



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION  
INGENIERIA ELECTRICA  
MANAGUA, NICARAGUA

---

Mon  
621.314  
M828  
2013

**REFACCIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES EN  
INSTITUTO POLITECNICO LA SALLE**

Autor:

Br. Marcia Massiel Morales Lainez  
2008-24234

Tutor:

Ing. Ramiro Arcia.  
Prof. Titular Dpto. Eléctrica  
FEC

## DEDICATORIA

Dedico esta monografía a todos mis seres queridos que me han apoyado en el transcurso de mis estudios, en especial a mi madre Soraida B. Lainez Rubí, quien siempre me motivo a seguir adelante y gracias a ella he llegado hasta esta etapa de mi vida.

A mi abuelita Paula Rubí Trujillo que en paz descansa, quien fue una mujer trabajadora, de carácter fuerte, emprendedora, por ende un gran ejemplo a seguir.

A mis amigos quienes siempre estuvieron a mi lado, apoyándonos mutuamente en los proyectos y tareas de la universidad.

- *Marcia Massiel Morales Lainez*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por ser el guía y la luz de mi vida.

A mis padres quienes con su sacrificio, apoyo y educación me han inculcado valores tanto cívicos como morales y me han enseñado lo valiosa que es la vida.

A mis abuelitos paternos y maternos, que aunque algunos ya no se encuentran con nosotros siempre me brindaron su ayuda y me enseñaron a valorar a las personas sin importar su estatus social, etnia o religión.

A mi única hermana Kenia D. Morales Lainez, que siempre ha estado conmigo, aconsejándome y queriéndome tal y como soy.

A mi tío Denis F. Lainez Rubí por ser un padre más para mí.

Al ing. Ramiro Arcía por ser el guía de este trabajo investigativo.

A los colaboradores:

Lic. Hugo José Mora Vargas - Gerente COPERMA S.A. y Taller Eléctrico industrial ubicado en el Instituto politécnico la Salle, León.

Don Enrique- Jefe del Taller Eléctrico y trabajadores.

A mis amigos.

- *Marcia Massiel Morales Lainez*

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	6
OBJETIVOS .....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	7
ANTECEDENTES.....	8
ACADEMICO .....	8
LOCAL .....	8
REGIONAL.....	9
JUSTIFICACION .....	10
DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	10
DELIMITACION DEL TEMA .....	10
PRINCIPALES BENEFICIOS.....	10
CAPITULO I: .....	12
PARAMETROS IMPORTANTES Y EQUIPOS NORMALIZADOS PARA PRUEBAS REALIZADAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION MONOFASICOS... 12	
HISTORIA DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN, IMPORTANCIA Y CAUSAS POR LA CUAL SE HA OPTADO POR LA REFACCIÓN .....	13
PARÁMETROS IMPORTANTES EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS.....	16
EQUIPOS NORMALIZADOS PARA LAS PRUEBAS REALIZADAS A TRANSFORMADORES .....	19
EQUIPOS PARA LAS PRUEBAS AL ACEITE .....	26
CAPITULO II: .....	35
PRUEBAS REALIZADAS A TRANSFORMADORES, ANALISIS DE FALLA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y MATERIALES REQUERIDOS PARA LA REFACCION.....	35
PRUEBAS GENERALES REALIZADAS A TRANSFORMADORES .....	36
ANALISIS DE FALLA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION .....	49
MATERIALES REQUERIDOS PARA LA REFACCION DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION .....	59
CAPITULO III: .....	69

ANALISIS DEL REFACCIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES DE  
DISTRIBUCION MONOFASICO EN INSTITUTO POLITECNICO LA SALLE ..... 69

MATERIALES UTILIZADOS EN TALLER INDUSTRIAL DEL INSTITUTO  
POLITECNICO LA SALLE (IPLS)..... 75

EQUIPOS PARA REALIZAR PRUEBAS EN TRANSFORMADORES Y DETECTAR  
AVERIAS ..... 79

OTROS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA REFACCION DE TRANSFORMADORES  
EN IPLS ..... 82

PRUEBAS REALIZADAS ..... 85

REBOBINADO DE LOS DEVANADOS ..... 90

NORMAS ANSI/IEEE, ASTM Y NTC PARA TRANSFORMADORES..... 97

CONCLUSION..... 106

GLOSARIO..... 107

ANEXOS..... 109

BIBLIOGRAFIA..... 121

## INTRODUCCIÓN

La industrialización de la energía eléctrica surge a finales del siglo XIX, y va adquiriendo progresivamente un nivel de desarrollo en cada país. En Nicaragua comenzó a utilizarse para el servicio público en Managua, el 24 de diciembre de 1902.

La distribución de energía eléctrica es importante y siempre lo ha sido debido a que es la encargada de hacer llegar la energía a nuestros hogares, escuelas, industrias, etc. Lo que permite el desarrollo del país. La distribución de energía eléctrica es posible mediante el uso de transformadores de distribución que son aquellos de potencia igual o inferior a 500 KVA y de tensiones iguales o inferiores a 67000 v tanto monofásicos como trifásicos.

El presente trabajo permitirá estudiar todo acerca del refaccionamiento de transformadores monofásicos de distribución en este caso en el Instituto Politécnico la Salle ubicado en el departamento de León, esto con el objetivo de conocer los parámetros mas importantes, los equipos que utilizan para detectar las averías, cálculo necesarios para rebobinado, así como los daños comunes que estos presentan, lo que brindará una mejor comprensión en cuanto a la construcción y funcionamiento de este. Se espera que los resultados sirvan como un respaldo a nivel académico.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Análisis de Refaccionamiento de transformadores Monofásicos de Distribución en un rango de 10 a 100KVA en el Instituto Politécnico la Salle.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Establecer los parámetros más importantes involucrados en el Refaccionamiento de transformadores.
- Dar a conocer los equipos utilizados para detectar averías en los transformadores monofásicos.
- Analizar los daños comunes que presentan los transformadores de distribución monofásicos.
- Realizar un ejemplo de los cálculos aplicados en el Refaccionamiento de transformadores de distribución monofásico.

## **ANTECEDENTES**

El refaccionamiento de transformadores de distribución monofásico es un servicio muy importante en la industria eléctrica. Para entender mejor el funcionamiento e importancia de los transformadores de distribución se consultaron trabajos monográficos en la biblioteca de la Universidad Nacional de Ingeniería, publicaciones y proyectos relacionados con la refacción.

Los documentos publicados sobre el tema se clasifican a continuación:

### **ACADEMICO**

Trabajo realizado por Yader Velásquez, monografía sobre el funcionamiento a que deben ser sometidos los transformadores de distribución amorfos en la Empresa Nicaragüense de Electricidad. (Velásquez; 1998 Managua UNI).

### **LOCAL**

La Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL) ubicada en el departamento de Managua, es la encargada de garantizar el transporte de la energía desde las centrales de generación hasta los centros de distribución, cuenta con un servicio de mantenimiento a transformadores de potencia y distribución que consiste en el análisis comparativo y minucioso de los resultados de pruebas dieléctricas, eléctricas, químicas y térmicas en los transformadores mediante la aplicación de normas internacionales, permitiendo determinar el estado técnico del equipo. Su página en internet cuenta con un archivo pdf en el cual detallan el servicio brindado, los equipos utilizados para las pruebas y los diferentes mantenimientos a los que son sometidos.

Otro centro conocido se encuentra en las instalaciones del Instituto Politécnico La Salle, ubicado en el departamento de León. Este instituto es fundado por los Hermanos de la Salle en el año 1903. En 1990 comienza a operar el Taller Eléctrico Industrial bajo la supervisión de la Fundación Politécnico la Salle. El servicio brindado por el taller es el de mantenimiento y refacción a transformadores de distribución monofásica en un rango de 10 a 100 KVA. Este consiste en diagnosticar mediante algunas pruebas el estado que presentan los transformadores y así brindarle el servicio necesario para su buen funcionamiento. Inicialmente no se contaba con el poder de certificar los transformadores refaccionados y los sometidos a mantenimiento por lo que eran enviados a la empresa ENATREL para su respectiva certificación.

En el año 2012 la fundación se asocia con la empresa COPERMA S.A. quien se convierte en la responsable del manejo del taller, es hasta este año que se obtiene el certificado de pruebas de transformadores de distribución por lo que ya no es necesario enviar los transformadores a ENATREL. En este taller no se ha realizado ningún estudio del refaccionamiento de transformadores de distribución monofásico, por lo que no cuenta con un documento en el que se detalle el procedimiento necesario para su reparación y los equipos utilizados para detectar las averías.

## **REGIONAL**

Trabajo realizado por Morales Contreras, es un reporte de la visita realizada al taller de reparación de transformadores de Luz y Fuerza del Centro ubicada en España, en el cual describe los requisitos mínimos de calidad y pruebas que deben de cumplir los transformadores de distribución. (Morales).

Estos trabajos relacionados al tema se toman con el fin de obtener un mejor entendimiento acerca del trabajo a desarrollarse.

## **JUSTIFICACION**

### **DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

La falta de conocimiento sobre todo el proceso que conlleva el refaccionar un transformador de distribución monofásico es muy común entre los estudiantes de Ingeniería Eléctrica debido a que no existe un documento donde se explique todo acerca del proceso. El requerimiento de nuevos conocimientos en cuanto a la refacción de transformadores de distribución es muy importante para el desarrollo académico de un futuro Ingeniero y ayudará a tener una mejor comprensión en cuanto a su construcción y funcionamiento.

### **DELIMITACION DEL TEMA**

El estudio de refaccionamiento de transformadores de distribución monofásico se hará exclusivamente en el Taller Eléctrico Industrial que se encuentra en las instalaciones del Instituto Politécnico la Salle ubicado en León, Nicaragua, su rango de trabajo es de 10 a 100 KVA; el motivo principal es que se cuenta con el acceso a sus instalaciones. Es sabido que muchos países internacionales cuentan con este tipo de talleres, cada uno tiene diferentes procesos.

### **PRINCIPALES BENEFICIOS**

En la Universidad Nacional de Ingeniería, en la carrera de Ingeniería Eléctrica los estudiantes recibimos una clase de Máquinas Eléctricas en la cual el transformador es estudiado, en esta aprendemos sobre el principio de

funcionamiento de estas máquinas, las pérdidas en el cobre, pérdidas en el núcleo, eficiencia del transformador, etc. Pero en si no hay un tema exclusivo que permita conocer los cálculos necesarios para la construcción o reparación de transformadores de distribución y las pruebas a las que son sometidos. El contar con un documento que contenga el proceso de refacción de transformadores de distribución serviría como un respaldo a los conocimientos adquiridos anteriormente.

## **CAPITULO I:**

### **PARAMETROS IMPORTANTES Y EQUIPOS NORMALIZADOS PARA PRUEBAS REALIZADAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION MONOFASICOS**

## **HISTORIA DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN, IMPORTANCIA Y CAUSAS POR LA CUAL SE HA OPTADO POR LA REFACCIÓN**

El transformador es una máquina que cambia la energía eléctrica de ca de un nivel de voltaje en energía eléctrica de ca de otro nivel de voltaje, mediante la acción de un campo magnético. Consiste en dos o más bobinas de alambre envueltas alrededor de un núcleo ferromagnético común. Dichas bobinas no están conectadas directamente, la única conexión entre estas es el flujo magnético común presente dentro del núcleo. El primer transformador práctico, moderno, lo construyó William Stanley en 1885 donde el núcleo consta de hojas individuales de metal o láminas.

La invención del transformador y los desarrollos coincidentes de las fuentes de potencia de ca eliminaron para siempre las limitaciones que se presentaban en el primer Sistema de Distribución de Fuerza en los Estados Unidos este era un sistema de cc de 120 V inventado por Thomas A. Edison, dicho sistema generaba y transmitía a tan bajos voltajes, que se requerían corrientes muy elevadas para que se pudiera suministrar cantidades significativas<sup>1</sup>.

Un transformador cambia idealmente de un nivel de voltaje a otro, sin afectar la potencia real suministrada. Si un transformador eleva el nivel de voltaje de un circuito, debe disminuir la corriente para conservar igual la potencia que entra al aparato a la potencia que sale de él. Debido a esto la potencia eléctrica de ca puede generarse en una estación central; su voltaje puede elevarse para transmitirlo a largas distancias con muy pocas pérdidas y disminuirlo nuevamente para el uso final. Sin el transformador no sería

---

<sup>1</sup> STEPHEN J. CHAPMAN. Maquinas Eléctricas, Segunda Edición. McGraw-Hill Interamericana Editores.

posible usar la potencia eléctrica en muchas de las formas en que se utiliza hoy en día. En un sistema de potencia moderno, la potencia eléctrica se genera en voltajes de 12 a 25 k V. Los transformadores elevan el voltaje para transmitirlo a largas distancias con muy bajas pérdidas. Los transformadores bajan luego el voltaje a un rango para la distribución local y permitir finalmente el uso de la potencia en los hogares, oficinas y fábricas, a voltajes tan bajos como 120 V. Los transformadores de distribución monofásica de tipo intemperie/poste, se emplean generalmente en el servicio de distribución de redes aéreas, tanto en zonas residenciales como mixtas, con cargas comerciales e industria liviana. Su uso se ha generalizado en empresas nacionales e internacionales de servicio eléctrico, así mismo en usuarios y clientes particulares ya sean viviendas, edificios, fincas, centros comerciales, talleres e industria mediana en general, etc.

En la actualidad muchas empresas privadas y clientes particulares hacen uso de los servicios brindados por los talleres de refacción de transformadores para reparar o dar mantenimiento a los antes mencionados, esto para reducir el valor de costo que significaría la compra de un nuevo transformador, en caso que fuere mantenimiento el objetivo sería incrementar su vida de operación y evitar posibles fallas.

El objetivo de los talleres de refacción es reparar y dar mantenimiento a transformadores de distribución y satisfacer las necesidades de los clientes. Por lo general la mayoría de las empresas privadas y usuarios privados al ver que cualquiera de sus transformadores se encuentra en mal estado y al no tener conocimiento alguno acerca de un lugar que brinde un servicio de reparación opta por guardar el transformador inservible en una bodega o en algunos casos botarlo y comprar uno nuevo; lo que representa un gran costo.

En las instalaciones del Instituto Politécnico La Salle ubicado en la ciudad de León, Nicaragua. A partir del año 1990 se creó un Taller Eléctrico Industrial

cuya función fue y es reparar y dar mantenimiento a transformadores de distribución monofásica de 10 a 100 KVA. Desde su creación fue evidente la alta demanda que existía en cuanto a este servicio, actualmente Unión Fenosa hace uso de su servicio; en una visita realizada al taller se observaron la cantidad de 90 transformadores los cuales tenían que ser sometidos a evaluaciones, con el objetivo de saber el tipo de daño que presentaban y el servicio a ser brindado. Todos propiedad de Unión Fenosa.

No existe ningún documento que explique que pasos se deben seguir para el proceso de reparación de un transformador, es por esto que gracias a las visitas realizadas al taller industrial del Instituto se logro observar el método que realizaban y así investigar de manera general lo necesario para llevar acabo la reparación o mantenimiento con el objetivo de una vez contar con esta información poder analizar el Refaccionamiento en el Instituto Politécnico La Salle.

## PARÁMETROS IMPORTANTES EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS

Cuando se habla de transformadores nos encontramos con términos técnicos que conviene manejar adecuadamente. Algunos conceptos de los parámetros eléctricos más comúnmente empleados se detallan a continuación:

1. Tensión: Es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, es la fuerza que origina el flujo de corriente y se expresa: V: tensión o diferencia de potencial.
2. Corriente: partículas eléctricas (electrones) libres que se mueven en un cierto sentido dentro del conductor de devanado, se expresa:

I: Corriente Eléctrica (amperes)

3. Capacidad (potencia): Es la energía necesaria para mantener un cierto flujo de corriente demandado por una carga. Se expresa:

$$P = KV \times A = KVA$$

4. Flujo Magnético: Son líneas de fuerza invisibles que viajan por el núcleo, proporcionando el campo magnético necesario para realizar la inducción. Se expresa:

$\phi$ : flujo magnético (webers)

5. Perdidas en Vacío: Es la energía consumida por el núcleo del transformador al estar el primario conectado a la fuente y el secundario sin carga (en vacío). Se expresa:

$W_{Fe}$ : pérdidas en el hierro (watts)

6. Corriente de excitación: Corriente que circula por el devanado primario al aplicarle su tensión nominal con el secundario sin carga. Es la corriente necesaria para producir el flujo magnético y se expresa en por ciento de la corriente nominal como:

$$I_{ex} = \% I_{no}$$

7. Impedancia: Tensión aplicada al primario capaz de producir la corriente en el secundario, estando las terminales de este último en cortocircuito. Se expresa en por ciento de la tensión nominal primario y representa la oposición del transformador a la corriente durante un cortocircuito.

$$\% \text{impedancia} = \%Z$$

8. Perdidas con Carga: Es la energía consumida por los devanados al tener en el secundario una carga, demandando la corriente nominal en este devanado, se expresa como:

$$W_{cu}: \text{perdidas en el cobre (watts)}$$

9. Eficiencia: Relación entre la potencia de salida y potencia de entrada

$$\% \eta = \frac{P_s}{P_e} \times 100$$

Donde

$P_s$  : Potencia de salida útil,  $P_e$ : Potencia de entrada

Regulación: Variación de la tensión en el secundario, expresada en % de la tensión nominal del mismo, que se produce al conectar una carga y mantenimiento constante la tensión aplicada al primario, luego entonces:

$$\% \text{reg} = \frac{V_{02} - V_2}{V_2} \times 100$$

Donde:

Vo2: tensión secundaria sin carga.

V2: tensión secundaria nominal bajo carga plena.

La relación de transformación se puede decir que también es un parámetro importante, la tensión de entrada con respecto a la tensión de salida del transformador dependerá del número de vueltas que tenga cada bobina. Si la bobina secundaria posee menos vueltas que la bobina primaria, la tensión secundaria será menor que la primaria.

Es indispensable conocer las partes y accesorios del transformador de distribución monofásico, las cuales son:

1. Tanque.
2. Núcleo.
3. Devanados (AT y BT)
4. Aisladores de porcelana de alta tensión y baja tensión.
5. Cambiador de derivaciones o TAP.
6. Herrajes.
7. Terminales de cobre para Alta Tensión y Baja Tensión.
8. Placa de datos.
9. Conector para aterrizar el tanque.

A manera sencilla se presenta el funcionamiento del transformador:

La bobina primaria se alimenta con una corriente alterna la cual produce un campo magnético, el cual se dispersa en el espacio; para aprovechar este campo magnético de la bobina se introduce un núcleo para canalizar todas las líneas de fuerza conocidas. Estas líneas de fuerza son aprovechadas

para inducir en la bobina secundaria un voltaje en los extremos con capacidad para producir trabajo eléctrico<sup>2</sup>.

## EQUIPOS NORMALIZADOS PARA LAS PRUEBAS REALIZADAS A TRANSFORMADORES

### EQUIPOS PARA LAS PRUEBAS ELÉCTRICAS

#### 1- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA

El equipo utilizado para medir la resistencia se denomina Micróhmetro. El equipo recomendado para realizar esta prueba es el siguiente:



**MARCA:** *AEMC.*

**MODELO:** *6250.10A*

Equipo para la Medición de Resistencia de Devanados

### CARACTERÍSTICAS

Es un equipo que puede ser utilizado tanto en laboratorio como en campo. Tiene una exactitud del 0.05%. Para llegar a esta tolerancia utiliza el método de Kelvin de cuatro cables. Dispone de tres modos de prueba:

---

<sup>2</sup> Transformadores de distribución: teoría, calculo, construcción y pruebas, escrito por pedro Avelino Pérez. Segunda edición 2001

1. Los materiales resistivos: la prueba es instantánea y sencilla. Se presiona el botón de prueba, se toma la lectura y se concluye la prueba. Se utiliza como para uniones a tierra, recubrimientos, resistencia de contacto.
2. Los materiales inductivos: la prueba es continua, el operador inicia y concluye el ensayo presionando el botón de prueba. Se realiza como para: bobinas, transformadores, bobinas de motores.
3. El modo de prueba automática: diseñado con múltiples puntos de prueba de los materiales resistivos y/o de baja inductancia. Comienza cuando se presiona el botón de prueba y al mover el sensor de un punto a otro, se detiene la prueba y se presentan los resultados en pantalla. Luego se inicia otra prueba cuando el sensor entra nuevamente en contacto con la muestra. Es una prueba continua hasta que el operador presione el botón de finalización de la prueba. Los resultados almacenados de las pruebas pueden ser revisados fácilmente en pantalla y ser enviados directamente a una impresora o a un terminal remoto. Dispone software DataView para la generación de informes.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ELECTRICAS							
Rango	5.0000mΩ	25.0000mΩ	250.00mΩ	2500.0Ω	25.000Ω	250.00Ω	2500.0Ω
Exactitud	0.05% +0.5μΩ	0.05% +3μΩ	0.05% +30μΩ	0.05% +0.3mΩ	0.05% +3mΩ	0.05% +30μΩ	0.05% +300mΩ
Resolución	0.1μΩ	1μΩ	10μΩ	0.1mΩ	1mΩ	10mΩ	100μΩ
Corriente de prueba	10 <sup>o</sup>	10 <sup>o</sup>	10A	1A	100mA	10mA	1Ma
Modo de medición	Tres modos: Inductivo, resistivo o automático.						
Alimentación	Baterías NiMH recargables de 6V, 8.5 Ah						
Vida de batería	Aproximadamente 5000 ensayos de 10 <sup>o</sup>						
Ahorro de energía	La pantalla se apaga después de un tiempo programable por el operador.						
Memoria	Almacenamiento de 1500 resultados de prueba. Dichos resultados pueden ser revisados en pantalla, en un PC o en una impresión directa.						
MECANICAS							
Dimensiones	270 x 250 x 180 mm						
Peso	3.69 Kg						
PANTALLA							
Tamaño	102 x 57 mm						
Iluminación	Azul electro luminiscente						
Color	Caja amarilla de seguridad, panel frontal gris.						
COMUNICACION							
Puerta de interface	PC, terminal remoto, impresa o disparo de ensayo mediante cierre de contactos.						

Tabla. Especificaciones del Equipo para la Medición de Resistencia de Devanados.

## 2- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

El equipo utilizado para llevar a cabo la prueba de relación de transformación, es con el medidor de relación de espiras DTR. Durante la aplicación de esta prueba es posible detectar cortocircuitos entre espiras, polaridad, secuencia de fases, circuitos abiertos, etc. El equipo recomendado para realizar esta prueba es el siguiente:



**MARCA:** AEMC.

**MODELO:** DTR 8500

Equipo para la Medición de Relación de Transformación

### CARACTERÍSTICAS

Es un medidor de relación de transformación automático, digital portátil, diseñada para la medición en terreno. Al utilizarse en transformadores no energizados, el DTR 8500 mide con exactitud la relación de espiras y además muestra simultáneamente la polaridad y la corriente de excitación. Es totalmente seguro para quien lo opera, las pruebas se realizan en bajo voltaje, la alimentación es proporcionada por una batería de NiCD o por la red de CA. La caja de equipo esta sellada de polipropileno estructural, esta diseñada para soportar los rigideces del uso industrial y el uso en terreno.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En la siguiente página se detallan las especificaciones técnicas.

ELÉCTRICAS	
Exactitud	Razón: $\leq 10$ a 1: $\pm 2$ % de lectura Razón: $\leq 10$ a 1000 a 1: $\pm 0.1$ % de lectura Razón: $> 1000$ a 1: $\pm 0.2$ % de lectura
Frecuencia de excitación	70 Hz
Método de medición	ANSI/IEEE C57.12.90
Alimentación	Doble operación. Batería NiCD y red 115/230 V, 50/60 Hz
Baterías	5 paquetes $\times$ 2 NiCD de 12 V, 1300 mAh, Panasonic P-130 SCR o equivalente
Vida de batería	10 horas de operación continua
Tiempo de carga	14 horas
Mediciones mostradas	Razón de espiras, corriente de excitación RMS, polaridad
MECÁNICAS	
Dimensiones	330 $\times$ 305 $\times$ 152 mm
Peso	6.4 Kg
Caja	Polipropileno estructural. (color amarillo)
Cables de prueba	4.5 m

Tabla. Especificaciones del Equipo para la Medición de Relación de Transformación.

### 3- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE RELACIÓN DE POLARIDAD

Anteriormente se describió que el equipo AEMC, DTR 8500, es un equipo que nos da la información de la relación de polaridad.

### 4- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE VACÍO Y PARA LA PRUEBA DE CORTO CIRCUITO

Para determinar las pérdidas en el núcleo del transformador se aplica el voltaje nominal del transformador por el devanado de bajo voltaje y se miden los siguientes datos: Voltaje  $V_p$ , la corriente de vacío  $I_o$  y la potencia  $P_o$ , que representa la potencia de vacío o las pérdidas en el núcleo del transformador. Existen equipos que permiten verificar las pruebas tanto de

vacío como de corto circuito. Ejemplo: Marca HOPOTRONICS, Modelo. Three Phase Transformer

### CARACTERÍSTICAS

La serie TTS son pruebas independientes y establece la incorporación de todas las características necesarias para las pruebas de una fase y tres fases de transformadores de distribución.

Para realizar las pruebas, la salida del conductor principal de la prueba está conectado a los terminales del secundario del transformador en bajo prueba. La tensión nominal de secundario se aplica luego al transformador, a la tensión nominal, se miden las pérdidas de corriente de excitación y las pérdidas de excitación.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La salida de voltaje de las unidades listadas abajo es de 480 Vac, 50/60 Hz, 3 fases.

MODELO	TAP	SALIDA DE VOLTAJE NOMINAL	FUNCIONAMIENTO		CAPACIDAD TOTAL	
			Continuo	Encendido 5 minutos apagado 15 minutos	Pérdida de excitación	Pérdida de corriente de impedancia a carga máxima
TTS-90	1	0-240 V	114 A	228 A	4500 kVA	1500 kVA
	2	0-300V	91 A	182 A	4500 kVA	1500 kVA
	3	0-480V	57 A	114 A	4500 kVA	1500 kVA
	4	0-600V	46 A	92 A	4500 kVA	1500 kVA
	5	0-1200V	23.5 A	47 A	4500 kVA	1500 kVA
	6	0-1800V	15 A	30 A	4500 kVA	1500 kVA
	7	0-2400V	11.5 A	23 A	4500 kVA	1500 kVA
TTS-155	1	0-240 V	190 A	380 A	7500 kVA	2500 kVA
	2	0-300V	152.5 A	305 A	7500 kVA	2500 kVA
	3	0-480V	95 A	190 A	7500 kVA	2500 kVA
	4	0-600V	76.5 A	153 A	7500 kVA	2500 kVA
	5	0-1200V	39 A	78 A	7500 kVA	2500 kVA
	6	0-1800V	25 A	50 A	7500 kVA	2500 kVA
	7	0-2400V	18.5 A	37 A	7500 kVA	2500 kVA

Tabla. Especificaciones del Equipo para la Medición de Pérdidas en el Transformador.

La corriente de pérdida está basada en una corriente de excitación de 2%, la pérdida de impedancia de corriente a carga máxima esta basada en una impedancia de 6,25% y un voltaje primario máximo de 34.5 KV.

## 5- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

El equipo utilizado para medir la resistencia de aislamiento se denomina: Megómetro. Puede ser analógico o digital según las necesidades. Para seleccionar el Megómetro, se tiene como referencia lo siguiente:

Potencia transformador	Megómetro
Hasta 50 KVA	De 1000V
Mayores de 50 KVA	De 2500 V

Tabla. Selección del Megómetro de acuerdo a la potencia del Transformador

Por lo general, en los transformadores de distribución la potencia limite es de 50 KVA. El equipo recomendado para esta prueba es:



**MARCA:** AEMC

**MODELO:** 5060

Equipo para la Medición de Resistencia de Aislamiento

### CARACTERÍSTICAS

Este equipo incluye el cálculo y presentación automáticas de la Relación de Absorción Dieléctrica (DAR), el Índice de Polarización (PI) y el valor de la Descarga Dieléctrica (DD).

Este modelo fue diseñado con un alto nivel de seguridad, el equipo se encuentra dentro de una robusta carcasa aislada. Si el instrumento detecta una tensión superior a los 25V en el equipo a ensayar bloqueara automáticamente la generación de tensión impidiendo así la ejecución del ensayo. Los terminales de ensayo integrales poseen topes en su protección aislante haciendo muy segura su operación. Además los cables para la conexión de ensayo, provistos con el equipo están clasificados para 5000V tanto para ensayo como para medición.

El equipo opera con una batería recargable incorporada o pueden tomar energía desde la red de CA.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ELECTRICAS	
Tensión de ensayo/escala	
500V	30kΩ a 2000GΩ
1000V	100kΩ a 4000GΩ
2500V	100kΩ a 10TΩ
5000V	300kΩ a 10TΩ
Tensión de ensayo. Seleccionable por el usuario	Programable: 40 a 1000V en pasos de 10V 1000 a 5100V en pasos de 100V
Corriente de Corto Circuito	Circuito <1.6mA ± 5%
Duración del Ensayo Programable R(t)	1 a 60 minutos
Descarga Después del Ensayo	Automática
Prueba de seguridad	0 a 1000 V <sub>CA/CC</sub> (16 a 420 Hz) 1 V de resolución
Tensión en el equipo a ensayar/bloqueo de ensayo	Si, >25 V
Alimentación	Ocho NiMH baterías recargables Línea de potencia 85 a 256 V <sub>AC</sub> (50/60 Hz)
MECANICAS	
Dimensiones	270 x 250 x 180 mm
Peso	4.3 Kg
COMUNICACION	
Almacenaje de lecturas	Memoria de 128 kB
Intervalos de lectura programable	5 seg a 15 min
Indicación de tensión de ensayo	Si
Indicación del tiempo transcurrido en el ensayo	Si
Tiempo real/fecha	Si
Bloque de tensión de ensayo	Programable por el usuario
Puerto de comunicación	RS-232
Software/reportes	DataView
Operación mediante un PC	Si

Tabla. Especificaciones del Equipo para la Medición de Resistencia de Aislamiento.

## EQUIPOS PARA LAS PRUEBAS AL ACEITE

### 1- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE NUMERO DE NEUTRALIZACIÓN

Se recomienda para esta prueba el Kit TITRA-LUBE TAN, de la marca DEXIL. El método utilizado por este kit para comprobar el número de acidez es el ASTM D 664.

#### CARACTERISTICAS

Se utiliza en la oxidación de aceites en donde, este es una causa principal del funcionamiento defectuoso. Estos aceites pueden ser analizados para la cantidad de ácido total rápidamente y fácilmente de incorporar el kit de prueba TITRA-LUBE TAN en un programa de mantenimiento preventivo. Fue diseñado para ser usado por personal no técnico, viene con todo lo necesario para realizar la prueba.

#### ESPECIFICACIONES

<b>Analisis</b>	Numero total de acidez
<b>Tipos</b>	Aceites lubricantes, aceites industriales
<b>Metodos de deteccion</b>	Similar al ASTM D 664
<b>Niveles de accion</b>	0 - 2 TAN Unidades (mg KOH/gr de la muestra)
<b>Exactitud total</b>	±10%
<b>Tiempo de analisis</b>	5 minutos

Tabla. Especificaciones del kit para la prueba de Neutralización.

### 2- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE TENSIÓN INTERFACIAL

El equipo recomendado para realizar esta prueba es el TENSÍOMETER EASYDYNE, de la marca KRUSS. El método que utiliza es normalizado

según ASTM D 971 ó D 2285. El equipo es ideal para el análisis del aceite para transformadores.

## CARACTERÍSTICAS

Es un tensiómetro para medir la superficie y la Tensión Interfacial de líquidos, además puede determinar la densidad de líquidos. Este equipo combina la facilidad de uso, la flexibilidad y robustez, la etapa de muestra motorizada puede ser ajustada a mano. Las mediciones son llevadas automáticamente controlado por el procesador de micro incorporado.

Los métodos estadísticos y de corrección son implementados de tal manera que al final los resultados medidos pueden ser leídos directamente desde el display. Para que los resultados medidos sean exactos el instrumento esta equipado con un parabrisas para evitar la influencia de corriente de aire.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Rango de medición	
SFT/IFT	1 - 999 mN/m
Densidad	1 - 2200 kg/m <sup>3</sup>
Temperatura	-10 - 100°C
Resolución	
SFT/IFT	+/- 0.1 mN/m
Densidad	1 kg/m <sup>3</sup>
Temperatura	0.1°C (opcional)
Posición de muestra	
Paso de velocidad	0,15 - 1,5 mm/s (ajustable en pasos de 100)
Distancia de recorrido	75 mm
Corrección de anillo	Zuideman & Waters, Harkins & Jordan
Pantalla	320 x 240 pixel
Datos de salida	RS232, USB
Consumo de energía	Máximo 10 W
Suministro de energía	90 - 264 V / 50 - 60 Hz
Peso	11 kg
Dimensiones	270 x 420 x 350 mm

Tabla. Especificaciones del equipo para la prueba de Tensión Interfacial

### 3- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE TENSIÓN DE RUPTURA DIELÉCTRICA

El equipo para realizar esta prueba es el HIPOTRONICS OC60D/OC90D.

#### CARACTERÍSTICAS

Estos equipos realizan la prueba con precisión y una prueba fiable de dieléctricos fuertes de líquidos aislantes usados en una amplia variedad de aparatos eléctricos. Este equipo es resistente, liviano y portátil, diseñado para asegurar años sin complicaciones de operación tanto en el campo y en el laboratorio.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

GENERAL			
Salida de voltaje	0 – 60 kV	Entrada de voltaje A	120 V, 60 Hz
Exactitud de medida	± 2% toda la escala	Entrada de voltaje B	220 V, 50/60 Hz
PESOS Y DIMENSIONES			
	W×H×P(cm)	Peso neto	Peso total
OC60D	41×33×38	31 kg	86 kg
OC90D	76×30×43	55 kg	86 kg
TCDE	15×10×8	1 kg	2 kg
TCVDE	15×15×15	2 kg	5 kg
TCVDE90	33×15×15	5 kg	9 kg
OCCM-E	15×15×15	2 kg	4 kg

Tabla. Especificaciones del Equipo para la Prueba de Tensión de Ruptura Dieléctrica.

### 4- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE DENSIDAD RELATIVA

El equipo que se recomienda para realizar esta prueba es el API THERMOHYDROMETERS, de la marca THOMAS, ya que es un instrumento sencillo pero útil para determinar la densidad relativa del aceite dieléctrico.

## **CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES**

- 1- Termohidrómetros conforme a las especificaciones ASTM.
- 2- La unidad incluye un termómetro.
- 3- La temperatura de estandarización es de 60 °F.
- 4- Divisiones de 0,1.
- 5- Longitud de 380 mm.

### **5- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE COLOR**

El equipo para realizar esta prueba de color es el I5260-3 SETA MULTICOLOUR AUTOMATIC COLORIMETER, ya que éste cumple la norma ASTM D 124; es un equipo automático con el cual se puede determinar rápidamente el rango en que se encuentra el color del aceite.

### **CARACTERÍSTICAS**

Dispositivo automático de espectrómetro colorímetro, esta diseñado para el análisis rápido de color de productos petroquímicos, el 15260-3 es seleccionable para Saybolt, ASTM, datos espectrales y determinaciones de color según CIE.

Los parámetros son ingresados vía menú del sistema y la prueba siguiente es iniciada presionando una tecla, los resultados están disponibles en 25 segundos. Pueden ser guardados hasta 32 resultados en la memoria interna, suministrado con software, 33 mm de celdas de vidrio óptico, 50 mm de celdas de vidrio óptico, filtro de vidrio certificado conforme ASTM color 3.5, lámpara de repuesto, suministro de energía universal y manual de instrucciones. Operación automática.

Incluyen múltiples escalas de color según ASTM y Saybolt, medición rápida, menos de 25 segundos, interface RS232.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Tiempo de medición	Menos de 25 segundos
Calibración	Presionando una sola tecla, totalmente automático
Origen de luz	5 V, 10 W, lámpara halógena de tungsteno
Interface	Puerto paralelo, puerto RS 232
Almacenamiento de datos	32 datos
Voltaje de entrada	Suministro de energía de la unidad vía externa universal
Display	2 x 40 caracteres encendido desde a la parte de atrás por LCD
Teclado	21 teclas
Instrucciones	7 idiomas: Inglés, español, francés, alemán, italiano, portugués y holandés.
Medidas	17 x 20 x 44 cm
Peso	7 kg

Tabla. Equipo para la Prueba del Equipo para la prueba de Color

## 6- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE EXAMEN VISUAL

Para esta prueba no se necesita un equipo, la norma ASTM D 1524, describe el método que se debe seguir para analizar el aceite dieléctrico.

## 7- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES DISUELTOS

El equipo recomendado para este análisis es el TRANSPORT X, es portátil por lo que permite realizar pruebas en campo.

## CARACTERÍSTICAS

Usa una nueva tecnología para proporcionar resultados exactos, tiene un amplio rango de detección con excelente exactitud para todos los 7 gases de falla. Mide el contenido de agua en el aceite y puede ser expresada en partes por millón o saturación relativa. Su operación es bastante sencilla, no requiere de calibración, ajuste o interpretación de resultados. Incluye software TransportPro para PC que permite el almacenamiento y exportación para posterior trazado de tendencias y análisis de resultados.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PARAMETRO	VALOR
Hidrogeno (H <sub>2</sub> )	5 - 5000 ppm
Monóxido de carbono (CO)	1 - 50000 ppm
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	2 - 50000 ppm
Metano (CH <sub>4</sub> )	1 - 50000 ppm
Acetileno (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	1 - 50000 ppm
Etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	1 - 50000 ppm
Etileno (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	1 - 50000 ppm
Agua (H <sub>2</sub> O)	± 3 ppm
Exactitud	± 5% o ± 2 ppm
Rango de temperatura	0 - 50 °C operación
Alimentación	110 - 250 Vac, 47 - 63 Hz, 12 w
Comunicación	Puerto USB
Peso	11 kg (24 lbs)
Dimensiones	170 x 340 x 460 mm
Volumen de la muestra de aceite	50 ml

Tabla. Especificaciones del Equipo para la Prueba de Análisis de Gases Disueltos.

## 8- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Determina la cantidad de humedad del aceite aislante mediante un Titulador Coulométrico Automático Karl Fischer. C30- Coulómetro completo.

### CARACTERÍSTICAS

Esta diseñado para determinar la humedad en el aceite, para proveer resultados muy exactos en sitio. Los instrumentos KF875 y KF-UNI son portátiles, completos con impresora integral y fácil transporte, fácil uso. La operación del KF875 es simple, los resultados son presentados en el instrumento en el display y en la impresora integral en tanto que el agua en microgramos y en miligramos por kilogramo (ppm).

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

	KF UNI	KF 875
Método de valoración	Coulorimetro Karl Fischer	
Rango de medición, agua	1 µg - 10 mg	
Rango de medición, humedad	1 ppm - 100 ppm	1 ppm - 100 ppm
Velocidad máxima de valoración	2 mg por minuto	
Corriente máxima	400 ma	
Suministro de energia	90 - 264 Vac, 47 - 63 Hz 12 Vdc, batería interna	
Vida de batería	8 horas de funcionamiento	
Batería baja	Indicación en el display	
Dimensiones	250 x 245 x 120 mm	
Peso	3 kg	

Tabla. Especificaciones del Equipo para la Prueba de Análisis de Contenido de Humedad.

## 9- EQUIPO PARA LA PRUEBA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO DE PCB'S

Se sugiere el L2000®DX ANALYZER, de la marca DEXSIL. Nos permite analizar el aceite para determinar si esta contaminado con PCB's.

### CARACTERÍSTICAS

Instrumento portátil de campaña que incorpora un ion el electrodo específico que puede cuantificar compuestos clorados en una matriz de cuatro. Puede utilizar una batería recargable de 8 Vcd o la corriente alterna de 120 Vca.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Análisis	PCB's, agua. En transformadores
Método de detección	Electroquímico
Nivel de acción	Aceite: 3 – 2000 ppm Tierra: 3 – 2000 ppm Agua: 10 ppb – 2000 ppm
Tiempo de análisis	Aceite: 5 minutos. Tierra, agua: 10 minutos

Tabla. Especificaciones del Equipo para la Prueba de Análisis de Contenido PCB's.

## 10- EQUIPO PARA LA MEDICIÓN DEL RUIDO

Se sugiere el DECIBELIMETRO PCE-353, de la marca PCE GROUP. Nos permite analizar el ruido en los transformadores con gran exactitud.

### CARACTERÍSTICAS

Instrumento indispensable para realizar valoraciones sonoras en diferentes áreas de trabajo. Contiene una memoria interna por lo que lo hace ideal para grabaciones de larga duración. Los valores medidos se pueden transmitir desde el decibelímetro al PC con ayuda de un cable de interfaz para su posterior valoración. Cumple con las normativas y prescripciones vigentes para mediciones de ruido.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PARAMETRO	VALOR
Memoria para	32.000 valores
Indicador digital	se actualiza cada 0,5
Gráfico analógico	división de 4 dB, rango de 100 dB
Rango	30 - 130 dB
Precision	$\pm 1,5$ dB
Salida analógica	2 Vrms EW a 600 Ohm
Salida analógica	10 mV / dB a 100 Ohm
Pantalla LCD	35 mm y 4 dígitos
Valoración tiempo	lenta y rápida

Tabla. Especificaciones del Equipo para la Prueba de Sonido Audible.

## **CAPITULO II:**

**PRUEBAS REALIZADAS A TRANSFORMADORES, ANALISIS DE FALLA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y MATERIALES REQUERIDOS PARA LA REFACCION.**

## PRUEBAS GENERALES REALIZADAS A TRANSFORMADORES

Entre las pruebas para transformadores, se deben realizar tanto eléctricas como pruebas al aislante dieléctrico.

Lo que respecta las pruebas eléctricas, la norma IEEE C57.12.00-2000: Requisitos generales para transformadores de distribución, potencia y regulación inmersos en líquido; la norma divide las pruebas de fábrica en tres categorías. Las cuales son:

**De rutina:** Pruebas de control de calidad realizadas por el fabricante en el caso de todo dispositivo o muestra representativa, con el propósito de verificar, durante la producción que cumple con las especificaciones de diseño.

**De diseño:** Pruebas realizadas para determinar la idoneidad del diseño de un tipo, estilo o modelo de equipo o de partes, componentes para especificar que cumplen con sus capacidades nominales asignadas y que operan en forma correcta.

**Otras:** normas que se identifican en las normas individuales del producto, las cuales pueden haber sido especificadas por el comprador, además de las pruebas de rutina y de diseño.

## PRUEBAS ELÉCTRICAS

Las pruebas eléctricas se llevan a cabo para verificar que los transformadores cumplan con las especificaciones de diseño. Además se ofrecen una serie inicial de pruebas de referencia que serán utilizados para propósitos de comparación contra las pruebas eléctricas de campo futuras.

En los transformadores se realizan los siguientes ensayos:

### **PRUEBA DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA**

Esta prueba se realiza para probar las conexiones internas efectuadas en los devanados, fueron sujetadas firmemente, así como, también información para determinar las pérdidas en el cobre.

### **PRUEBAS DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN**

Da una indicación si el transformador ha sido fabricado con la relación adecuada de espiras en los devanados primario y secundario, y si el transformador tiene un diferencial porcentual adecuado entre tomas.

### **PRUEBA DE RELACIÓN DE POLARIDAD/FASE**

Se realiza para comprobar que los devanados están conectados según lo indica la placa característica.

### **PRUEBA DE VACÍO**

Esta prueba tiene como objetivo determinar la pérdida de potencia en el hierro a través de las medidas de tensión, intensidad y potencia en el bobinado primario. El bobinado secundario queda abierto y por lo tanto no circula ninguna intensidad por este bobinado.

### **PRUEBA DE CORTO CIRCUITO**

Determina la pérdida de potencia en los bobinados primario y secundario, sometidos a la intensidad nominal. Al aplicar una pequeña tensión al primario y cortocircuitando el secundario, obtenemos la intensidad de cada bobinado.

## **PRUEBA DE AUMENTO DE TEMPERATURA**

Esta prueba se realiza en fábrica y ha sido diseñada para determinar, si las elevaciones de temperatura de los devanados, del aceite y otros componentes corresponden a los valores de diseño.

## **PRUEBA DE POTENCIAL APLICADO**

El aislamiento mayor se somete a prueba a una tensión de baja frecuencia (60 Hz) sin excitar el núcleo, durante un minuto. La norma IEEE C57.12.90- código de pruebas para transformadores de distribución, de potencia y de regulación inmersos en líquido, describe el modo de falla, como presencia de humo o como una elevación en la corriente de fuga.

## **PRUEBAS DE IMPULSO**

Están diseñadas para simular lo que pudiera experimentar muchas veces el transformador durante su ciclo de vida: una onda completa reducida, establece el patrón de la onda, una onda cortada, simula el colapso de la tensión o la descarga de una onda viajera a través de la superficie de un aislador, ondas completas, simula una descarga de un rayo lejano, una frente de onda, simula el impacto directo de un rayo.

## **PRUEBA DE POTENCIAL INDUCIDO**

Prueba al aislamiento espira a espira y bobina a bobina; con ondas de más altas frecuencias (120 a 400 Hz) para evitar tensiones excesivas entre fases.

## **PRUEBA DE SONIDO AUDIBLE**

En caso de que se requiera que estén en servicio en un área residencial en la que el ruido pueda constituir una preocupación, se deben especificar esta prueba. En la norma IEEE C57.12.90, existe mayor información acerca de los procedimientos de prueba.

## **PRUEBAS AL ACEITE**

Se realizan para comprobar que las propiedades de aceite aislante, están dentro del rango aceptable. Se debe tener en cuenta que dentro de las pruebas se encuentran, las pruebas exploratorias del aceite, que son:

1. Numero de neutralización.
2. Tensión Interfacial.
3. Tensión de ruptura dieléctrica ASTM D 877.
4. Densidad relativa.
5. Color.
6. Examen visual, para determinar apariencia y presencia de sedimentos.

## **PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

En lo anterior se analizaron las pruebas generales para transformadores, ahora se detallará cada una de las pruebas para transformadores de distribución. Todas las pruebas que se explicarán están bajo normas ANSI/IEEE, ASTM y NTC.

## **PRUEBAS ELÉCTRICAS**

Anteriormente se mencionaron algunas de las pruebas eléctricas (Pruebas generales para Transformadores), se han descartado algunas por que son pruebas realizadas solamente en fábrica y otras por que son destructivas, a continuación se enumeran las pruebas suprimidas:

1. Prueba de aumento de temperatura. Prueba realizada solamente en fábrica.
2. Prueba de impulso. Prueba realizada solamente en fábrica.
3. Prueba de potencial inducido. Prueba realizada solamente en fábrica.

Las pruebas detalladas a continuación son los ensayos que se considera deben realizarse para comprobar los protocolos de pruebas enviados por las fábricas.

### **PRUEBA DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA**

La finalidad de esta prueba es verificar la resistencia óhmica de los devanados. Su aplicación permite detectar los falsos contactos y espiras en corto circuito al compararse con los datos de placa.

La resistencia a corriente continua (CC) de un devanado medida con un óhmetro, indicará un cambio en la resistencia CC del devanado cuando exista espiras cortocircuitadas, juntas débiles, falsos contactos y cambios en los devanados debido a un cambio en la capacitancia. Estos resultados, si es posible, son comparados con los resultados de prueba en fábrica, en caso que no se disponga de estos datos se procede a compararlo con datos de un transformador idéntico al que esta en prueba.

Si los resultados son muy altos puede indicar un problema en las conexiones si no se presta la atención adecuada, puede causar problemas. Al ocurrir una deformación del devanado esto afectará la capacitancia y a su vez afectará la resistencia del devanado. Si el resultado es deficiente puede apuntar hacia problemas cuando el devanado de las conexiones esta sometido a pruebas. Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, son fuente de problemas en los circuitos, originando caídas de voltaje, fuente de calor, perdidas de potencia, etc. Esta prueba detecta estos problemas.

### **PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN**

La relación de transformación es definida como la relación de espiras o de tensiones entre los devanados primario y secundario de los transformadores. Esta prueba permite mostrar que la tensión a la salida es la indicada en la

placa. Al existir bobinas en cortocircuito o abiertas, la tensión difiere de la indicada.

También verifica que las relaciones de transformación para cada posición del TAP del transformador estén dentro de la tolerancia de medición. Esto se realiza con el objetivo de identificar espiras cortocircuitadas, ajustes incorrectos, errores en el conteo de espiras, terminales identificados incorrectamente y fallas en los cambiadores. La relación de transformación no dice cuantas vueltas o espiras de conductor hay en la bobina primaria o secundaria, si no que solamente nos indica su relación.

Esta prueba puede indicar una falla pero no indica el lugar exacto, es necesaria en algunos casos una inspección interna. El método mas conocido para verificar las relaciones de transformación en el campo emplea un equipo de pruebas de relación de transformación. Este equipo consta de un generador interno para suministrar el potencial de prueba a un transformador de referencia en el propio instrumento y al devanado de baja tensión del transformador bajo prueba.

### **PRUEBA DE RELACIÓN DE POLARIDAD**

Las bobinas secundarias de los transformadores se arrollan en el mismo sentido de la bobina primaria o en sentido opuesto, según el criterio del fabricante. Por esto, podría ser que la intensidad de corriente en la bobina primaria y la de la bobina secundaria circule en un mismo sentido o en sentido opuesto. La polaridad puede ser aditiva o sustractiva.

La polaridad aditiva o positiva se da cuando, en un transformador el bobinado secundario está arrollado en el mismo sentido que el bobinado primario por lo que los flujos de los dos bobinados giran en un mismo sentido y se suman. Los terminales H1 y X1 están cruzados.

La polaridad sustractiva se da cuando en un transformador el bobinado secundario esta arrollado en sentido opuesto al bobinado primario. Los flujos de los dos bobinados giran en sentidos opuestos y se restan. Los terminales H1 y X1 están en línea.

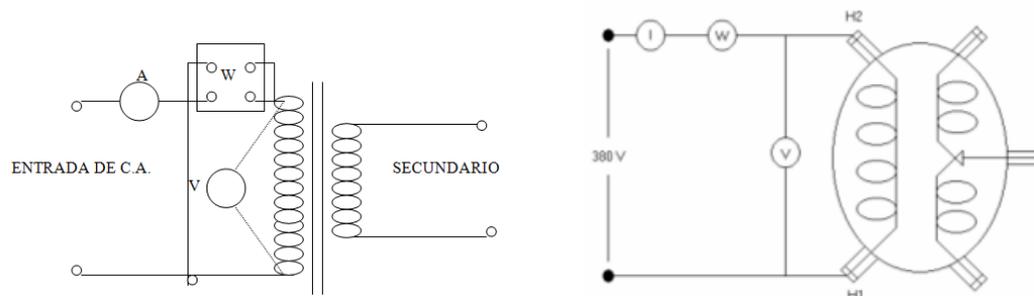
El objetivo de esta prueba es comprobar que los devanados están conectados según lo indica la placa característica.

### **PRUEBA DE VACÍO**

Las pérdidas de potencia, en vatios, en el núcleo de un transformador se pueden determinar con facilidad, leyendo la entrada en vatios por medio de un vatímetro cuando el secundario ha quedado abierto. Esta prueba nos permite obtener las pérdidas en el núcleo del transformador y puede ser:

1. Pérdida por corrientes parásitas, se deben a que el flujo alterno, además de inducir una FEM en los devanados del transformador, induce también en el núcleo de acero una FEM, la que produce una circulación de pequeñas corrientes que actúan sobre una superficie del núcleo y producen calentamiento del mismo.
2. Las pérdidas por histéresis debido a que el flujo magnético se invierte varias veces por segundo, según la frecuencia produciendo así pérdidas de potencia debido a la fricción de millones de moléculas que cambian de orientación varias veces.

Se puede calcular las pérdidas, midiendo la potencia, calculada por medio de un voltímetro y un amperímetro. Norma ANSI/IEEE C57.12.90-2006.



Método para la medición de las pérdidas de vacío

### PRUEBA DE CORTO- CIRCUITO

La prueba de corto circuito permite conocer las pérdidas del cobre de cada devanado. Las pérdidas del cobre o en los bobinados del transformador, se deben a la disipación de calor que se producen en los devanados. Estas pérdidas son proporcionales a las resistencias de cada bobinado y a través de la corriente que circula en ellos.

Las pérdidas en el cobre pueden ser calculadas mediante la siguiente fórmula:

Pérdidas en el devanado primario:  $I_1^2 R_1$

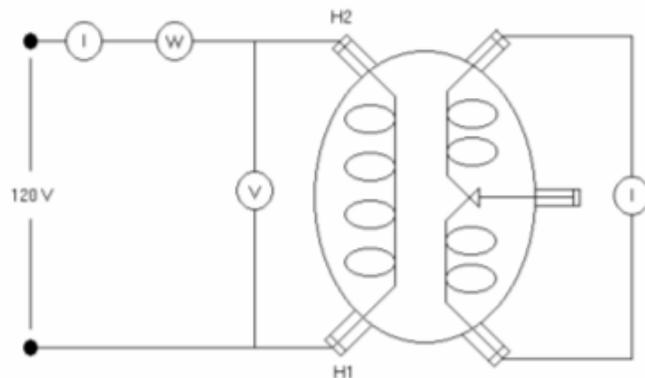
$I_1$  y  $R_1$  corriente y resistencia efectiva del devanado primario.

Pérdidas en el devanado secundario:  $I_2^2 R_2$

$I_2$  y  $R_2$  corriente y resistencia efectiva del devanado secundario.

Las pérdidas totales en el cobre serán la suma de las pérdidas del devanado primario y secundario.

$P_T = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$  vatios



Método para la medición de las Pérdidas de Corto-Circuito

### **PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

Con esta prueba se verifica que los aislamientos del transformador bajo prueba cumplen con la resistencia mínima soportable bajo la operación a la que serán sometidos, así como de comprobar la inadecuada conexión entre sus devanados y tierra para avalar un buen diseño del producto y que no exista defectos en el mismo.

Esta prueba se realiza con los circuitos de igual voltaje conectados entre sí y los circuitos de diferente voltaje deberán ser probados por separado, por ejemplo:

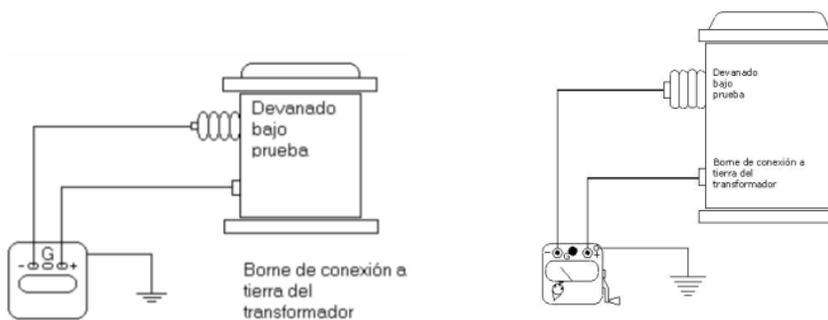
1. Alta tensión vs. Baja tensión.
2. Alta tensión vs. Tierra.
3. Baja tensión vs. Tierra.

La finalidad de incrementar la exactitud del estado de prueba de los aislamientos de un transformador. La prueba debe ser interrumpida inmediatamente si la lectura de la corriente comienza a incrementarse sin estabilizarse.

Podrían presentar descargar parciales durante las pruebas de resistencia de aislamiento que pueden causar al transformador bajo prueba y también arrojar resultados erróneos en los valores de las lecturas de medición, para

este caso se deberá hacer una pausa y continuar posteriormente con la prueba.

En el siguiente gráfico se ilustra el método para medir la resistencia de aislamiento:



Norma ANSI/IEEE C57.12.90-2006.

## CONJUNTO DE PRUEBAS AL ACEITE DIELECTRICO PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Estas pruebas se aplican a equipos de distribución de cualquier tensión primaria, incluidos los transformadores montados en poste, transformadores tipo pedestal y transformadores dentro de un gabinete, así como la mayoría de las unidades con tensión primaria menor a 69 KV. Este conjunto de pruebas incluyen:

1. Pruebas Exploratorias del Aceite.
2. Análisis de Gases Disueltos.
3. Contenido de Humedad.

### PRUEBAS EXPLORATORIAS AL ACEITE

Las siguientes pruebas al aceite ofrecen una valiosa información del comportamiento del aceite en servicio.

1. **Numero de neutralización:** Método normalizado ASTM D 974, D 664, D 1534. Es una medida de los agentes ácidos orgánicos en el aceite.

En un aceite nuevo el número de neutralización es pequeño y aumenta como resultado del envejecimiento, deterioro y oxidación.

Cuando el aceite se oxida y se envejece en servicio.

2. **Tensión Interfacial:** Método normalizado ASTM D 9716 D 2285. Es la capacidad del aceite de encapsular moléculas de agua y sustancias polares. Una alta Tensión Interfacial será capaz de mantener elevada la rigidez dieléctrica. A medida que el aceite se envejece y se oxida, los compuestos polares que se forman por la oxidación debilitan la interfaz y reducen la Tensión Interfacial.
3. **Tensión de Ruptura Dieléctrica:** Método normalizado ASTM D 877. El objetivo de determinar la Tensión de Ruptura Dieléctrica es el de evaluar la capacidad del aceite para soportar los esfuerzos eléctricos. La contaminación del aceite por causa de elementos como fibras del aislante sólido, partículas conductoras, contaminación por elementos extraños, sucio y agua pueden afectar la Tensión de Ruptura Dieléctrica.
4. **Densidad Relativa:** Método normalizado ASTM D 1298. Es la relación de la masa de un volumen específico de aceite con la masa del mismo volumen a igual temperatura. La Densidad Relativa es una relación calculada y no cuenta con unidades de medida específicas. Si al tomar los datos de Densidad Relativa, estos se encuentran fuera del rango aceptable o se producen cambios se debe investigar la causa, ya que indicaría que está contaminado con PCB's.
5. **Color:** Método normalizado ASTM D 1500. En un aceite nuevo el color es muy bajo, completamente transparente. A medida que envejece y se oxida se oscurece. La contaminación también puede producir un rápido cambio de color, el aceite malo puede presentar una ligera coloración, el mal color del aceite raras veces afecta el desempeño del aceite en servicio.

6. **Examen visual:** Método normalizado ASTM D 1524. La muestra de aceite se somete a una apreciación visual, esto para comprobar la opacidad, turbidez, partículas en suspensión, sedimentos visibles o lodos, carbón, agua libre o cualquier otra cosa. Una apariencia clara y brillante describe a un aceite aceptable; además de estar libre de partículas.

### **ANÁLISIS DE GASES DISUELTOS**

Método normalizado ASTM D 3612. Cuando el transformador esta sometido a esfuerzo eléctricos y térmicos, se generan gases combustibles en el transformador. Los materiales aislantes, tanto el aceite como el papel, se descomponen como consecuencia de tales esfuerzos y producen gases. La presencia y cantidad de estos gases revelan el tipo y grado de la condición que causa la generación de gases detectados.

### **CONTENIDO DE HUMEDAD**

Método normalizado ASTM D 1533. Esta prueba determina la cantidad de humedad de aceite aislante, mediante un Titulador Coulométrico Automático Karl Fischer. El contenido de humedad del aceite se presentan en partes por millón (ppm). La humedad en los equipos eléctricos originan dos condiciones perjudiciales, que son: la humedad incrementa el riesgo de falla dieléctrica en el equipo, la humedad contribuye a acelerar el envejecimiento del sistema de aislamiento líquido y sólido.

### **ANÁLISIS DE CONTENIDO DE PCB'S**

Método normalizado ASTM D 4059. Un PCB'S es un hidrocarburo sintético, con contenido de cloro fue desarrollado en la década de los 70, para transformadores en áreas cerradas o peligrosas debido a su alto punto de

inflamación y estabilidad química. Quedo prohibida su fabricación por su alto contenido tóxico.

## **ANALISIS DE FALLA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION**

Todo equipo eléctrico en su momento puede estar expuesto a dañarse por diferentes causas y motivos; al dañarse un transformador en pleno trabajo o campo por lo general no se tienen todos los elementos necesarios para determinar el origen de la falla. Por lo que se recomienda sean analizados en un taller especializado en donde se podrán revisar detalladamente los daños sufridos, cada dato obtenido del transformador dañado es registrado con el fin de analizar la causa, realizar un reporte y así explicar al cliente el por que del desperfecto.

Primeramente se deberá revisar el estado del tanque, estado de la pintura, abombamiento, golpes, oxidación y fugas de aceite. También se revisarán el estado de las boquillas y conectores, posibles perforaciones, quebraduras, si se encuentra suciedad o que falte alguno de ellos.

Se deberá revisar el estado de los empaques, nivel y estado de aceite, así como puntas o conexiones internas y el estado del cambiador de derivaciones. Luego se procede a efectuar las pruebas eléctricas para verificar el daño, salvo que el transformador presente falla visible. Las pruebas mencionadas son las siguientes:

1. Pruebas de relación de transformación. (DTR).
2. Medición de resistencia de aislamiento.
3. Prueba de rigidez dieléctrico del aceite.

Más adelante se detallara la función que tiene cada una de las pruebas antes mencionadas. Y los equipos necesarios para realizarlas.

Con los reportes obtenidos mediante las pruebas realizadas al transformador, se esta en condiciones de determinar la causa de falla de los transformadores de distribución.

Estas causas de falla son clasificadas de la siguiente manera:

1. Cortocircuito Secundario
2. Sobrecarga
3. Impulso por Rayo o Maniobras
4. Humedad en el Aceite
5. Defecto de reparación
6. Defecto de Fabricación
7. Vandalismo
8. Usos ilícitos
9. Choque o Golpe
10. Protección inadecuada
11. Otros

### **CORTOCIRCUITO SECUNDARIO**

El daño presentado por el transformador se debe a una corriente excesiva o de baja impedancia que circula a través de los devanados. Al realizar la inspección se pueden observar diferentes causas externas entre estas: cortocircuito en acometidas, conductores recocidos o colgados, rotos, cruzados, mala operación del fusible o una selección inadecuada de este. Por lo general el tanque no presenta evidencias de daño e igualmente las boquillas.

Internamente los daños pueden ser: desplazamiento de los devanados, puede presentar aislamiento carbonizado en poca proporción o puede haber aislamiento dañado o envejecido. Tanto el núcleo como el herraje no presentan daños, en los devanados se presenta desplazamiento de las bobinas de A.T. y B.T. pero sin presentar cortocircuito entre espiras. Al realizar las pruebas mencionadas anteriormente puede dar como resultado en este tipo de falla que todo esta bien.

Algunas recomendaciones para reducir este acontecimiento es:

1. Reducir la longitud de los secundarios, evitando distancias mayores a 200 metros.
2. Instalar conductores adecuados a la carga.
3. Revisar y aplicar debidamente las prácticas actuales de selección del fusible primario que protege al transformador.
4. Tensionar conductores colgados.
5. En áreas arboleadas cuando se instalen secundarios nuevos, utilizar conductores forrados.
6. Retirar objetos extraños de las líneas.
7. Eliminar falsos contactos en las líneas y en la conexión de las acometidas.

## **SOBRECARGA**

Es importante no confundirla con un cortocircuito en secundario ó acometida lejana o de alta impedancia, este daño es causado exclusivamente por un aumento anormal en la carga.

El tanque y los aisladores no presentan daños. Internamente se aprecia un deterioro acelerado del aceite con residuos de carbón y un olor fuerte a

combustión. El núcleo puede presentar envejecimiento y resquebrajamiento por sobrecalentamiento, además de carbón en su parte externa, el herraje presenta acumulación de carbón. El devanado presenta envejecimiento acelerado del aislamiento y residuo de carbón. Al realizar las pruebas puede dar relación de transformación correcta o marcar abierto. La resistencia de aislamiento presenta un valor bajo debido a la degradación acelerada del aceite, provocada por alta temperatura. La rigidez dieléctrica da un valor bajo que depende del grado de carbonización del aceite.

Algunas recomendaciones para reducir este acontecimiento es:

1. Evitar secundarios mayores de 200 metros y emplear conductores de calibres adecuados.
2. Seleccionar adecuadamente el fusible de protección primario.
3. Vigilar y eliminar acometidas de servicios fraudulentos que se localizan en determinadas horas del día.
4. Eliminar falsos contactos.

## **IMPULSO POR RAYO O MANIOBRA**

El daño presentado por el transformador se debe a un sobre voltaje en el devanado primario. Al realizar la inspección observamos que el tanque no presenta daño aparente, pero si la descarga es muy cercana puede deformarlo (abombarlo). Los aisladores presentan flameo parcial o total e inclusive si la descarga es muy cercana, puede presentarse destrucción de las mismas. En el aceite se puede apreciar residuos de carbón y presenta un olor a quemado, el núcleo generalmente no presenta daño pero puede llegar a fundir parte del núcleo cuando no se aterriza correctamente, el herraje no presenta daño.

El devanado dependiendo de la intensidad del sobre voltaje, varia desde un piquete entre espiras (bobina abierta), hasta un corto circuito entre capas del devanado del alta tensión. En la prueba de relación de transformación normalmente marca abierto, pero cuando el daño es muy severo puede marcar corto circuito entre capas. La prueba de resistencia de aislamiento puede dar un valor bajo debido a la carbonización del aceite, la de rigidez dieléctrica del aceite da un valor bajo que depende del grado de carbonización del aceite, el cual a su vez depende de la cercanía de la descarga del equipo.

Algunas recomendaciones para reducir este acontecimiento es:

1. Instalar apartarrayos a todos los transformadores para evitar este posible daño.
2. Conectar los apartarrayos lo más cercano al transformador.
3. Interconectar la bajante a tierra de los apartarrayos, con el neutro y tanque del transformador.
4. Concientizar al personal que efectúa las revisiones de los circuitos de la importancia que tiene el reportar: apartarrayos dañados, faltantes, bajantes de tierra rotos, apartarrayos desconectados y mal conectados.

## **HUMEDAD**

Esta falla se presenta por una mala hermeticidad de los empaques o por cerrar mal el registro de mano; lo que ocasiona disminución de la rigidez dieléctrica del aceite y demás aislamientos por la infiltración de humedad. Las causas pueden ser por empaques rotos, aisladores rotos o fisuradas, tornillería floja.

En el tanque se pueden apreciar manchas o escurrimientos de aceite, empaques dañados en tapas y en algunos casos, perforaciones o grietas. Se pueden encontrar bornes y aisladores flojos o con empaque dañado y aisladores fisurados o despostillados. El aceite se puede apreciar mezclado con agua, en el núcleo se aprecia presencia de agua y óxido. En el herraje también se presenta presencia de agua, óxido y lodos. En el aislamiento de los devanados se puede apreciar indicios de humedad.

En las pruebas realizadas se presenta que la relación de transformación da en cortocircuito o abierto, la resistencia de aislamiento da valores muy bajos y en casos extremos da un valor cero, la rigidez dieléctrica del aceite da valores demasiado bajos.

Algunas recomendaciones para reducir este acontecimiento es:

1. Instruir al personal que hace maniobras de transformadores, que las efectúan adecuadamente ya que de no hacerlo pueden deformar el tanque rompiéndose el empaque y aisladores.
2. Mantenimiento preventivo al transformador cuando en las inspecciones rutinarias se detectan fugas de aceite.

## **DEFECTO DE REPARACIÓN**

Aquí se incluyen los transformadores reparados en los que los daños pueden ser originados por la mala calidad de los materiales y la mano de obra y no se pueden atribuir a otras causas.

No presenta ninguna causa externa, el herraje, el tanque y aisladores no presentan daños, el aceite puede presentar residuos de carbón, coloración oscura y olor anormal. Si la falla de aislamiento es entre el devanado y el núcleo o por distancia menor a la especificada entre ellos puede presentar

inclusive perforaciones en el núcleo. El devanado dependiendo de la intensidad del daño puede variar desde una apertura o falla entre espiras (bobina abierta); hasta un corto entre capas del devanado de alta tensión.

En la prueba de relación de transformación puede marcar abierto o cortocircuito, la resistencia de aislamiento da un valor bajo o inclusive cero, la rigidez dieléctrica del aceite da un valor bajo o menor de 30 KV.

Algunas recomendaciones para reducir este acontecimiento es:

1. Seleccionar un taller de reparación de gran confiabilidad.
2. Realizar las pruebas de recepción establecidas en forma estricta y a cada uno de los transformadores.
3. Llevar historial de los talleres de preparación para poder reunir elementos de juicio sobre la calidad de la reparación que efectúan cada uno de ellos.

## **DEFECTO DE FABRICACIÓN**

En esta clasificación se incluyen los transformadores en los que el daño es originado por mala calidad de materiales y mano de obra, y no se puede atribuir a otras causas.

No presenta ninguna causa externa, el tanque y los aisladores no presentan ningún daño aparente. Interiormente puede presentar residuos de carbón, coloración oscura y olor anormal. En el núcleo si la falla del aislamiento es entre devanado o el núcleo o por distancia menor especificada entre ellos, puede presentar inclusive perforaciones en el mismo. El herraje no presenta daño, por lo general no presenta daños en los devanados, puntas a los conectores degollados o puntas del cambiador desconectadas.

En la prueba de relación de transformación puede marcar cortocircuito o abierto, la resistencia de aislamiento da un valor bajo o cero, la rigidez dieléctrica del aceite da un valor bajo menor de 30 KV.

Algunas recomendaciones para reducir este acontecimiento es:

1. Utilizar el reporte de investigación de la causa de daño del equipo, en el cual se registran los datos de: marca, parte que falló y las condiciones que existían al ocurrir la falla, tanto de las instalaciones como climatológicas.
2. Este reporte auxiliara para determinar si los daños son repetitivos por cada marca, es decir si un equipo de una marca determinada falla siempre en la misma parte o cuales son las partes que mas fallan.

## **PROTECCIÓN INADECUADA**

Se clasifican los transformadores que se dañan por protección inadecuada. Entre las causas externas se encuentran: fusibles inadecuados, sistemas de tierra inadecuados, rotos, falsos contactos, omisión de la misma, apartarrayos inapropiados o dañados.

El tanque generalmente no presenta evidencia de daño, en los aisladores no se observa ningún daño, tanto el núcleo como el herraje no presenta daño, se presenta desplazamiento de las bobinas de A.T y B.T., pero sin presentar corto circuito entre espiras ni capas.

Las pruebas de relación de transformación, resistencia de aislamiento, rigidez dieléctrica del aceite pueden resultar correctas.

Algunas recomendaciones para reducir este acontecimiento es:

1. Seleccionar adecuadamente el fusible de acuerdo a la capacidad del transformador.
2. Inspección periódica de apartarrayos.
3. Programas de revisión a los sistemas de tierras.
4. Concientizar al personal de la importancia que tiene que el equipo de protección quede instalado correctamente.

### **VANDALISMO O DAÑOS POR TERCEROS**

Esta causa se origina por terceras personas. Las causas externas pueden ser impactos de piedra o bala, choques a postes o retenidas, objetos extraños en la red secundaria, acometidas fraudulentas, etc. Al realizar una inspección se observa lo siguiente:

El tanque puede presentar impactos de bala o no presentar daño aparente, puede presentar aisladores quebrados o no presentar daño, el aceite puede encontrarse con residuos de carbón, coloración oscura, olor anormal, se aprecia mezclado con agua, emulsionado y formación de lodos.

El núcleo y el herraje no presentan daños, dependiendo de la intensidad del daño, el devanado puede no presentar daño, como también corto circuito en el devanado de alta tensión, impactos de bala o desplazamiento entre devanados.

En la prueba de relación de transformación dependiendo de la magnitud del daño puede dar relación correcta, marcar abierto o corto circuito. La resistencia de aislamiento da un valor bajo, la rigidez dieléctrica del aceite da un valor bajo, menos de 30 KV.

Algunas recomendaciones para reducir este acontecimiento es:

1. En áreas donde se determine la mayor incidencia de actos de vandalismo, efectuar campañas de orientación al público por los medios de comunicación disponibles, para disminuir los daños a los transformadores.

## **OTRAS CAUSAS**

En esta causa se registran los equipos que fallen por causas conocidas que no se pueden incluir en ninguna de las clasificaciones anteriores, siendo las más comunes:

- a) Falla en cambiador de derivaciones
- b) Falsos contactos en partes internas del transformador.
- c) Poste podrido o caído.
- d) Cortocircuito en alta tensión.
- e) Voltaje de alimentación incorrecta.
- f) Corrosión por contaminación salina o ambiental.

Exteriormente el tanque puede presentar abolladuras, aberturas, corrosiones y abombamiento, las boquillas pueden estar quebradas o sin daño aparente, las porcelanas contaminadas o los conectores corroídos. En el aceite puede encontrarse residuos de carbón, coloración oscura y un olor anormal, el núcleo puede presentar residuos de carbón o laminación suelta.

Los herrajes pueden encontrarse sueltos, doblados y con residuos de carbón, el devanado puede no presentar daño aparente o tener líneas reventadas, cortocircuito en el devanado de alta tensión o recalentamiento de las terminales del devanado de baja tensión.

En la prueba de relación de transformación dependiendo de la causa puede dar relación correcta o marcar abierto o corto circuito. La resistencia de

aislamiento da un valor bajo, la rigidez dieléctrica da un valor bajo, menor de 30 KV.

Algunas recomendaciones para reducir este acontecimiento es:

1. Cumplir con los programas de mantenimiento preventivos en las redes de distribución.
2. Obtener la mayor información que permita analizar con detalle el origen de la falla, a fin de identificar la causa y poder aplicar las medidas correctivas procedentes.
3. Verificar que se mantengan las separaciones y espaciamento eléctricos en los secundarios, bajo condiciones de viento máximo.
4. En las inspecciones detalladas, verificar cuidadosamente si hay: objetos no fácilmente visibles que hagan contacto eventual con la línea; contaminantes u otro tipo de material sobre los aisladores, que con una mayor humedad ocasional favorezcan el flameo del aislamiento.

## **MATERIALES REQUERIDOS PARA LA REFACCION DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION**

Es indispensable para la reparación de los transformadores el contar con todos los materiales requeridos; entre estos se encuentra el conductor de cobre necesario para el rebobinado de los devanados si en un caso es necesario, los materiales aislantes solidos y materiales aislantes líquido. Dentro de este proceso se encuentra también el acabado del tanque (repintado), repuestos de boquillas de cerámica, empaques, núcleo entre otros.

El aislamiento del transformador esta formado por: Aceite, papel impregnado en aceite, pressboard impregnado en aceite. Como aislantes líquidos se utiliza el aceite mineral, preparado y refinado especialmente para uso en transformadores y deberá cumplir con las siguientes características físicas, químicas y eléctricas de la NTC 1465 (ASTM D-3487), ultima versión. Su función es aislar, refrigerar y extinguir arcos que se pudieran producir.

Entre los aislantes sólidos mas utilizados se encuentra el papel kraft utilizado para envolver los conductores de los bobinados y el cartón prensado (pressboard) que dan forma a estructuras de aislamiento rígidas.

El sistema de aislamiento de los transformadores esta compuesto de varios materiales, tanto en las bobinas de alta y baja tensión se utiliza papel kraft y para lograr el perfecto aislamiento entre los devanados y en el núcleo se utiliza cartón prensado (pressboard). Los bobinados se realizan a partir de conductor de cobre con aislamiento sólido entre espiras y entre capas, la geometría de los bobinados se mantiene mediante el encintado de los conductores de cobre, obteniendo un conjunto compacto capaz de soportar los esfuerzos de cortocircuito.

## **AISLAMIENTO SÓLIDO EN TRANSFORMADORES**

El papel aislante utilizado es el papel kraft cuya base es la celulosa, a continuación se detallaran algunos conceptos relativos a ésta. El papel esta formado por fibras de celulosa, pero ésta no se encuentra en forma pura en la naturaleza, si no que se pueden encontrar compuestos formados por celulosa, tales como las fibras de algodón, la madera, etc.

Desde el punto de vista técnico y comercial, la celulosa recibe diferentes denominaciones y esto depende del proceso que se utilice para separar las fibras de celulosa del resto de los componentes de la madera.

Celulosa Química: Se obtiene a partir de un proceso de cocción de las partículas de madera con diferentes productos químicos a altas temperaturas y presiones. Dependiendo de los aditivos químicos usados en la cocción, existen celulosas químicas kraft y celulosas al sulfito, siendo la primera mas utilizada a nivel mundial.

La celulosa química kraft se caracteriza por tener un rendimiento total relativamente bajo, es decir, solo entre un 40% y un 60% del material original (madera) queda en el producto final (fibras), el resto (lignina), se disuelve en la solución alcalina para ser posteriormente quemada y generar la energía térmica y eléctrica necesaria en los procesos productivos.

Celulosa Mecánica: Conocida también como Pulpa mecánica, se obtiene desfibrando la madera a altas temperaturas y presiones, proceso que requiere de un alto consumo energético. Esta celulosa se caracteriza por tener un alto rendimiento, normalmente entre un 85% y 95%.

La celulosa utilizada para fabricar el papel aislante utilizado en aplicaciones eléctricas es elaborada mediante el proceso denominado Kraft<sup>3</sup>.

## **PAPEL AISLANTE**

Los aisladores sólidos tiene la característica de poder proveer un soporte rígido o flexible a equipos o conductores eléctricos. Este papel puede ser fácilmente impregnado de aceite al 100% en un breve espacio de tiempo su fineza y elasticidad de los materiales de partida son las propiedades responsables de la gran rigidez dieléctrica del papel kraft; su aplicación se encuentra tanto en transformadores de lato voltaje como en lugares con un alto gradiente de intensidad de campo eléctrico, en transformadores corrientes, cables y muchas aplicaciones.

---

<sup>3</sup> Velásquez, Ashley. Procesos productivos del papel. Junio 2007

La constante dieléctrica relativamente elevada del material sólido hace que la sollicitación del salido sea sólo la mitad o las dos terceras partes de la que habría si el aceite ocupara el mismo espacio<sup>4</sup>.

Con el paso del tiempo la celulosa impregnada en aceite adquiere un contenido de humedad, este contenido en humedad del papel se utiliza como indicador de antigüedad.

## **CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL PAPEL KRAFT**

En la mayoría de los casos la composición del papel está compuesta por un 60% de pulpa de manila y un 40% de pulpa de papel Kraft. Para conseguir buenas propiedades eléctricas es necesario un balance entre la longitud de las fibras y las propiedades mecánicas, aunque sea a costa de debilitar la resistencia mecánica.

Las propiedades dieléctricas mas importantes del papel, las que proporcionan la calidad de aislamiento son la permitividad dieléctrica  $\epsilon$ , el factor de pérdidas  $\tan\delta$  y la conductividad  $\sigma$ . El papel tiene que estar protegido del contacto directo con la humedad para mantener sus propiedades dieléctricas, debido a la alta afinidad del papel al agua<sup>56</sup>.

En el transformador existen áreas, las cuales soportan altas tensiones eléctricas y mecánicas. Estas tensiones mecánicas pueden no ser soportadas por el papel aislante y por esta razón, para determinadas condiciones se usa el cartón prensado.

---

<sup>4</sup> J. Aubin, Y. Tong, G. Bennett, J. Eitzel. Moisture in paper assessment from continuous monitoring of moisture in oil. Power System XCEL Energy. EPRI Substation Equipment Diagnostic. Conference, New Orleans, February 16-18,2004.

<sup>5</sup> K. Walczak. Wáter in oil- paper insulation. Institute of Electric Power Engineering. Poznan University of Technoloy. 2003.

<sup>6</sup> G. Fink, Donald, Wayne Beauty. H, M. Carroll, John. Manual Practico de electricidad para ingenieros. Editorial Reverté. 1984.

Es de mucha importancia que el papel aislante del transformador no se degrade ya que comienza la degradación; todas sus propiedades se deterioran, si bien las propiedades mecánicas lo hacen más rápidamente que las propiedades dieléctricas.

Los papeles utilizados en el aislamiento de los devanados serán clase A, los cuales deberán soportar la máxima temperatura en el punto mas caliente de los devanados. Se deberán utilizar procesos de horneado que garanticen el curado de las resinas, asegurando así resistencia mecánica permanente durante el tiempo de vida del transformador.

El aislamiento del alambre esmaltado deberá soportar como mínimo dos veces la tensión espira a espira del diseño del arrollamiento a baja frecuencia y cumplirá los requisitos establecidos en la NTC 361.

## **DETERIORO DE AISLAMIENTOS DEL TRANSFORMADOR**

Al usar aceite y papel como materiales aislantes de equipos eléctricos, se debe tener en cuenta que ambos materiales envejecen y se descomponen con el tiempo, el envejecimiento se acelera cuando son expuestos a altas temperaturas y humedad. El deterioro del aceite puede resolverse reemplazándolo, pero el de la celulosa define la vida útil del transformador.

Después de la perforación eléctrica en los aislamientos sólidos no se presenta la regeneración total del dieléctrico, tampoco una renovación constante del dieléctrico como sucede en los aislamientos líquidos y gaseosos confinados, es decir, el aislante sólido una vez ocurra la perforación no se renovará y a un nivel de tensión menor que la primera vez, se presentará de nuevo un arco por el interior del aislador<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Portela, Carlos. Sobretensiones y coordinación de aislamiento. Volumen 1. 1983

La duración de la vida útil de un aislante sólido puede ser expresada en función de la temperatura, ya que ésta determina la alteración de sus propiedades físico-químicas. Otros dos factores que afectan fuertemente la velocidad de las reacciones químicas en los aislantes sólidos son la presencia de aire y humedad.

En presencia del aire, especialmente ozono; algunos materiales sufren de oxidación como consecuencia se presenta una alteración de las propiedades mecánicas y eléctricas.

En presencia de humedad y temperaturas relativamente elevadas sufren reacciones de hidrólisis que no es más que la descomposición de ciertos compuestos por acción del agua, como consecuencia se alteran las propiedades eléctricas y mecánicas.

## **TANQUE**

El tanque y la tapa de los transformadores son de lámina de acero; la tapa deberá ir con sus respectivos tornillos, provista de empaques de acuerdo con la NTC 1490 y 1656. La lámina del tanque es de un espesor que esté en capacidad de soportar todos los esfuerzos mecánicos originados por el propio peso del transformador y los esfuerzos producidos por sobrepresiones internas debido ya sea de sobrecargas o cortocircuitos.

El diseño de la tapa del tanque no permite el almacenamiento de agua encima de ella. Las perforaciones que posee la tapa para asegurar los aisladores a la misma deben tener un resalto circunferencial hacia arriba, la finalidad de esto es evitar la acumulación de agua y así minimizar la entrada de humedad al transformador.

El diseño del tanque y sus accesorios deben evitar las cavidades donde se pueda acumular gas. La separación entre la parte activa y el fondo del

tanque, tendrá espacio suficiente para acumulación de sedimentos. Su diseño debe permitir izar el transformador completo por medio de grúas y transportarlo por carretera, barco, etc. Sin sobre esforzar las uniones que causen el subsecuente escape de aceite y deformaciones del tanque y la tapa. También debe disponer de una pestaña en la parte inferior o algo similar de tal manera que al colocar el tanque sobre una superficie plana, el

## **DEVANADOS**

Los devanados primarios y secundarios serán de cobre, y debido a que estos deben constituir una unidad solida son sometidos a los procesos de prensado y curado que fuesen necesarios.

El borne secundario en su parte interna deberá ir unido a la bobina de tal forma que presente área de contacto adecuada para la corriente que circulará por allí. El terminal secundario interno del transformador se coloca entre arandelas con tuerca y contratuerca al lado del buje y tuerca en el otro lado. Los herrajes serán de cobre o latón dependiendo de la capacidad del transformador, las soldaduras usadas en las uniones deberán ser aleaciones de plata.

La tensión mecánica del bobinado debe ser adecuada, de forma que no se someta a esfuerzos excesivos que puedan forzar el conductor y los aislamientos o que permitan que el devanado quede demasiado suelto, se evitara todo dobléz innecesario del alambre al embobinarlo.

## **NÚCLEO**

El núcleo es fabricado con láminas de acero al silicio, grano orientado y laminado en frio u otro material magnético, libres de fatiga por envejecimiento, alta permeabilidad y bajas pérdidas por histéresis.

Las láminas llevan películas aislantes en sus superficies, las cuales no serán afectadas por el aceite caliente o los aumentos de temperatura propios del núcleo del transformador. Las láminas deben estar aseguradas para que resistan esfuerzos mecánicos y deslizamientos durante el transporte, montaje y condiciones de cortocircuito. La presión mecánica se deberá distribuir equilibradamente sobre las láminas del núcleo, el diseño de la estructura de fijación del núcleo debe minimizar las pérdidas por corrientes parásitas.

El núcleo y bobinas una vez acoplados serán soportados por una estructura o brida metálica. Dicha estructura y brida esta diseñada para soportar las fuerzas axiales de cortocircuito que puedan causar daños o deformación de las bobinas, en su parte superior tendrá medios apropiados para sujetar la parte activa de tal forma que pueda extraer el conjunto sin dispositivos especiales.

Este conjunto se fijará en el tanque de modo que ni se presenten desplazamientos cuando se mueva el transformador, es un mecanismo sencillo, práctico y preciso que evite el uso de herramientas especiales. Una vez armada se someterá a un proceso de secado. El núcleo será aterrizado al tanque del transformador para evitar potenciales electrostáticos.

## **BUJES TERMINALES**

Los bujes para transformadores de distribución, tipo intemperie deberán tener las dimensiones dadas por la norma IEC 137. Los bujes primarios serán de distancia de fuga 430m.

El color de los aisladores deberá ser gris a menos que se especifique otro. Los transformadores monofásicos deben ir equipados con dos bujes en el lado de alta tensión y tres bujes en el lado de baja tensión, incluyendo el neutro accesible.

El montaje de los bujes debe estar de acuerdo con la NTC 1490 y debe ser efectuado de forma individual. La porcelana utilizada en los bujes es homogénea, libre de cavidades u otro defecto que perjudique la resistencia mecánica o la calidad dieléctrica; deber estar vitrificada y ser impermeable, el esmaltado de las partes de porcelana debe estar libre de imperfecciones tales como burbujas o quemaduras.

Los bujes de alta tensión deben estar equipados con conectores no soldados. Los terminales para los devanados de baja tensión deben ser para salidas verticales con conectores aptos para conectar conductores de cobre o aluminio. Estos conectores deben estar de acuerdo con la capacidad de estos y la capacidad de corriente de los terminales.

## **CAMBIADOR DE DERIVACIONES O TAP**

El cambio de derivación de los transformadores consiste en un conmutador con un mínimo de 5 posiciones. Su operación se efectuará una vez desenergizado el transformador por medio de una perilla que se encuentra colocada en la parte externa del transformador, el objetivo es que para efectuar la operación de conmutación no sea necesario destapar el transformador. Cada transformador tiene indicada cada una de las respectivas posiciones de tensión ya sea en una placa indicadora, en la misma perilla o en la pared del tanque. Este cambiador es fabricado en material de alta resistencia mecánica y es capaz de soportar altas elevaciones de la temperatura máxima admisible en la parte superior del aceite sin presentar deformaciones que puedan afectar la presión de los contactos.

## **PINTURA**

Se aplicará inicialmente un método abrasivo para asegurar la fijación de las capas posteriores. Luego de aplicar el abrasivo se deberán aplicar capas de anticorrosivo y finalmente capas acabado para ambiente tipo 2.

Para la aplicación de la pintura se puede utilizar cualquier método siempre y cuando se conserve el hecho de que la base anticorrosiva sea epóxica.

La superficie interior del tanque será terminada con una capa de pintura ligeramente coloreada que sea resistente al aceite a una temperatura de por lo menos 105°C. El acabado debe ser de color gris claro de acuerdo con la escala Ral o Munsell.

### **CAPITULO III:**

## **ANALISIS DEL REFACCIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION MONOFASICO EN INSTITUTO POLITECNICO LA SALLE**

## **INSTITUTO POLITECNICO LA SALLE**

El Instituto Politécnico la Salle fue fundado por los Hermanos de la Salle en 1903, este centro se encuentra ubicado en la ciudad de León. La principal labor de los Hermanos era y es la de dirigir, organizar y educar, siempre bajo el denominador común de administrar mucho espíritu e ilusión y pocos medios materiales. Anteriormente se conocía este centro con el nombre de Hospicio San Juan de Dios, las instalaciones fueron trasladadas, a un local de magnitud mayor y el servicio a las clases sigue vigente.

Las transformaciones tecnológicas en estos últimos años han obligado a que la comunidad de Hermanos vaya adaptando perfiles, currículos, programas y tecnologías para que la respuesta que la iglesia da al reto laboral sea eficaz. Este Instituto sigue siendo subvencionado, aunque no por el Gobierno.

En este centro se encuentran además Talleres de Producción que brindan servicios como: Ebanistería, Mecánica Automotriz, Mecánica Industrial, Taller Industrial (refacción de transformadores de distribución monofásico), Taller Eléctrico (reparación de motores). El aporte del Distrito de Hermanos de Centroamérica y los trabajos que los Talleres realizan hacen posible que se siga brindando el apoyo necesario para que la juventud Nicaragüense se prepare profesionalmente contribuyendo así a mejorar la calidad de vida de ellos mismos y de quienes los rodean. Este Instituto es poseedor de un equipamiento relativamente bueno para Nicaragua, que ha sabido conservar a los largo de los años y tiene buenas posibilidades de proyectarse en la comunidad y dar servicios de capacitación a las empresas y personas que así lo requieran.

El presente trabajo se enfocará en el servicio realizado en el Taller Industrial, el cual su objetivo es el dar mantenimiento y reparar transformadores de

distribución monofásicos. El rango de los transformadores a los cuales se les brinda el servicio es de 10 a 100KVA.

## TALLER INDUSTRIAL

El Taller Industrial comienza sus operaciones en el año 1990, bajo la supervisión de la Fundación Politécnico La Salle. Su misión es dar mantenimiento a transformadores de distribución monofásicos y dependiendo del daño en el que ingresen a las instalaciones realizar su reparación. El rango de estos transformadores va de 10 a 100KVA.

La Fundación Politécnico La Salle se asocia con otra Empresa conocida como COPERMA S.A en el año 2012, sus funciones son: construir líneas en media y baja tensión, Montaje y mantenimiento de banco de transformadores, instalaciones eléctricas en general, servicios de grúa y actualmente son los encargados del taller industrial en la parte laboral. La parte administrativa se trabaja en conjunto con la Fundación, quien es la encargada de hacer los pedidos de los materiales requeridos para la refacción y mantenimiento de los transformadores así como la encargada en el depósito de los pagos de trabajos realizados.

Anteriormente el taller no contaba con la certificación de transformadores y eran enviados a ENATREL los cuales realizaban las pruebas necesarias para corroborar su adecuado funcionamiento y certificarlo. Se presentaron casos en el que los transformadores eran regresados en malas condiciones, lo que significaba que no soportaron alguna de las pruebas. El Taller se hacía responsable y aunque significaban pérdidas de materiales se volvía a reparar y enviado de nuevo a ENATREL hasta que cumpliera con lo requerido. En el 2012 el Taller obtiene el Certificado de Pruebas de Transformadores de Distribución, lo que significaba que no era necesario enviarlos a ENATREL.

A continuación se detallará todo el proceso realizado por el Taller en el momento en que ingresa un transformador. Las pruebas realizadas, equipos

utilizados y fichas necesarias para un buen control y supervisión de los equipos. El Taller se rige por las Normas internacionales ASTM, ANSI/IEEE ya sea para la selección de equipos así como el aceite a utilizar.

La refacción de transformadores ha sido un servicio altamente demandado ya sea por empresas y usuarios privados.

## **REFACCIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION MONOFASICO**

Primeramente al ingresar un transformador a las instalaciones del Taller Industrial se llena un formato llamado Hoja de Diagnostico, contiene el nombre del cliente o empresa, los datos de placa del transformador, datos del estado externo del transformador así también de la parte interna, datos de pruebas realizadas, un dictamen emitido por el encargado y la aprobación del jefe de Taller Eléctrico.

Para llenar este primer formato es preciso una inspección visual del transformador y el estado en que ingresa, es necesario verificar que contiene todos sus accesorios, de no ser así se especifica en este formato las partes faltantes con la que ingreso y evitar posibles reclamos futuros. Una vez comprobado su estado y anotado los datos de placa necesarios se procede a realizar la prueba de Relación de Transformación y la prueba de Resistencia de Aislamiento, los resultados son anotados; en caso de que los resultados no sean los esperados se realiza una inspección interna lo que significa retirar la tapa del transformador, chequear el estado del aceite aislante, color o algún signo de contaminación. Con ayuda de un teclé se retira el núcleo de este y se revisan los estados de los bobinados, se toman fotografías como respaldo al cliente para que visualice donde y cual era el problema.

Una vez completado el primer formato, el encargado es el único poseedor del formato de Datos para Rebobinado de Transformadores Monofásico, aquí de igual forma se deben anotar los datos del transformador, Potencia, HV y LV y otros parámetros necesarios.

El último formato es conocido como Certificado de Prueba de Transformadores de distribución. Una vez completados todos son entregados al jefe de taller. Para ver formatos referirse a anexos.

## **MATERIALES UTILIZADOS EN TALLER INDUSTRIAL DEL INSTITUTO POLITECNICO LA SALLE (IPLS)**

El presente escrito tiene como objetivo el detallar los materiales utilizados en IPLS así como sus propiedades y características técnicas.

### **ACEITE DIELECTRICO**

Marca: MOBIL UNIVOLT

Código: 98 BN36, N61B, 55GA

Distribuido por la empresa MERCALSA (Mercadeo Centroamericano de Lubricantes S.A.)

### **DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

Univolt 61B es un aceite para transformadores que ofrece propiedades de limpieza, enfriamiento, aislamiento y soplado de arco, al tiempo que satisface los requisitos de un fluido ASTM D 3487 tipo II, al ser de este tipo brinda un rendimiento extraordinario en transformadores, disyuntores, interruptores y condensadores.

### **PROPIEDADES Y BENEFICIOS**

Es elaborada a partir de aceites bases cuidadosamente seleccionadas, que son los preferidos por la industria nacional de energía, bajo condiciones de fabricación rigurosamente controladas. Satisface los exigentes requisitos de la especificación ANSI/ASTM D 3487 para aceites dieléctricos.

1. Excelente fuerza de impulso.
2. Excelente estabilidad frente a la oxidación.
3. Larga vida de servicio.
4. Bajo factor de energía y Baja tendencia a carga estática.

## APLICACIONES

Normalmente este aceite es recomendado para los transformadores de distribución en el campo. En cuanto a temperaturas dentro de un transformador de distribución pueden alcanzar los 100°C, es de mucha importancia un adecuado diseño de la unidad, incluyendo el sellado hermético, ya que Univolt N 61B es un producto tipo aceite mineral, su inflamabilidad hace que el producto sea inadmisibles para las unidades colocadas dentro de edificios.

## ESPECIFICACIONES Y APROBACIONES

Univolt N61B cumple o excede las siguientes especificaciones: ANSI/ASTM Tipo II.

## CARACTERISTICAS TIPICAS

Univolt N 61 B	
Viscosidad, ASTM D 445	
cSt, 40C	9.8
cSt, 100C	2.4
Punto de anilina, C, ASTM D 611	70.4
Color, ASTM D 1500	L 0.5
Azufre corrosivo, ASTM D 1275	No es corrosivo
Punto de escurrimiento, C, ASTM D 97	-50
Punto de inflamación, C, ASTM D 92	149
Gravedad especifica, D 1298	0.889
Tensión Interfacial, 25C, dinas/cm., ASTM D 971	46
Numero de neutralización, mg KOH/g, ASTM D 974	<0.01
Agua, ppm, ASTM D 1533	15
Rigidez Dieléctrica, kV, ASTM D 877	40

## **SALUD Y SEGURIDAD**

Basado en información disponible, no es de esperar que este producto cause efectos adversos en la salud mientras se utilice en las aplicaciones a las que esta destinado y se sigan las recomendaciones de la ficha de Datos de seguridad (FDS). Las fichas de están disponibles a través del Centro de Atención al Cliente o en internet. Dicho producto no debe utilizarse para otros propósitos distintos a los recomendados.

## **PAPEL DIAMANTADO TERMO PACK**

Este tipo de papel es fabricado en China, es un papel de aislamiento de material polímero compuesto; se usa para soportar altas temperaturas, de color natural.

## **ESPECIFICACIONES**

Este papel diamantado esta hecho de papel kraft recubierto con resina epoxi, el adhesivo epoxi se aplica a ambos lados del papel y en forma de diamantes de ahí su nombre.

## **APLICACIONES**

Es adecuado a su vez para el aislamiento de las bobinas de los transformadores de potencia sumergidos en aceite y conveniente para la capa de aislamiento de las bobinas en transformadores de distribución.

## **VENTAJAS**

Este producto tiene buenas propiedades dieléctricas y buenas propiedades mecánicas después de la solidificación producto del calor. Como el revestimiento de resina se encuentra distribuido en un diamante, poca cantidad de resina podría absorber en el papel de aislamiento durante la fusión y el proceso de curado garantizando la eliminación de contenido de

aire en el papel de aislamiento y garantiza la pérdida por absorción de aceite, reduce al mínimo los daños y perjuicios de la corona y descarga parcial.

Este papel es distribuido por la empresa EPS de Guatemala (Electric Power Supply de Guatemala) y es a esta a la cual el Taller Industrial del IPLS realiza los pedidos de compra.

## **COBRE**

El cobre utilizado para rebobinar las bobinas de los transformadores es comprado en la Empresa de Suministros Eléctricos S.A. ubicada en la ciudad de Managua, Nicaragua.

Es una empresa privada categorizada por proveer distintos materiales de construcción eléctricos.

## **EQUIPOS PARA REALIZAR PRUEBAS EN TRANSFORMADORES Y DETECTAR AVERIAS**

Se detallarán los equipos de los cuales el Taller Industrial ubicado en el IPLS posee:

### **MEDIDOR DIGITAL DE RELACION DE TRANSFORMADOR MODELO DTR 8500**

Al ser conectado a un transformador no energizado el DTR 8500 mide con exactitud la razón de espiras primarias a secundarias, mostrando simultáneamente la polaridad y la corriente de excitación. Es un equipo totalmente automático y utiliza un método de prueba según ANSI/IEEE. No requiere calibración, selección de rango, uso de manivela o un balanceo tedioso por parte del usuario. En cada medición que realiza se auto calibra automáticamente y revisa si hay espiras, conexiones, desconectores abiertos, cortocircuitos, cables de prueba mal colocado y polaridad invertida. Las mediciones son presentadas de forma rápida y exacta.

Construido usando solo componentes eléctricos y mecánicos de la mas alta calidad, el DTR Modelo 8500 establece el estándar en un diseño avanzado en ingeniería y en fabricación, proporcionando al usuario años de mediciones exactas y confiables.

### **CARACTERISTICAS**

1. Diseñada para transformadores de Potencia, VTs, PTs y CTs.
2. Lecturas directas de razón de espiras desde 0.8000:1 a 1500.0:1
3. Muestra la razón de espiras, polaridad y corriente de excitación simultáneamente. Incluye cables de 15 pies.
4. Alimentación y operación directamente de la red o por batería

5. Advierte y protege contra conexiones incorrectas, inversión de polaridad y circuitos abiertos o en cortocircuito.

## **APLICACIONES**

1. Transformadores de Potencia.
2. Transformadores de Voltaje.
3. Transformadores de Corriente.

## **MEGOHMETRO ANALOGICO/DIGITAL HASTA 5000V MODELO 5050**

Este modelo es el resultado del diseño mas avanzado en Megóhmetros para 5000V y dentro de su categoría el más novedoso del mercado actual. Esta nueva y avanzada serie muestra por display la tensión de ensayo, la resistencia de aislamiento y la corriente de fuga durante el ensayo. Ha sido diseñado con el máximo nivel de seguridad.

La capacitancia del elemento ensayado y la tensión de descarga se muestran una vez finalizado el ensayo. Si el instrumento detecta una tensión superior a los 25V en el equipo a ensayar, bloquea automáticamente la generación de tensión impidiendo así la ejecución del ensayo. Este instrumento opera con una batería recargable incorporada o pueden tomar energía desde la red.

## **CARACTERISTICAS**

1. Escalas de tensión de ensayo de 500V, 1000V, 2500V y 5000V.
2. Medición de aislamiento desde  $30K\Omega$  a  $10,000G\Omega$  ( $10T\Omega$ ).
3. Opción de programación y selección de la tensión de ensayo (40 a 5100V).
4. Calculo automático de los parámetros de relación de absorción dieléctrica, índice de polarización y el valor de descargas dieléctricas.

5. Medición directa e indicación por display de la capacitancia y la corriente de fuga.
6. Muestra por display la resistencia, la tensión de ensayo y el tiempo de duración del ensayo.
7. Auto apagado.
8. Diseño y construcción según normas de seguridad IEC.
9. Cumple normas EN 61010-1, 1000V CAT III

### **APLICACIONES**

1. Ensayos de aislamiento en cables, transformadores, motores, generadores, aisladores y cableado de instalaciones.
2. Altas resistencias o ensayos de absorción.
3. Ensayos de aislamiento de lectura instantánea.
4. Medición temporizada de resistencias.
5. Ensayos de Relación de Absorción Dieléctrica e Índice de Polarización.

### **PINZA AMPERIMETRICA HIOKI 3286-20**

Medidor monofásico de potencia tipo pinza con capacidad para medir hasta 600V y 1,000A; display LCD.

### **CARACTERISTICAS**

Este equipo calcula y muestra los valores de potencia para una entrada de onda senoidal a 50/60Hz, suponiendo que sea equilibrada y no hay distorsión. Capaz de medir tensión, corriente, voltaje/corriente pico, potencia activa/reactiva/aparente, factor de potencia, ángulo de fase, reactividad, frecuencia, etc.

## **OTROS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA REFACCION DE TRANSFORMADORES EN IPLS**

### **OIL TESTER BAUR PGO S-3**

Es utilizado en laboratorios para determinar la tensión de ruptura y la resistencia, realiza todas las funciones básicas necesarias para la ruptura de una medición de muestra requerido automáticamente. Para garantizar un campo de aproximación uniforme entre los electrodos las placas se alinean en paralelo, al realizar el ensayo se incrementa automáticamente hasta un desglose hecho o el valor final es alcanzado. Si durante la medición se abre la tapa protectora, se desconecta la alta tensión y el control del flujo. Pesa alrededor de 120 lbs. 240V. Transformador sumergido en aceite.

### **CARACTERISTICAS**

1. Enchufe para motor de vórtice.
2. Motor Vortex con montaje.
3. Electrodo.
4. Prueba buque.
5. Guardia.
6. Aislador.
7. Visualización de tensión en kV.
8. Interruptor de encendido.
9. Indicador del temporizador.
10. Interruptor de aceite vórtice con luz indicadora.
11. Interruptor de aumento de tensión.
12. TEST botón START con luz indicadora.

## **HORNO INDUSTRIAL O ESTUFA TIPO ARMARIO DISTRIBUIDO POR PROETI; MARCA ETI.**

Este tipo de estufas, son fabricadas para temperaturas regulables desde ambiente hasta 200°C. El control y la regulación de temperatura puede ser analógico o digital. La circulación de aire esta asegurada mediante un motor que produce un flujo de aire horizontal, acelerando así las operaciones de secado.

Estas estufas se fabrican bajo pedido, atendiendo a las características en cuanto a capacidad y tipo de control de temperatura requeridas por el cliente.

El horno utilizado en el IPLS, posee un controlador de calefactor/ temperatura de un solo lazo, marca Allen Bradley- 900 TC16. El cual se instala en el panel designado para el horno. El modelo de este horno es 900023, Controlador dto, Alimentación 220V-60Hz.

## **OIL PURIFYING PLANT. MARCA A. HERING.**

Planta de purificación de aceite del transformador, su aplicación principal es la eliminación de las partículas, el agua y los gases. El aceite que sale de la planta tendrá fuerza dieléctrica mejorada. Fabricada en Alemania por HERING- NÜRNBERG

### **DATOS PLACA**

1. Typ 10K200.
2. No de serie-59162.
3. Año de manufacturado: 1985.
4. Current 3AC, tension-220v 21 A

## **MAQUINA PARA BOBINAR NUCLEO DE TRANSFORMADORES CON CONTADOR INCLUIDO**

Esta maquina tiene incluido un contador de vueltas lo que permite saber la cantidad de vueltas por capa que vaya bobinando el operador. Es de la marca MICAFIL ZURICH, Typ- MW 110. 1500, No- 69M1623, 240V.

## **PRUEBAS REALIZADAS**

### **PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

Esta prueba es realizada con ayuda de un equipo llamado MEGOHMETRO, consta de una fuente de CD y un indicador de megohmios. La capacidad de la fuente de CD es baja ya que su finalidad es ver el estado en que se encuentra el aislamiento, esta es una prueba indicativa no destructiva, de forma que si un aislamiento esta débil no lo agrave.

### **MEDIDAS DE SEGURIDAD**

1. El personal encargado en realizar las conexiones de prueba, deberá usar zapatos y guantes de seguridad dieléctricos.
2. No realizar la prueba en una atmosfera explosiva.
3. Verificar que el transformador a probar se encuentre des energizado y aislado, tanto en el lado primario como secundario.

La resistencia de aislamiento de un transformador se mide entre los devanados conectados entre si (cortocircuito), contra el tanque conectado a tierra y entre cada devanado y el tanque.

Las mediciones realizadas son:

1. Alta Tensión (AT)- Tierra.
2. Baja Tensión (BT)- Tierra.
3. Alta Tensión (AT)- Baja Tensión (BT)

### **INSTRUCCIONES GENERALES**

1. Para la prueba AT- Tierra. Conectar la terminal de entrada (+) del MEGGER a un extremo del devanado de alta tensión del transformador y la terminal de entrada (-) al otro extremo del devanado

de alta. El terminal de entrada G al tanque del transformador que esta sólidamente aterrizado.

2. Para la prueba BT- Tierra. Conectar la terminal de entrada (+) del MEGGER a un extremo del devanado de baja tensión del transformador y la terminal de entrada (-) al otro extremo del devanado de baja tensión. El terminal de entrada G al tanque del transformador que esta sólidamente aterrizado.
3. Para la prueba AT-BT se conecta la terminal de entrada (+) del MEGGER a un extremo del devanado de alta tensión y la terminal de entrada (-) en un extremo del devanado de baja tensión del transformador. El terminal de entrada G no se conectara a tierra.

Un aumento apreciable de la resistencia de aislamiento durante el tiempo de aplicación de la tensión denota un buen estado de los aislantes de devanados. Un aislamiento pobre denota humedad, suciedad y/o deterioros<sup>8</sup>. En la práctica en el taller industrial al haber mediciones próximas a 1G se considera como una buena medida de la resistencia de aislamiento.

## **PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION**

Para esta prueba se hace uso del medidor digital de relación de transformador modelo DTR 8500. Esta prueba sirve para confirmar la relación de transformación y polaridad de transformadores nuevos y usados e identifica desviaciones en las lecturas de la relación de vueltas, indicando problemas en uno o ambos bobinados.

Para transformadores que tienen cambiador de derivaciones (TAPS) para modificar su relación de voltaje, la relación de transformación se basa en la comparación entre voltaje nominal de referencia del devanado respectivo

---

<sup>8</sup> El aislamiento del equipo eléctrico de Media Tensión/p.9. publicación Técnica Schneider Electric

contra el voltaje de operación o porcentaje de voltaje nominal al que esta referido. Se deberá determinar para todos los taps y para todo el devanado.

Se hace uso de una tabla como guía a la hora de realizar esta medición. Para calcular la relación de transformación existe la siguiente formula:

$$m = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Donde:

1. m= relación de transformación.
2.  $V_1$ = tensión del primario
3.  $V_2$ = tensión del secundario
4.  $N_1$ = numero de espiras del primario
5.  $N_2$ = numero de espiras del secundario

<b>Datos de Relacion de Transformadores Monofasicos segun Calculo</b>				
<b>VH</b>		<b>VX 120</b>	<b>240</b>	<b>480</b>
14400		120	60	30
13800		115	57.5	28.75
13200		110	55	27.5
12870		107	53.65	26.81
12540		104	52.25	26.12
8000		66.66	33.33	16.66
7810		65.08	32.54	16.24
7620		63.5	31.75	15.87
7430		61.9	30.95	15.47
7240		60.33	30.16	15.08
15120			63	
14760			61.5	
14400			60	
14040			58.5	
13680			57	

Tabla. Relación de Transformación según cálculo.

## **INSTRUCCIONES GENERALES**

1. Colocar el conector de cable primario (Lado-alto "H") del equipo al lado de alta tensión del transformador y el conector de cable secundario (Lado-bajo "X") al lado de baja tensión del transformador.
2. Realizar la prueba para cada uno de los TAPS del transformador.
3. Anotar los resultados y verificarlos con la tabla de relación de transformación.

## **PRUEBA DEL ACEITE**

Ya sea por mantenimiento o reparación, a los transformadores ingresados al taller se les hace un cambio de aceite, este aceite nuevo es sometido a la prueba de rigidez dieléctrica con ayuda del OIL TESTER Marca BAUR, el valor mínimo de rigidez dieléctrica permisible para aceites usados es de 25 KV mínimo, y para aceites nuevos de 35 KV según norma ASTM D877. El valor mínimo para aceites usados es de 20 KV mínimo y para aceites nuevos de 30 KV mínimos según norma ASTM D1816. La prueba se realiza cinco veces y se obtiene un promedio, si no cumple las normas se hace uso de la Planta Purificadora de aceite y se realizan de nuevos las pruebas para verificar la mejora de la rigidez dieléctrica del aceite.

Una vez refaccionado el transformación y comprobando mediante la prueba de resistencia de aislamiento y de relación de transformación que todo esta bien se somete a las pruebas de vacío y cortocircuito. Estos datos son anotados en el último formato Certificado de Prueba de Transformadores de distribución.

## **ENSAYO EN VACIO- MEDICIÓN DE PERDIDAS EN VACIO**

Para la realización de este ensayo se hace uso de un transformador con una relación de transformación de 30 el cual es alimentado en el lado de alta

tensión, el lado de baja tensión de este transformador se conecta al lado de alta del transformador a realizar la prueba y de esta forma aplicar el voltaje máximo soportado por este, para realizar este ensayo se dejan abiertos los devanados de baja tensión, con ayuda de la pinza amperimétrica HIOKI 3286-20 se logra medir la corriente de vacío, tensión nominal y las pérdidas en el hierro.

### **PRUEBA DE CORTOCIRCUITO**

Calculando la  $I_{nom}$  del transformador sometido a esta prueba y alimentando el transformador por el lado de alta, con la ayuda de la pinza amperimétrica se controla que al variar el voltaje aplicado al transformador no se sobre pase el valor de la corriente nominal soportado por el transformador, el lado de baja es cortocircuitado antes de alimentar el lado de alta tensión.

Gracias a las características de la pinza amperimétrica es posible medir: corriente nominal, tensión de cortocircuito, pérdidas en los devanados,  $I_{cc2}$ . Una vez obtenidos estos datos se procede a calcular la impedancia del transformador mediante la formula:

$$Imp = \frac{V_{cc} * I_n}{V_n * I_{cc2}} * 100$$

Donde:

1. Imp= Impedancia %
2.  $V_{cc}$ = Voltaje de cortocircuito
3.  $V_n$ = Voltaje nominal
4.  $I_n$ = Corriente nominal
5.  $I_{cc2}$ = Corriente de cortocircuito devanado secundario

Los valores obtenidos se comparan con los datos del transformador y se confirma si el valor de impedancia calculada es igual a la especificada en la placa del transformador.

## **REBOBINADO DE LOS DEVANADOS**

Para el rebobinado de los devanados es necesario realizar mediciones de la ventana, perímetros, medidas del cajetín.

1. La ventana es el grosor de un lado de la bobina que debe de caber en el núcleo.
2. El cajetín es la parte inicial de la bobina, formada por un cartón especial mas el papel aislante, cabe señalar que al desarmar el núcleo se tiene cuidado de no dañar el cajetín, ya que será reutilizado.
3. Perímetro, es una vuelta completa de la espira mas papel aislante, entre mas vuelta hayan el perímetro aumenta.

Estos datos son anotados en el formato de Datos para Rebobinado de Transformadores Monofásico y sirven de guía a la hora de la re fabricación. Además de estos datos se realiza un conteo de espiras/capas, numero de capas, refrigeración, número de espiras del secundario y se mide su sección transversal, por lo general estos devanados son de aluminio, al momento de rebobinar aunque el lado de baja se encuentre en buen estado este no se utiliza de nuevo si no que se sustituye por un conductor de cobre, es por esto que se anota la sección del conductor para realizar posteriormente la conversión de aluminio a cobre. A continuación se realizara un ejemplo.

Datos de Transformador:

1. Marca: PROLEC
2. Potencia: 37.5 KVA

3. HV: 7.6KV LV: 240/480
4. Impedancia: 1.92%
5. Posición del TAP:3
6. Polaridad: Aditivo
7. Número de espiras secundario: 64

Con los datos proporcionados y con ayuda de Tabla. Relación de Transformación según cálculo se procede a llenar la siguiente tabla.

### CALCULO

TAP N°	Voltaje	Relación (Vtapx/Vmaxsecund)	N° Espiras	Esp/Deriv
1	8000	16.66	1066	
2	7810	16.27	1041	25
3	7620	15.875	1016	25
4	7430	15.479	990	26
5	7240	15.08	965	25

$$\text{Relacion1} = \frac{VTAP1}{V_{\text{mayorsecundario}}} = \frac{8000}{480} = 16.66$$

$$\text{Relacion2} = \frac{VTAP2}{V_{\text{mayorsecundario}}} = \frac{7810}{480} = 16.27$$

$$\text{Relacion3} = \frac{VTAP3}{V_{\text{mayorsecundario}}} = \frac{7620}{480} = 15.875$$

$$\text{Relacion4} = \frac{VTAP4}{V_{\text{mayorsecundario}}} = \frac{7430}{480} = 15.479$$

$$\text{Relacion5} = \frac{VTAP5}{V_{\text{mayorsecundario}}} = \frac{7240}{480} = 15.08$$

Para calcular el N° Espiras:

$$N^{\circ} \text{ Espiras} = (\text{Relación}) \times (N^{\circ} \text{ Espiras secundario})$$

$$N^{\circ} \text{ Espiras}_1 = (\text{Relación}_1) \times (N^{\circ} \text{ Espiras secundario}) = 16.66 \times 64 = 1066$$

$$N^{\circ} \text{ Espiras}_2 = (\text{Relación}_2) \times (N^{\circ} \text{ Espiras secundario}) = 16.27 \times 64 = 1041$$

$$N^{\circ} \text{ Espiras}_3 = (\text{Relación}_3) \times (N^{\circ} \text{ Espiras secundario}) = 15.875 \times 64 = 1016$$

$$N^{\circ} \text{ Espiras}_4 = (\text{Relación}_4) \times (N^{\circ} \text{ Espiras secundario}) = 15.479 \times 64 = 990$$

$$N^{\circ} \text{ Espiras}_5 = (\text{Relación}_5) \times (N^{\circ} \text{ Espiras secundario}) = 15.08 \times 64 = 965$$

Calculo Espiras/Derivación

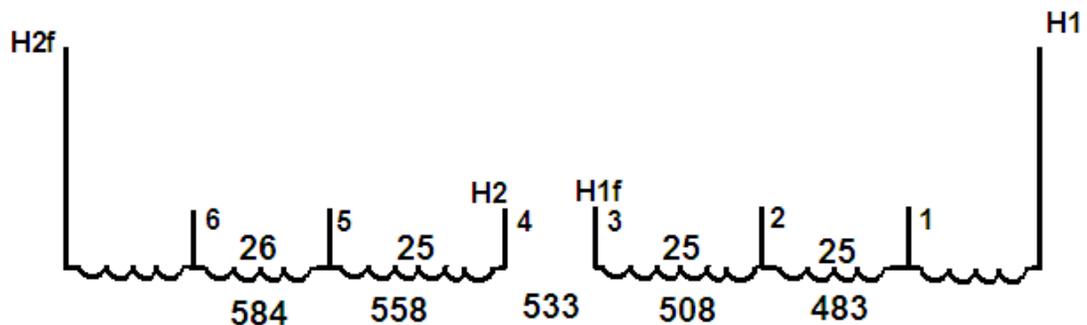
$$(\text{Espiras/Derivación})_2 = N^{\circ} \text{ Espiras tap}_1 - N^{\circ} \text{ Espiras tap}_2 = 1066 - 1041 = 25$$

$$(\text{Espiras/Derivación})_3 = N^{\circ} \text{ Espiras tap}_2 - N^{\circ} \text{ Espiras tap}_3 = 1041 - 1016 = 25$$

$$(\text{Espiras/Derivación})_4 = N^{\circ} \text{ Espiras tap}_3 - N^{\circ} \text{ Espiras tap}_4 = 1016 - 990 = 26$$

$$(\text{Espiras/Derivación})_5 = N^{\circ} \text{ Espiras tap}_4 - N^{\circ} \text{ Espiras tap}_5 = 990 - 965 = 25$$

## ESQUEMA



Estos valores se encontraron de la siguiente manera:

$$\frac{N^{\circ} \text{ espiras Tap}_1}{2} = \frac{1066}{2} = 533$$

Este valor en el lado de las H1 se le resta las Esp/Deriv

$$533-25=508 \quad 508-25=483$$

En el lado de las H2 se le suma las Esp/Deriv

$$533+25=558 \quad 558+26=584$$

Según el original

1. N° del Alambre: 13 Aluminio
2. N° de Capas: 22
3. Esp/Capas: 49
4. Refrigeración: 6

Rediseño

1. N° del Alambre: 14 cobre
2. N° de capas: 22
3. Al conocer el N° total de espiras q es 1066 y el numero de capas, se calcula las Esp/Capas de la siguiente forma: N° total de espiras/ N° de capas, resultando  $1066/22=48.45\sim 49$ .
4. Refrigeración: 6

Una vez obtenido todos estos datos se procede a bobinar haciendo uso de la maquina de bobinar marca MICAFIL, no es automática es necesario de un operador.

Es conocido que la variación de temperatura y/o presión modifican las condiciones de evaporación (ebullición) de los líquidos y por ende del agua. En los procesos de fabricación de transformadores, si a presión atmosférica se eleva la temperatura encima de 100°C se evaporará el agua o humedad contenida en el núcleo del transformador

Una vez reconstruido el núcleo, se ingresa en el horno industrial marca ETI, por 24 horas a una temperatura de 130°C. Entre más grande es el núcleo mas tiempo dispondrá en el horno, el objetivo es mejorar el aislamiento y la resistencia de aislamiento de los devanados, eliminar la humedad contenida.

Una vez fuera, se deja enfriar y se realizan las mediciones de la resistencia de aislamiento y verificar que cumplan el valor de 1G, entre mas alto sea el valor será mucho mejor.

Si el transformador solo llega a mantenimiento se ingresa el núcleo al horno para eliminar humedad y mejorar el aislamiento, la única prueba realizada es la de relación de transformación. Los aisladores son lavados con jabón en polvo o en un desengrasante, de igual forma son ingresados al mismo tiempo que el núcleo al horno.

El taller es responsable del acabado del tanque, marcaciones y sustituir cualquier parte del transformador que no se encuentre o este en mal estado.

## **PINTURA**

El proceso de pintado comprende; tratamiento de limpieza de las superficies, aplicación de una capa con pintura base (recubrimiento anticorrosivo) y otra con pintura de acabado que deberá ser de color gris claro. Este proceso permite obtener un transformador protegido contra la corrosión, abrasión, humedad, rayos solares y atmosferas industriales severas.

## **MARCACION**

Deberá anotarse sobre el tanque, en números arábigos de 70mm de altura, la capacidad del transformador en kVA. Esta ubicación es ubicada bajo los bujes de baja tensión y se hará en pintura negra indeleble, de igual manera las terminales de alta y baja tensión.

Teniendo todas las partes listas del transformador, se arma y se instala a la red sin carga por una semana para verificar que todo este en orden. Pasada la semana se alista y protege con un plástico los aisladores y la parte de la tapa del transformador para ser entregado al cliente.

Los equipos que hacen falta por comprar al Instituto son los referidos a pruebas de aceite que son:

Pruebas exploratorias:

1. Equipo para la prueba de número de neutralización.
2. Equipo para la prueba de tensión Interfacial.
3. Equipo para la prueba de densidad relativa.
4. Equipo para la prueba de color.

Otras pruebas:

1. Equipo para la prueba de análisis de gases disueltos.
2. Equipo para la prueba de análisis de contenido de humedad.
3. Equipo para la prueba de análisis de contenido de pcb's.

La única prueba realizada es la de rigidez dieléctrica y examen visual. Debido a que ya sea por mantenimiento o reparación el aceite utilizado es nuevo y cumple con las normas ASTM, para las pruebas exploratorias el aceite nuevo cumple del 100% el 83.3% , de las otras pruebas del 100% se cumple el 33%, el porcentaje total seria de 66.67%, la guía para la aceptación y el mantenimiento del aceite aislante en equipos IEEE muestra los análisis y método ASTM utilizado para las pruebas al aceite así como los valores máximos aceptables dicha guía se encuentra en anexos. No se ha dispuesto a comprar estos equipos pero a futuro se procederá a hacer, las especificaciones y características de este se presentan en el subtema Materiales Utilizados en el taller Industrial del IPLS pág. 76. No se dispuso de

información de otros talleres a nivel regional. Porcentaje con lo que se tiene y hace en el instituto se cumple con la norma seleccionada.

Se eligió trabajar con las normas ASTM, ANSI/IEEE ya que son confiables y reconocidas a nivel internacional. Las normas de ASTM se crean usando un procedimiento que adopta los principios del Convenio de barreras técnicas al comercio de la Organización Mundial del Comercio (World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement). El proceso de creación de normas de ASTM es abierto y transparente; lo que permite que tanto individuos como gobiernos participen directamente, y como iguales, en una decisión global consensuada.

Con respecto a las pruebas eléctricas a transformadores de distribución la única que no se realiza es la prueba de medición de resistencia ya que el taller no cuenta con el equipo destinado para esta medición, que sería el Micróhmetro, del 100% de estas pruebas se realiza el 83.3%.

## **NORMAS ANSI/IEEE, ASTM Y NTC PARA TRANSFORMADORES**

### **HISTORIA DE LAS NORMAS ELÉCTRICAS**

La historia de las normas eléctricas trasciende desde hace muchos años, estas inician con actividades realizadas por el American Institute of Electric Engineers (AIEE). En 1884 el instituto comenzó a desarrollar con gran actividad especificaciones normalizadas para el crecimiento de la industria eléctrica. En 1890 el instituto nombró a su primer comité de normalización, el Committee on Units and Standards. En 1893 se realizó un Congreso Eléctrico Internacional que tuvo lugar en Chicago, se nombro un comité para preparar un programa para los delegados, en relación con las unidades, normas y nomenclatura.

En la conferencia llamada "National Conference of Standard Electric Rules" que tuvo lugar en 1896 se promulgaron las llamadas Underwriters Rules o reglas para aseguradores, finalmente se convirtieron en el National Electrical Code.

El instituto fue el primero en promover el proyecto de una ley ante el Congreso de Estados Unidos en 1901, esto para establecer un departamento nacional de normalización en Washington, D.C. para la construcción, custodia y comparación de normas o estándares para uso en trabajo científico y técnico. Dicho departamento se conoció como National Bureau of Standards.

En 1904 se celebró un congreso eléctrico internacional en St. Louis, que sentó un precedente para posteriores congresos internacionales relacionados con las unidades y normas eléctricas. Se establecieron dos comités, el primero estaba formado por representantes del gobierno y era

responsable de la conversación legal de las unidades y estándares. Al evolucionar se convirtió en la Internacional Conference on Weights and Measures (GPMU). El segundo comité era responsable de las normas relacionadas con los productos comerciales usados en la industria eléctrica y se convirtió después en la Internacional Electrotechnical Comision (IEC).

Otro cuerpo internacional, el Internacional Committee on Illumination Comisión Internacional de l'Eclairage, (CIE), tuvo su primera reunión en 1913. Acá se establecen unidades, normas y nomenclatura de carácter internacional, en la ciencia y la tecnología de la luz y la iluminación.

En 1974 se fundo ISO o International Organization for Standards es responsable de la normalización en todos los campos que no hubiera cubierto el IEC. Ambas coordinan sus actividades y comparten unas instalaciones comunes. La mayoría de las organizaciones coordinan sus actividades por intermedio de ANSI, el American National Standards, organización que sucedió al ASA.

Para poder estandarizar la construcción de equipos eléctricos, sobre todo en lo que se refiere a dimensiones físicas, características constructivas y de operación, condiciones de seguridad, condiciones de servicio y medio ambiente, la simbología utilizada en la representación de equipos y sistemas, se han creado las Normas Técnicas.

En proyectos eléctricos, las normas indican desde la manera como se deben hacer las representaciones graficas, hasta especificar las formas de montaje y prueba a que deben someterse los equipos. Cada país posee sus propias normas, desarrolladas de acuerdo a las necesidades y experiencias acumuladas por los especialistas.

Entre las normas eléctricas mas utilizadas se pueden citar:

1. National Electrical Code (NEC)
2. American National Standards Institute (ANSI)
3. National Electrical Manufactures Association (NEMA)
4. The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE)

## **ALGUNAS NORMAS ANSI/IEEE, ASTM Y NTC PARA TRANSFORMADORES**

### **NORMA IEEE C57.12.00-2000:**

Requisitos generales para transformadores de distribución, potencia y regulación inmersos en líquido. Esta versión estándar está inactiva y reemplazada por la IEEE C57.12.00-2006; Esta norma es una base para el establecimiento de rendimiento, capacidad de intercambio limitado eléctrico y mecánico, requisitos de seguridad de los equipos descritos y para asistencia en la selección adecuada de dicho equipo.

### **NORMA IEEE C57.12.90:**

Código de prueba para transformadores de distribución, potencia y regulación inmersos en líquido y guía de IEEE para pruebas de corto circuito de transformadores de distribución y potencia.

### **NORMA ASTM D 877:**

Método de prueba estándar para la tensión de ruptura dieléctrica de los líquidos aislantes con electrodos de disco. El voltaje de ruptura dieléctrica es una medida de la capacidad de un líquido aislante para soportar la tensión eléctrica. El voltaje de ruptura se reduce por la presencia de contaminantes tales como fibras celulósicas, partículas conductoras, suciedad y agua. El método de ensayo D 877 no es sensible a bajos niveles de estos contaminantes. La distribución de la tensión de voltaje entre los electrodos de disco paralelo utilizado en este método de ensayo son cuasi uniforme y no hay concentración de esfuerzo sustancial en los bordes afilados de las caras planas del disco.

**NORMA ANSI/IEEE C57.12.90-2006:**

Esta versión estándar está inactiva y fue reemplazado por la norma IEEE C57.12.00TM-2006, esta norma cubre las mediciones de resistencia, pruebas de polaridad, prueba la relación de transformación, mediciones de corriente de excitación, la impedancia y las mediciones de pérdida de carga, ensayos dieléctricos, pruebas de temperatura, ensayos de cortocircuito, mediciones de nivel de sonido, datos calculados y datos de pruebas certificados.

**NORMA ASTM D 974, D 664:**

Método de prueba estándar para el ácido y base, número de valoración por color-indicador. D 664 es el método de prueba estándar para cantidad de ácido en productos de petróleo por valoración potenciométrica.

**NORMA ASTM D 971 Ó D 2285:**

La tensión Interfacial de un aceite es la fuerza en dinas por centímetro requerida para romper la película de aceite existente en una interface aceite-agua. Cuando ciertos contaminantes tales como: jabones, pinturas, barnices y productos de oxidación están presentes en el aceite, la resistencia de la película de aceite se debilita, lo que requiere menos fuerza a la ruptura. Para los aceites fuera de servicio un valor decreciente indica la acumulación de contaminantes, productos de oxidación o ambos.

ASTM D-971 utiliza un anillo de platino para romper físicamente la interfaz y medir la fuerza requerida. ASTM D-2285 mide el volumen de una gota de agua que puede ser soportada por el aceite sin romper la interfaz.

**NORMA ASTM D 1298:**

Método de prueba estándar para la densidad, densidad relativa o gravedad API de petróleo crudo y productos líquidos de petróleo por el método de hidrómetro.

Este método de ensayo cubre la determinación en el laboratorio utilizando un hidrómetro de vidrio en conjunción con una serie de cálculos, de la densidad, densidad relativa, o gravedad API de crudo de petróleo, productos derivados del petróleo o mezclas de petróleo y de productos no petroleros normalmente manejadas en forma de líquidos.

**NORMAS ASTM D 1500:**

Método de prueba estándar para color ASTM de productos de petróleo (escala de color de ASTM).

La determinación del color de los productos de petróleo se utiliza principalmente para fines de control de fabricación y es una característica de calidad importante. En algunos casos el color puede servir como una indicación del grado de refinamiento del material. Cuando es conocida la gama de colores del aceite, una variación fuera del intervalo establecido puede indicar una posible contaminación con otro producto. Sin embargo el color no es siempre una guía fiable de la calidad del producto y no se debe utilizar de manera indiscriminada en las especificaciones del producto.

Este método de ensayo cubre la determinación visual del color de una amplia variedad de productos derivados del petróleo, tales como aceites lubricantes, aceites de calefacción, aceites de combustible diesel y ceras de petróleo.

**NORMA ASTM D 1524:**

Método de prueba estándar para el examen visual de los aceites usados de aislamiento eléctrico de origen petrolífero en el campo. Este método de ensayo para el examen visual es aplicable a los hidrocarburos de origen petrolífero que se han utilizado en transformadores, disyuntores de circuito de aceite u otros aparatos eléctricos como aislante o medios de enfriamiento o de ambos.

**NORMA ASTM D 3612:**

Método de prueba estándar para el análisis de gases disueltos en el aceite aislante eléctrico por cromatografía de gases. Este método de ensayo cubre tres procedimientos para la extracción y la medición de gases disueltos en el aceite aislante eléctrico que tiene una viscosidad de 20cST o menos de 40°C, y la extrajo la identificación y la determinación de los gases componentes individuales. Otros métodos se han utilizado para realizar este análisis.

**NORMA ASTM D 1533:**

Método de prueba estándar para agua en líquidos aislantes por valoración coulométrica. Este método de ensayo cubre la medición del agua presente en los líquidos aislantes por coulométrica Karl Fischer. Este método de ensayo se usa comúnmente para las muestras de ensayo por debajo de 100% de saturación relativa de agua en aceite. El método de ensayo de culombímetro es conocido por su alto grado de sensibilidad. Requiere el uso de equipo diseñado específicamente para la valoración coulométrica.

**NORMA ASTM D 4059:**

Método de prueba estándar para el análisis de los bifenilos policlorados en los líquidos aislantes por cromatografía de gases.

Este método de ensayo describe la determinación cuantitativa de la concentración de bifenilos policlorados (PCB) en los líquidos aislantes eléctricos por cromatografía de gases. También se aplica a la determinación de PCB'S presente en las mezclas conocidas como askareles, usados como líquidos aislantes eléctricos.

**NORMA NTC 1465 (ASTM D-3487):**

Es una norma técnica colombiana, especificaciones para aceites minerales nuevos. Aislantes para transformadores, interruptores y equipos eléctricos.

ASTM D-3487: Especificación estándar para el aceite mineral aislante utilizado en aparatos eléctricos. Esta especificación cubre el nuevo aceite aislante mineral de origen petrolífero para su uso como medio aislante y refrigerante en aparatos eléctricos de potencia y distribución, tales como: transformadores, reguladores, interruptores, etc.

**NORMA NTC 361:**

Norma técnica colombiana-Alambres Magneto. Esta norma contiene estándares para alambre magneto de aluminio y cobre redondo, rectangular y cuadrado, recubierto con fibra y/o aislado con una película.

**NORMA NTC 1490 Y 1656 (ANSI C 57.12.20):**

Norma técnica colombiana NTC 1490- Accesorios para transformadores monofásicos de distribución. Norma técnica colombiana NTC 1656- accesorios para transformadores trifásicos de distribución. ANSI C 57.12.20- Accesorios para transformadores monofásicos.

**NORMA IEC 137(ANSI C57.12.00-1991):**

Condiciones de servicio, requerimiento generales de los transformadores de distribución, potencia y regulación inmersos en líquido.

### **NORMA ASTM COLOR:**

La escala de color ASTM tal como se especifica en la norma ASTM D1500 es un método de prueba estándar para la graduación del color de los productos derivados del petróleo. La escala de color se define por 16 normas de vidrio de transmitancia luminosa específica y la cromaticidad.

### **NORMAS EN 61010-1:**

Esta norma es la versión oficial, en español de la Norma Europea EN 61010-1 que a su vez adopta la norma internacional CEI 61010-1:2001. Especifica los requisitos generales de seguridad para equipos eléctricos destinado a usos profesionales, procesos industriales y educativos, los cuales pueden incorporar dispositivos de calculo.

## CONCLUSION

Se puede concluir que una vez finalizado este trabajo monográfico se logró con éxito la recopilación de toda la información requerida al tema de refacción de transformadores con el objetivo de analizar el Refaccionamiento de transformadores en el Instituto Politécnico La Salle. Se ha logrado el cumplimiento de los objetivos generales y específicos.

Se establecieron los parámetros importantes del transformador, las causas de sus averías realizando un análisis de las fallas presentadas por los transformadores con ayuda de los equipos normalizados.

Se realizó el ejemplo del cálculo de rebobinado realizado en el taller industrial del IPLS. Toda esta información reunida significará un gran respaldo a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

## GLOSARIO

**ENATREL:** Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica

**COPERMA S.A:** Empresa de Construcción Operación y Mantenimiento S.A

**Refaccionar:** Restaurar o reparar.

**Devanado:** Arrollamiento de conductores circulares o planos alrededor de un núcleo de hierro con el fin de producir un campo magnético.

**Herraje:** Conjunto de piezas de hierro o acero con las que se adorna o refuerza un objeto.

**Dataview:** Software de control que muestra datos tabulados procedentes de una tabla y permite actualizarlos directamente.

**DTR:** Digital Transformer Ratiometer.

**AEMC:** American Engineering Model Society.

**ASTM:** American Society for Testing and Materials

**Tensión Interfacial:** Cerca de la superficie las moléculas se atraen con mayor intensidad produciendo una fuerza mecánica en la superficie, a esto se conoce como tensión Interfacial.

**CIE:** Commission Internationale de L'Éclairage. International Commission on Illumination.

**Transport Pro:** Software sencillo se conecta a todos los departamentos de contabilidad, despacho, seguridad y lo mas prominente de gestión en un entorno colaborativo.

**IEEE:** Institute of Electric and Electronics Engineers

**ANSI:** American National Standart Institute.

**NTC:** Norma Tecnica de Colombia.

**IPLS:** Instituto Politécnico La Salle.

**FEM:** Fuerza Electromotriz.

**PCB:** Bifenilos Policlorados.

**A.T:** Alta Tensión

**B.T:** Baja Tensión

**EPS De Guatemala:** Electric Power Supply de Guatemala.

**MEGGER:** Megóhmetro.

**AIEE:** American Institute of Electric Engineers

**GPMU:** Conference on Weights and Measures

**IEC:** Electrotechnical Comision

**ISO:** Organization for Standards

## ANEXOS

### BODEGA DE TRANSFORMADORES



Transformadores utilizados para repuestos



Transformadores que van a ser sometidos ya sea a Mantenimiento o Reparación.



Transformadores listos para entregar

### TALLER INDUSTRIAL



Núcleo de transformador; bobina en mal estado

Núcleos recién salidos del Horno Industrial



REGENERADORA DE ACEITE MARCA HERING



## EQUIPOS DE MEDICION TALLER INDUSTRIAL

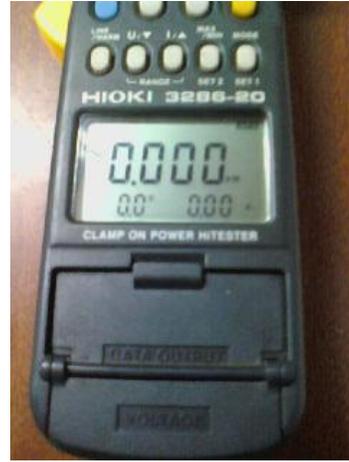
### MEDIDOR DIGITAL DE RELACION DE TRANSFORMADOR MODELO DTR 8500



### MEGOHMETRO ANALOGICO/DIGITAL HASTA 5000V MODELO 5050

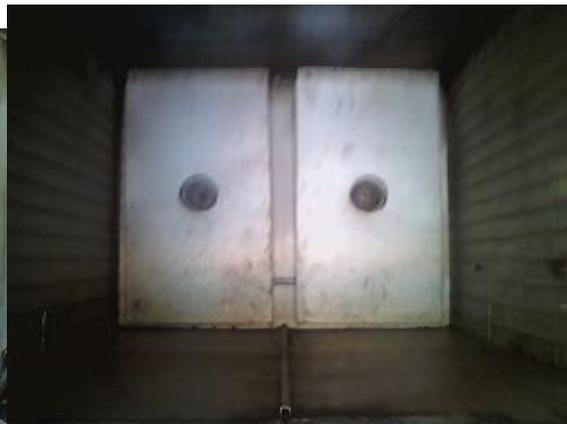


## PINZA AMPERIMETRICA HIOKI 3286-20



## OTROS EQUIPOS

HORNO INDUSTRIAL O ESTUFA TIPO ARMARIO DISTRIBUIDO POR PROETI; MARCA ETI.



### OIL TESTER BAUR PGO S-3



### ACEITE DIELECTRICO



## RECONSTRUCCION DE UN TRANSFORMADOR



TRANSFORMADORES INSTALADOS A LA RED POR UNA SEMANA DE PRUEBA



**HOJA DE DIAGNOSTICO**

Cliente \_\_\_\_\_  
 O/P N°: \_\_\_\_\_ Fecha de diagnostico: \_\_\_\_\_

**Datos del transformador:**

Marca: \_\_\_\_\_ N° de serie: \_\_\_\_\_  
 Potencia: \_\_\_\_\_ KVA Impedancia: \_\_\_\_\_ %  
 HV \_\_\_\_\_ LV \_\_\_\_\_ Posición del TAP: \_\_\_\_\_  
 Alto del tanque \_\_\_\_\_ cm Lts aceite \_\_\_\_\_  
 Perímetro del tanque \_\_\_\_\_ cm Polaridad: \_\_\_\_\_

**DATOS DE DIAGNOSTICO EXTERIOR**

PARTE	ESTADO		DESCRIPCION DEL PROBLEMA
	B	M	
Tanque			
Aisladores de alta			
Aisladores de baja			
Empaques de alta			
Empaques de baja			
Empaque de tapa central			
Terminales de conexión			

**DATOS DE DIAGNOSTICO INTERIOR**

PARTE	ESTADO		TIPO	MATERIAL		CALIBRE
	B	M		Cu	Al	
Primario						
Secundario						
Estado del TAP						
Estado del Núcleo						

Nivel de aceite: \_\_\_\_\_  
 Prom. Efect. Aceite: \_\_\_\_\_

**PRUEBAS**

**Aislamiento con megger.**

AT-Tierra: \_\_\_\_\_ MΩ

BT-Tierra: \_\_\_\_\_ MΩ

AT-BT: \_\_\_\_\_ MΩ

**Aislamiento con voltaje.**

AT-Tierra: \_\_\_\_\_ V

BT-Tierra: \_\_\_\_\_ V

AT-BT: \_\_\_\_\_ V

TAP.	DATOS DE LA PLACA			Resultados
	U1 (V)	U2 (V)	Rt	
1				
2				
3				
4				
5				

**DICTAMEN:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Realizado por: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Aprobado, Jefe, Taller Eléctrico

DATOS PARA REBOBINADO DE TRANSFORMADORES MONOFASICO

DATOS DEL TRAFIO

FECHA \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

CLIENTE: \_\_\_\_\_

N/O: \_\_\_\_\_

Marca: \_\_\_\_\_

Nº de serie: \_\_\_\_\_

Potencia: \_\_\_\_\_ KVA

Impedancia: \_\_\_\_\_ %

HV \_\_\_\_\_ LV \_\_\_\_\_

Posición del TAP: \_\_\_\_\_

Alto del tanque \_\_\_\_\_ cm alto del nivel \_\_\_\_\_

Lts aceite \_\_\_\_\_

Perímetro del tanque \_\_\_\_\_ cm diámetro tanque \_\_\_\_\_

Polaridad: \_\_\_\_\_

POSICION DE LOS DEVANADOS: \_\_\_\_\_

VENTANA: \_\_\_\_\_ MEDIDAS DEL CAJETIN: \_\_\_\_\_

PERIMETROS: P1 \_\_\_\_\_ P2 \_\_\_\_\_ P3 \_\_\_\_\_ Pm \_\_\_\_\_

ANCHO DE PAPEL: \_\_\_\_\_ DIMENSIONES DEL NUCLEO \_\_\_\_\_

Nº DE ESP. SECUNDARIO: \_\_\_\_\_ SECCION DEL SECUND: \_\_\_\_\_

CALCULO					RESULTADOS DE DTR 8500
TAP Nº	VOLTAGE	RELACION	Nº DE ESP	ESP/DERIV	
1					
2					
3					
4					
5					

IMPEDANCIA: \_\_\_\_\_ %

REALIZAR ESQUEMAS:

ORIGINAL

REDISEÑO

Nº DEL ALAMBRE \_\_\_\_\_

Nº DEL ALAMBRE: \_\_\_\_\_

Nº DE CAPAS: \_\_\_\_\_ ESP/CAPAS: \_\_\_\_\_

Nº DE CAPAS: \_\_\_\_\_ ESP/CAPAS: \_\_\_\_\_

REFRIGERACION: \_\_\_\_\_ ANCHO DE GUIA: \_\_\_\_\_

REFRIGERACION: \_\_\_\_\_ ANCHO DE GUIA: \_\_\_\_\_

PESO DE PAPEL: \_\_\_\_\_

PESO DE ALAMBRE: \_\_\_\_\_

GLNS DE ACEITE: \_\_\_\_\_

**CERTIFICADO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION**

CLIENTE: \_\_\_\_\_

N/O: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

Marca:

Nº de serie:

Potencia:                   KVA

Impedancia:

%

Alta tensión:

Posición del TAP:

Baja tensión:

Polaridad:

Transformador:

Nuevo:

Usado:

Reconstruido:

**2. DATOS DE PRUEBA:**

**RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DATOS DE RELACION DTR**

AT-BT           :	GΩ	Tap #1:	Tap#4:
AT-TIERRA   :	GΩ	Tap #2:	Tap#5:
BT-TIERRA   :	GΩ	Tap #3:	

**3. PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA**

PROM. EFECT. KV/2.5mm

**4. PRUEBA DE POLARIDAD**

ADITIVO:                   SUSTRACTIVO:

**5. PERDIDAS DEL TRANSF.**

Pdev =           Watts

PFe =            Watts

**5. PRUEBA DE CORTOCIRCUITO.**

Vcc =            V

Icc1 =          Amp

Icc2 =          Amp

Z =             %

Io =            Amp

Vo =            Voltios

**6. POSICION DEL TAPS**

I-                   Volts

II-                   Volts

III-                   Volts

IV-                   Volts

V-                   Volts

**OBSERVACIONES:**

**CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS PARA SU INSTALACION.**

APROBADO POR EL JEFE DEL  
TALLER ELECTRICO

<b>IEEE guía para la aceptación y el mantenimiento del aceite aislante en equipos IEEE</b>			
<b>IEEE aplicaciones sugeridas</b>		<b>Aceite mineral aislante nuevo recibido en nuevos equipos antes de la energización</b>	
<b>Aparato de clase de tensión o grupo</b>		<b>menor o igual a 69KV</b>	<b>69-230KV</b>
<b>Análisis</b>	<b>Método ASTM</b>	<b>IEEE</b>	
Humedad constante (ppm)	D-1533	máximo 20	máximo 10
tensión Interfacial (Dinas/cm)	D-971	máximo 38	
Acido o numero de neutralización (mg KOH/gm)	D-974	Máximo 0.015	
Color	D-1500	Máximo 1.0	
Examen visual	D-1524	Brillante y Claro	

## BIBLIOGRAFIA

Avelino Pérez, P. (2001). Transformadores de distribución: teoría, cálculo, construcción y pruebas. (Segunda edición). Editorial Reverté, S.A.

Universidad tecnológica san miguel de allende. (2011). Manual de transformadores. Ciudad Obed briceño, Antonio romero.

Cevallos Aleaga, Juan P. diseño de un laboratorio de pruebas para transformadores de distribución para la empresa eléctrica regional del sur S.A. recuperado el 15 de septiembre de 2012 en <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/979>

Acero al silicio. Recuperado el 15 de septiembre de 2012 en [http://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_el%C3%A9ctrico)

Reparación de transformadores. Recuperado el 09 de septiembre de 2012 en <http://www.paginasamarillas.com.co/busqueda/reparacion+de+transformadores>

Transformador de distribución, documento pdf, recuperado 28 de diciembre de 2012 en [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:aCrWDyED-NIJ:www.epsa.com.co/Portals/0/documentos/normastecnicas/RA7-101transformadordedistribucion.pdf+&hl=es&gl=ni&pid=bl&srcid=ADGEESikl0I9KQEcuul9F9uaqZCw1IttEN5z1XHbPvv8A5uARdGKHcITZssJXfIB5Mfmr7w0tEM7wNehW1FI01RqDxoJH-AsGCt0-WZah8\\_agjRKf0kziEyH7Ih\\_6mw3VGKrTm58VmWM&sig=AHIEtbQ0u5BpVW8etZERst18fGTwCWasoQ](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:aCrWDyED-NIJ:www.epsa.com.co/Portals/0/documentos/normastecnicas/RA7-101transformadordedistribucion.pdf+&hl=es&gl=ni&pid=bl&srcid=ADGEESikl0I9KQEcuul9F9uaqZCw1IttEN5z1XHbPvv8A5uARdGKHcITZssJXfIB5Mfmr7w0tEM7wNehW1FI01RqDxoJH-AsGCt0-WZah8_agjRKf0kziEyH7Ih_6mw3VGKrTm58VmWM&sig=AHIEtbQ0u5BpVW8etZERst18fGTwCWasoQ)

Distribution surge arrester application guide, Ramon T. Mancao PowerTechnologies Inc. IEEE T&D Conference. 1991.

Lighting protection manual for rural electric systems, national Rural Electric Cooperative Asosiation, 1993

Historia Instituto Politécnico La Salle, recuperado el 10 de enero de 2013 en <http://www.ipls-lasalle.org>