnica para realizar las pruebas anterior mente mencionadas.

- **Resistencia de devanados.** En el laboratorio se ha establecido un equipo digital, el cual realiza la corrección de temperatura adecuada para de realizar la prueba, es MicroOhm 10 A de la marca METREL; el equipo tiene una amplia resolución para realizar la medida de resistencia de transformadores tanto monofásicos como trifásicos, ver Figura 5.



Fig. 5. MicroOhm 10A.

- **Relación de transformación.** Para realizar la prueba de relación de transformación se cuenta con varios equipos análogos y digitales, sin embargo, al de empezar con los tramites se tomará como equipo principal el equipo digital SINGLE PHASE TRANSFORMER TURNS-RATIO METERS modelo ATRT - 01 S2 de la marca VANGUARD INSTRUMENTS COMPANY pues es un instrumento calibrado y cumple con lo establecido en la normativa, ver Figura 6.



Fig. 6. TTR digital.

- **Resistencia de aislamiento.** Para realizar la medida de resistencia de aislamiento a transformadores monofásicos y trifásicos se tiene el instrumento digital TeraOhm 5 kV de la marca METREL, con el cual se pueden realizar las pruebas establecidas en la normativa, este equipo maneja los rangos de tensión que se establecen en la normativa vigente, ver Figura 7.



Fig. 7. TeraOhm 5 kV.

- **Pruebas de consola del laboratorio.** Para realizar las pruebas de circuito abierto, corto circuito, tensión aplicada, tensión inducida, se presentará el esquema unifilar de cómo es la consola ver Figura 8., adicionalmente se presenta el analizador de redes el cual se adquirió para alcanzar la incertidumbre que se plantea en la norma técnica ver Figura 9.

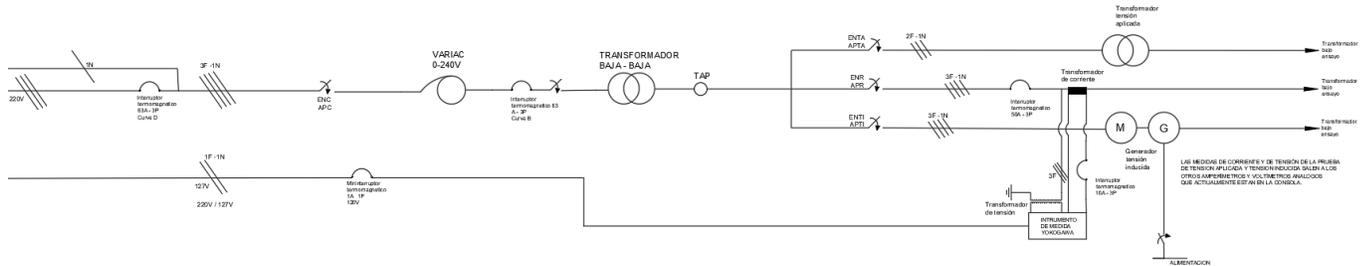


Fig. 8. Esquemático unifilar consola laboratorio.



Fig. 9. Analizador de redes.

Para el presente trabajo se presentarán las pruebas que se le realizaron a un transformador en las instalaciones de la empresa, donde se realizara la comparación con la normativa técnica actual, las pruebas realizadas son siguiendo lo establecido en el marco teórico.

TABLA IV
DATOS DEL TRANSFORMADOR BAJO PRUEBA.

Potencia	150 kVA
Tensión primaria	13200 V
Tensión secundaria	220 V
Corriente primaria	6,56 A
Corriente secundaria	393,65 A
Conexión	Dyn5

- *Medida de resistencia.*

TABLA V
RESISTENCIA DEL TRANSFORMADOR

FASE PRIMARIAS	RESISTENCIA (mΩ)	FASES SECUNDARIAS	RESISTENCIA (mΩ)
U	665,6	X	0,406
V	665,3	Y	0,447
W	667,6	Z	0,435
PROMEDIO	666.1	PROMEDIO	0,429

Se evidencia tal como se mencionó en el marco teórico la resistencia de los devanados del transformador son del orden de mili Ohm, esto debido a los resultados arrojados por el equipo tal como se muestra en la Figura 10 y Figura 11.



Fig. 10. Resistencia devanado secundario.



Fig. 11. Resistencia devanado primario.

- *Relación de transformación.*

Para el transformador al que se le realizaron pruebas la relación de transformación debe dar aproximadamente 103,923; la normativa establece que se acepta una tolerancia del $\pm 0,5\%$ del resultado de la relación, por lo tanto, el valor máximo permitido será de 104,442 y el valor mínimo permitido será de 103,403. Para el transformador planteado la relación de transformación es de 104,15 en la Figura 12 se presenta los resultados obtenidos de la prueba de relación de transformación.



Fig. 12. Relación de transformación.

- *Resistencia de aislamiento.*

Para la medida de resistencia de aislamiento y teniendo en cuenta lo establecido en la TABLA III. En la Figura 13 se presentan los resultados obtenidos con el instrumento de medida.

TABLA VI
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

PRUEBA	TENSIÓN PRUEBA	RESISTENCIA (MΩ)
Devanado primario contra devanado secundario	5000 V	4650
Devanado primario contra tierra	5000 V	10400

Devanado secundario contra tierra	1000 V	3480
-----------------------------------	--------	------



Fig. 13. Resistencia de aislamiento.

- *Prueba de corto circuito y prueba de circuito abierto.*

En la TABLA VII y TABLA VIII se presenta los resultados despues de realizar la prueba de corto circuito y de circuito abierto, tambien se presenta la comparación con la norma respectiva, se logra evidenciar que el transformador cumple los parametros de la norma tecnica.

TABLA VII
RESULTADOS PRUEBA CORTO CIRCUITO

Corriente	6,56 A
Tensión	396 V
Perdidas	1378,62 W
Perdidas norma	1960 W

TABLA VIII
RESULTADOS PRUEBA CIRCUITO ABIERTO

Tensión	220 V
Corriente	1,40 A
Perdidas	439,6 W
Perdidas norma	450 W

Las pruebas realizadas a un transformador para ver el funcionamiento del laboratorio de ensayos, se puede observar que el equipo cumple con todos los requisitos de las pruebas que se pueden realizar en el laboratorio de ensayos.

Adicionalmente en la empresa TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S. se realizó la documentación necesaria que exige la norma NTC –ISO /IEC 17025:2017 , donde se establecen políticas para la imparcialidad y confidencialidad a la hora de realizar los ensayos de laboratorio, también, se establecen los siguientes requisitos necesarios para la acreditación del laboratorio:

- Requisitos para el personal que trabaje en el laboratorio de la empresa.
- Requisitos necesarios para la instalaciones y las condiciones ambientales necesarias que se deben tener en el laboratorio, teniendo en cuenta la normativa de los ensayos a realizar.
- Requisitos necesarios para los equipos del laboratorio, equipos los cuales se mencionaron anteriormente.
- Requisitos de trazabilidad metrológica, donde se tienen en cuenta los intervalos de calibración de los equipos de laboratorio.
- Procedimientos en cuanto a la revisión de solicitudes de contratos, procedimientos de aplicación de pruebas de laboratorio alcance de acreditación.
- Sistema de gestión de calidad del laboratorio, teniendo en cuenta lo establecido en la NTC 17025:2017.

VII. CONCLUSIONES

En este proceso inicial de acreditación del laboratorio de ensayos eléctricos de transformadores, se realizó un importante estudio de la normativa y estudio de los requisitos necesarios que se tienen para un laboratorio de ensayos, estos estudios son fundamentales, puesto que la empresa puede evaluar los cambios necesarios e inversiones para cumplir con el objetivo.

La normativa necesaria para la acreditación del laboratorio como lo es NTC – ISO/IEC 17025:2017, busca obtener laboratorios con los más altos estándares de calidad, donde los laboratorios puedan operar de formas competentes e imparciales, para así no sacar ventaja de ningún tipo al prestar un servicio.

Los equipos que se deben tener en un laboratorio que se acreditara bajo la norma NTC – ISO/IEC 17025:2017, deben estar con registros de calibración al día y los periodos con los cuales se les realizara la calibración a los equipos; todo esto con el fin de obtener resultados confiables.

El proceso que toma realizar una acreditación de un laboratorio es bastante extenso, por tal razón en el periodo de la práctica se empezó el proceso de la base documental y el análisis de los equipos que se cuentan en el laboratorio de ensayos eléctricos, para continuar con los demás requisitos que conlleven a la acreditación de un laboratorio.

REFERENCIAS

- [1] J. F. Mora, “Transformadores,” en *Máquinas eléctricas*, J. F. Mora, Eds. Mc GRAW-HILL, 2003, pp. 161–257. "
- [2] V. M. Sánchez, A. Salva, “Medición de potencia en sistemas eléctricos”.
- [3] Norma Técnica Colombiana [NTC], *NTC 375:2017 transformadores. Medida de la resistencia de los devanados*. ICONTEC, 2017.
- [4] Norma Técnica Colombiana [NTC], *NTC 471:2017 transformadores. Relación de transformación, polaridad y relación de fase*. ICONTEC, 2017.
- [5] Norma Técnica Colombiana [NTC], *NTC 1005:2019 transformadores. Determinación de la tensión de cortocircuito y pérdidas con carga*. ICONTEC, 2019.
- [6] Norma Técnica Colombiana [NTC], *NTC 818:2019 electrotecnia. Transformadores monofásicos autorrefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito*. ICONTEC, 2019.
- [7] Norma Técnica Colombiana [NTC], *NTC 819:2019 Electrotecnia. transformadores trifásicos autorrefrigerados y sumergidos en líquido. corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito*. ICONTEC, 2019.
- [8] Norma Técnica Colombiana [NTC], *NTC 3445:2019 Electrotecnia. Transformadores trifásicos autorrefrigerados, tipo seco abiertos y encapsulados en resina. corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito*. ICONTEC, 2019.
- [9] Norma Técnica Colombiana [NTC], *NTC 1031:2019 transformadores. Ensayos para la determinación de pérdidas y corriente sin carga*. ICONTEC, 2019.
- [10] Norma Técnica Colombiana [NTC], *NTC 837:2019 Transformadores. Ensayo del dieléctrico*. ICONTEC, 2019.
- [11] Norma Técnica Colombiana [NTC], *NTC 2743:1997 electrotecnia. Campos de prueba para transformadores. Requisitos mínimos y clasificación*. ICONTEC, 2019.