



## **TRANSFORMADORES MEDIANA TENSION TIPO OA**

### **1. GENERALIDADES E INTRODUCCION.**

- 1.1 *Generalidades*
- 1.2 *Introducción*

### **2. DEFINICIÓN DE TRANSFORMADOR**

### **3. CLASIFICACIÓN DE TRANSFORMADORES MEDIANA TENSIÓN.**

- 3.1 *Número de fases* 3.2 *Capacidades normalizadas*
- 3.3 *Clase de aislamiento*
- 3.4 *Clasificación de aislamientos*
- 3.4 *Conexiones*
- 3.5 *Tipo de enfriamiento*
- 3.6 *Tipo de núcleo*
- 3.7 *Sistemas de alimentación*
- 3.8 *Tipo de acceso*
- 3.9 *Limite de elevación de temperatura.*

### **4. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD**

- 4.1 *Protecciones y accesorios*

### **5. RECEPCIÓN**

- 5.1 *Inspección exterior*
- 5.2 *Inspección visual*
- 5.3 *Almacenaje*
- 5.4 *Manejo*

### **6. COLOCACIÓN E INSTALACION**

- 6.1 *Componentes y conexiones externas*
- 6.2 *Mantenimiento de boquillas*
- 6.3 *Conexiones externas*

### **7. OPERACIÓN**

- 7.1 *Operación bajo carga*

### **8. OPCIONES**

- 8.1 *Accesorios de Baja Tensión*
- 8.2 *Accesorios de Alta Tensión*

### **9. RECOMENDACIONES PARA SU MANTENIMIENTO**

r.1 – 7-NOV-2007

## 1. GENERALIDADES E INTRODUCCIÓN POR SU PROPIA SEGURIDAD:

Lea estas instrucciones, para su instalación, servicio o mantenimiento. El no aplicar las normas mínimas de seguridad, puede causarle serios problemas al personal de mantenimiento y al mismo equipo.

Es importante que para cualquier aclaración o información adicional para la operación o instalación del equipo se comunique a su distribuidor autorizado por Blantek SA de CV

### 1.1 Generalidades

El equipo cubierto por estas instrucciones deberá operarse y ser energizado por técnicos competentes familiarizados, con buenas prácticas de seguridad, y de ninguna manera intenta sustituir un entrenamiento adecuado y procedimientos seguros para este tipo de equipo.

### 1.2 Introducción

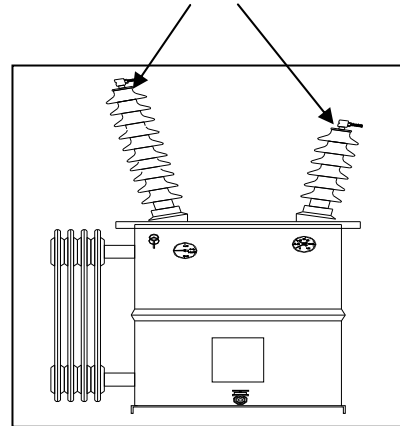
1.3 La norma CFE L000-15 nos indica que el transformador tipo aereo deberá tener un acabado gris claro. Lo anterior se aplica a equipos en redes aereas y se instala sobre un poste de concreto exerior.

Los cables de mediana tensión se conectan en sus boquillas de alta tensión y por la parte de su frente sus cables de baja tensión.



RADIADORES

## Conexión DE MEDIANA TENSIÓN EN AMBOS LADOS



### • Conexión

Se tienen tres boquillas para la alta tensión y otra adicional para retorno a tierra. Y algunos de sus voltajes de operación disponibles son:

13,200 / 7 620v a 22,860 / 13 200v  
13,200/ 7,620v a 34,500v

### Características de la subestación

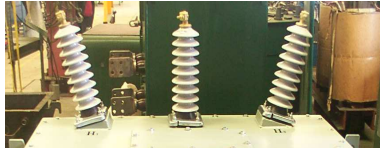
corta circuitos-fusibles y apartarrayos en cruceta montados al poste acometida aérea.

- la configuración y diseño de la subestación es responsable el usuario y sujeto a aprobación de SECOFI y/o normas NOM-002-SEDE-1999 con recomendaciones de C.F.E.
- los medidores deben instalarse en él limite de propiedad de C.F.E.
- transformador tipo poste interruptor general de amperaje.

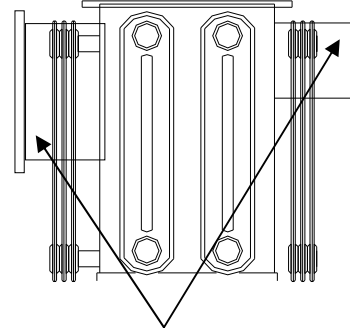
Es recomendable, revisar la última revisión y lineamientos requeridos para las instalaciones de tipo Aéreo.



Boquillas Alta tensión

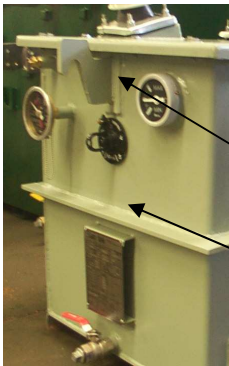


Las gargantas pueden instalarse en el frente o de acuerdo a las necesidades del proyecto.



Accesorios Incluidos:

- Válvula de dren y muestreo.
- Válvula de sobre presión automática
- Cambiador de derivaciones externo (5 posiciones)
- Placa datos



Accesorios opcionales:

- indicador de temperatura (\*)
  - Indicador de nivel de liquido aislante (\*)
  - Enfriamiento forzado (\*\*)
  - Boquillas con multi contactos
  - Interruptor en el lado de baja tensión
  - Liquido aislante anti - flama
- (\*) Se incluye en capacidades de 225kVA o superior

(\*\*) Recomendable en capacidades de 500kVA o superiores

Los accesorios de instalación son variados y deberá indicarse en el contrato de instalación todos los accesorios que se incluyen

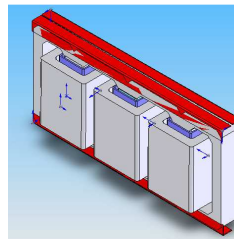
Colocación de gargantas para acoplamiento a subestación compacta:



GARGANTAS LATERALES

mencionado con anterioridad, se procederá a efectuar las pruebas a equipos, cables y accesorios que intervienen en esta instalación para garantizar su buen funcionamiento y eliminar cualquier defecto oculto.

Se recomienda que se realicen estas pruebas poco antes de la puesta en servicio, ya que si se deja pasar un tiempo, se corre el riesgo que ocurra algún daño en cualquiera de los componentes al energizar el sistema de dicho intervalo de tiempo.



**Elemento activo:** El transformador trifásico y monofásico son fabricados utilizando núcleo enrollado, y arreglo tipo acorazado en cinco y tres piernas respectivamente.

7.5.1. Prueba de resistencia de Aislamiento

Esta prueba consiste en la medición directa de la resistencia, por medio de aparatos y la comparación del valor medio con el valor de la resistencia calculada según se trate de cables o transformadores.



a) Cálculo de Resistencia de Aislamiento en cables.

Para calcular la resistencia del aislamiento en cables aislados se utiliza la fórmula:

$$R = (K \log_{10} D/d) \quad (1000/L)$$

dónde:

R = Resistencia de Aislamiento

K = Constante de Resistencia de Aislamiento

D = Diámetro exterior sobre aislamiento  
d = Diámetro interior bajo aislamiento  
L = Longitud del cable bajo prueba en m  
log 10 : Logaritmo decimal  
K = Para cable con aislamiento de EPR = 6100 m X km.  
A 15,6° el resultado será en m.

Para la prueba normalmente se utilizan los voltajes de 500 y 5000 V para medir la resistencia en cables de baja y media tensión respectivamente.

Es importante señalar que para cables de baja tensión no se debe utilizar voltajes mayores de 500 V, ya que la clase de aislamiento de estos cables es de 600 V.

Por lo general los resultados obtenidos en las pruebas de cables son muy superiores a los calculados, por lo que es fácil determinar cuando existe algún problema pues los valores se abaten sensiblemente.

#### b) Prueba en Cables de Baja Tensión.

Verifique que no estén conectados los cables en las bornas del transformador, y que no tenga ninguna acometida o conexión diferente a los conectores múltiples.

Conecte el borne positivo del Megger manual o eléctrico al conductor y el negativo al neutro del circuito o a la varilla de Tierra si se efectúa al final del circuito, aplique 500 V y durante 5 minutos, registrando la lectura que el Megger indique, al final de cada minuto.

Nunca aplique más de 600 V, verifique la escala que esta utilizando para asegurarse que la lectura que registra es correcta, anote la temperatura a la que se encuentra el cable, por si es necesario efectuar correcciones por temperatura, ya que el valor de "K" esta dado para una temperatura de 15.6°C y a mayor temperatura mayor resistencia.

Si los resultados de las pruebas no son satisfactorios, saque los conectores múltiples de los registros para verificar que no se trate de algún conector múltiple en mal estado o de alguna manga con humedad; si al levantar los conectores las lecturas se corrigen puede tratarse de un conector en mal estado o mal conectado, repita las pruebas introduciendo de nuevo a los registros un conector múltiple en cada ocasión hasta localizar el dañado.

Una vez localizado reemplácelo y efectúe de nuevo la prueba para confirmar que todo quedo correcto. Si al sacar los conectores múltiples de los registros y aislarlos, la lectura no se modifica, el daño está en el cable y no en el conector por lo que será necesario determinar en que tramo se encuentra el daño, localizarlo y repararlo antes de efectuar la medición definitiva. Al efectuar esta prueba se deben introducir los conectores múltiples de baja tensión en un cubeta de agua, de registro en registro, procediendo

a efectuar una medición en cada cambio de registro, para en caso de resultar algún conector múltiple dañado se detecte a tiempo antes de pasar a otro registro.

#### c) Pruebas de Resistencia de Aislamiento en Transformadores.

Por tener conexión Estrella-Estrella, la prueba de resistencia en transformadores subterráneos se llevará a cabo únicamente cuando sea posible desconectar los neutros tanto de los devanados de Alta como de los de Baja tensión, durante la prueba:

- d.1 Verifique que el transformador se encuentre totalmente desconectado, tanto en Alta como en Baja tensión.
- d.2 El tanque del transformador deberá estar conectado a tierra.
- d.3 Coloque el Megger sobre una base firme y nivelada.
- d.4 Seleccione la escala adecuada al voltaje de prueba a utilizar.
- d.5 Compruebe antes de conectar el megger al equipo bajo pruebas, las posiciones de cero e infinito de la escala.

Para la comprobación cortocircuito las terminales de tierra y de línea y opere el Megger, la aguja se moverá hasta la marca cero, en caso de que no sea así, ajuste la aguja a ésta posición por medio de la perilla de ajuste, localizada en un de los costados del aparato.

Para comprobar el infinito separe las terminales y opere el Megger, la aguja se moverá a la posición de infinito en la escala seleccionada.

- d.6 Para evitar errores en la medición, coloque el probador lo más cerca posible al transformador y efectúe las conexiones con alambre de cobre desnudo de No. 18 AWG, o las originales del equipo.
- d.7 La resistencia de aislamiento se ve afectada por la temperatura reduciendo su valor; por lo que es muy importante que las mediciones obtenidas sean referidas a una misma temperatura.

En la práctica es conveniente referirlas a 75°C que será la temperatura aproximada de operación de transformadores a plena carga, por lo cual pueden usarse los factores de corrección.

- d.8 Conecte en cortocircuito por separado cada uno de los devanados, punteando entre sí las terminales de B.T. y las de A.T.
- d.9 Los devanados, a través de los puentes mencionados en el punto anterior, deben descargarse antes de iniciar y después de terminar cada prueba para mayor seguridad del personal.

- d.10 Para probar A.T. contra B.T., conecte los bornes de A.T. del transformador con alambre del No.18 AWG a la

terminal de línea del Megger, los bornes de B.T. a la terminal de Tierra del Megger y la terminal de guarda al tanque del transformador, aplique 5000 V manteniendo el voltaje hasta que se establezca la aguja (aproximadamente 60 segundos) y registre la lectura obtenida, tenga cuidado de aplicar el factor de multiplicación que le indica la escala. Suspenda la aplicación del voltaje y descargue el equipo y seleccione conexiones bajo prueba.

d.11 Para probar A.T. contra B.T. + Tierra.- Conecte los bornes de A.T. del transformador a la terminal de línea del Megger, aterrice los bornes de B.T. y conéctelas a la terminal de guarda del Megger y conecte la terminal de tierra del Megger al tanque del transformador.

Aplique 5000 V manteniendo el voltaje hasta que se establezca la aguja, (aproximadamente 60 segundos) y registre la lectura obtenida teniendo cuidado de aplicar el factor de multiplicación que le indique la escala seleccionada.

Suspenda la aplicación del voltaje y descargue el transformador y conexiones bajo prueba.

d.12 Para probar B.T. contra A.T. + Tierra.- Conecte los bornes de B.T. del transformador a la terminal de línea del Megger, aterrice los bornes de A.T. y conéctelas a la terminal de guarda del Megger, por último conecte la terminal del Tierra del Megger al tanque del transformador. Aplique 600 V manteniendo el voltaje hasta que se establezca la aguja (aproximadamente 60 segundos) y registre la lectura obtenida teniendo cuidado de aplicar el factor de multiplicación que le indique la escala seleccionada, suspenda la aplicación del voltaje y descargue el transformador y conexiones bajo prueba.

Los valores obtenidos en estas pruebas deberán ser superiores a un M por cada KV. de voltaje de Operación del transformador bajo prueba, referidos a una temperatura de 75°C.

### 7.5.2 Prueba de relación de transformación.

Antes de energizar los transformadores verifique que el cambiador de relación de transformación opera correctamente en todos sus pasos, y que la relación de transformación coincida con la indicada en la placa de datos del propio transformador.

Para verificar lo anterior utilice un probador de relación de transformación tipo manual, "T.T.R." (Test Turn Relation).

a) Compruebe primero la correcta operación del equipo de prueba "T.T.R."

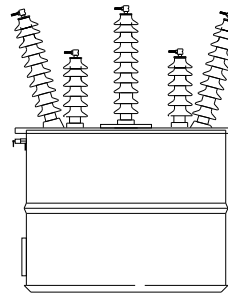
Ajuste las perillas del "T.T.R." de tal manera que la lectura indique ceros, ponga en cortocircuito las terminales H1 y H2 del "T.T.R." gire la manivela hasta que el voltímetro

indique 8V, observe el deflector, la aguja debe quedar exactamente al centro de la escala. Si la aguja no queda centrada, ajústela.

Cortocircuite ahora las terminales X1 y X2 manteniendo las perillas y las terminales H1 y H2 como se indicó en el punto anterior. Gire de nuevo la manivela hasta generar los 8V y observe el galvanómetro cuya aguja deberá marcar cero, en caso contrario, ajústela.

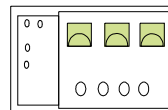
Mueva las perillas de tal manera que la lectura le indique 1000, interconecte ahora las terminales H1 con X1 y H2 con X2, gire de nuevo la manivela hasta generar 8V, observe el galvanómetro, deberá estar marcando cero, en caso contrario ajústelo de tal manera que indique cero a 8 V.

Verifique que el transformador se encuentre totalmente desconectado, tanto en M.T. como en B.T., compruebe que todos los fusibles se encuentren en buen estado, y proceda a efectuar la prueba.



### TRANSFORMADOR

T.T.R.



### b) Prueba a transformador monofásico.

Calcule la relación de transformación dividiendo los voltajes indicados en la placa del transformador para cada TAP entre 120V, que es el voltaje nominal al neutro en B.T.

Conecte la terminal X2 (negra) y H2 (negra) del T.T.R. a la borna del neutro del transformador X2, conecte la terminal H1 (roja) del T.T.R. a la borna H1 del transformador y la X1 (roja) del T.T.R. a la terminal X1 B.T.

Con las perillas del T.T.R. en cero, de una vuelta a la manivela del generador y observe el galvanómetro; si la aguja se de-flexiona a la izquierda, la conexión del transformador es sustractiva y las terminales X1 y H1 (negras) estarán conectadas a terminales de la misma polaridad así como X2 y H2.



Sí la aguja se flexiona a la derecha la conexión del transformador es aditiva y será necesario intercambiar las terminales H1 y H2 con lo que en este caso nos quedaran X1 y H2 en el neutro y X2 y H1 en los bornes de baja y media tensión respectivamente.

Una vez que se conectó el T.T.R. correctamente, mueva las perillas para dejar una lectura del 1000 y gire la manivela lentamente observando el galvanómetro, cuya aguja debe flexionarse a la izquierda.

Observe también amperímetro y el voltímetro mientras gira la manivela, si la aguja del amperímetro recorre toda la escala mientras que la del voltímetro no se mueve, es una indicación que el transformador esta tomando mucha corriente de excitación, si además la manivela esta muy pesada cortocircuito, cheque las conexiones para asegurarse que las terminales que conecto no están en corto.

Si la manivela no esta muy pesada y la aguja del galvanómetro de-flexiona a la izquierda proceda a encontrar la lectura de relación de transformación como sigue:

No gire la manivela de T.T.R. mientras se estén tocando las conexiones, ya que cuando se aplican 8V en el primario se tienen aproximadamente 1000 V en el secundario, lo que podría provocar un accidente.

Gire el primer botón de la izquierda un paso en el sentido de las manecillas del reloj, dele un cuarto de vuelta a la manivela y observe la aguja del galvanómetro, si de-flexiona a la izquierda mueva el botón otro paso en el mismo sentido y observe de nuevo la aguja del galvanómetro al girar la manivela; así hasta que uno de estos cambios en el botón haga flexionar la aguja del galvanómetro a la derecha, regrese el botón un paso y compruebe que la aguja flexione nuevamente a la izquierda.

Utilizando el mismo procedimiento siga con el segundo botón y cuando la aguja flexione a la derecha regrese un paso y déjelo ahí.

Continúe ahora en el tercer botón con el mismo procedimiento; una vez que fijó la lectura en este botón, comience a girar el cuarto botón suave y continuamente mientras gira la manivela poco a poco, la deflexión de la aguja se hará menor.

Incrementemente el giro de la manivela hasta que la aguja del voltímetro marque 8V, mientras esta girando ajuste el cuarto botón de tal manera que la aguja del galvanómetro no se flexione hacia ningún lado y tome la lectura que quedo en los botones, conservando la posición

que se indica en el T.T.R., es decir los dos primeros botones de la izquierda corresponderán a números enteros y los dos botones de la derecha a números decimales.

Cuando no se puede fijar la aguja del galvanómetro en el centro, mientras gire la manivela a pesar de haber seguido fielmente los pasos anteriores, es un indicativo que el transformador presente alguna anomalía.

Si el amperímetro indica una corriente muy alta, la aguja del voltímetro se abate a cero y la manivela del T.T.R. se pone pesada al gírala se trata de un cortocircuito. Si por el contrario la corriente y el voltaje de excitación indicados son correctos y la manivela del T.T.R. no esta posada al girarla, se tendrá un circuito abierto.

En ambos casos el transformador no debe energizarse, se avisará a representante de Blantek, S.A. de C.V.

En su oportunidad se dará aviso a la subgerencia de distribución proporcionando la marca y número de serie del transformador, las condiciones encontradas en el mismo y la fecha y número del aviso de prueba (A. P.) con el cual fue aprobado por el laboratorio de C.F.E. (en el caso de aparatos protocolizados.)

Una vez obtenida la primera lectura en una de las fases se repetirá el procedimiento para las demás fases y para cada uno de los derivaciones que tenga el transformador, registrando los resultados de cada prueba.

Al final compare las lecturas obtenidas en cada una de las fases, las cuales deberán ser sensiblemente iguales entre sí para cada derivación del transformador.

Multiplique dichas lecturas por el voltaje nominal al neutro en B.T., el resultado deberá ser sensiblemente igual al voltaje indicado en la placa del transformador. Si la diferencia es muy grande el transformador tiene algún problema y no es recomendable energizar sin verificar las causas de la diferencia existente entre las relaciones.

### **7.5.3 Prueba de rigidez dieléctrica del aceite**

El aislante convencional utilizado para los seccionadores y los transformadores, es aceite, el cual tiene muy buenas propiedades dieléctricas, pero estas disminuyen rápidamente cuando la humedad entra en contacto con el aceite, o el mismo se sujeta a temperaturas elevadas.

Antes de energizar los transformadores o seccionadores por primera vez es importante verificar la rigidez dieléctrica del aceite, lo que es puede efectuar por medio de un equipo conocido con el nombre de "Probador de Rigidez Dieléctrica" que consta de un transformador, que por medio de un reóstato aplica potencial a un par de electrodos que

se encuentran dentro de una copa, este equipo requiere una fuente de alimentación de 120 V.

Para realizar la prueba se procede como sigue:

- Verifique el reóstato (control del potencial) este en cero.
- calibre los electrodos de la copa de tal manera que la distancia entre ellos sea de 2,5 mm.
- Limpie la copa y los electrodos con solvente o con el propio aceite a probar.
- Después de haber enjuagado la copa con el aceite, vuelva a tomar otra muestra, de la parte inferior del transformador, (ya que todas las impurezas se asientan en el fondo).
- Coloque la copa en la probeta y déjela reposar durante 3 minutos, verificando que el aceite cubra los electrodos.
- Cubra la probeta con el cristal protector, que para ese efecto tiene el equipo.
- Aplique el potencial en forma lenta pero constante, observando la aguja del voltímetro para registrar el valor en que rompa el dieléctrico.
- Anote la lectura obtenida y deje reposar al aceite nuevamente durante un minuto, repita la operación del paso anterior, anotando de nuevo la lectura.
- Efectúe una tercera prueba, dejando reposar el aceite un minuto antes de aplicar potencial. Anote la nueva lectura de voltaje de disparo en esta última prueba.
- Calcule el valor de la prueba, promediando los valores representativos de cada muestra. El promedio resultante deberá ser superior a los 25kV. para su aceptación.

#### 7.5.4 Prueba de hermeticidad

- Tanto los transformadores como los seccionadores que se utilizan en los sistemas subterráneos, tienen tanto el tanque como las cubiertas soldadas, algunos de ellos solo cuentan con pequeñas tapas de registro en la parte superior, es importante antes de energizarlos efectuar la prueba de hermeticidad para asegurarnos que no tienen fugas de aceite, ni tampoco posibilidad de que penetre humedad que pueda degradar el aceite.
- La prueba de hermeticidad es muy sencilla, basta inyectar Nitrógeno seco al transformador hasta alcanzar la presión indicada en la especificación K0000 correspondiente, enseguida se le puede aplicar jabón a todos los cordones de soldadura para verificar que no existe ninguna fuga.
- Como prueba complementaria se le deja conectado un manómetro durante veinticuatro

horas para comprobar que la presión se mantiene constante.

- En caso de localizar alguna fuga, no energice este equipo procediendo a dar aviso al fabricante, al laboratorio de C.F.E. y a la subgerencia de distribución.

#### 7.5.5 Prueba de Alta tensión en corriente directa

Todos los cables, accesorios y equipos que se conectan en A.T. en los sistemas subterráneos son probados en fábrica e inspeccionados por el laboratorio de CFE sin embargo una vez entregados de fábrica, tanto los cables como los demás equipos, se pierde el control sobre ellos y no se sabe si fueron tratados correctamente durante el transporte, almacenaje e instalación.

La prueba de alta tensión de puesta en servicio tiene por objeto sacar a luz todos aquellos defectos o anomalías que pudieran tener las instalaciones, antes de entrar en operación y debe aplicarse al sistema completo de media tensión (cables, accesorios premoldeados, terminales, seccionadores) excepto los devanados de los transformadores por lo que al efectuar la prueba de A.T. a corriente directa, se deben abrir los seccionadores radiales de los transformadores (sí los tienen) o se deben retirar los fusibles para evitar que la tensión aplicada llegue a los devanados.

La prueba se realiza por medio de un equipo de alta tensión de corriente directa, que consta por lo general de 2 secciones, siendo éstas el transformador rectificador de corriente y la consola de control, la que además de recibir la alimentación de la fuente de voltaje, contiene los equipos de medición de corriente y voltaje que permiten obtener los resultados de las pruebas.

Antes de iniciar la prueba de alta tensión deberán llevarse a cabo las siguientes medidas de seguridad:

1. Verificar que las instalaciones que va a probar se encuentren desenergizadas totalmente y que son exactamente las que quiere probar.
2. Desconecte y aterrice todos aquellos cables y equipos que no deben entrar en la prueba, igualmente todas aquellas partes metálicas que se encuentren en las cercanías del cable y equipo bajo prueba.
3. Desconecte las terminales del cable bajo prueba en ambos extremos, limpie las terminales y proteja la del extremo opuesto al punto de conexión del equipo de prueba con una bolsa de plástico para reducir las corrientes del efecto corona.
4. Todos los extremos de los componentes que están bajo prueba, deberán protegerse de

contactos accidentales, por medio de barreras o con personal que vigile el área de peligro.

5. Verifique que todos los transformadores que se encuentren conectados al cable bajo prueba tengan su seccionador radial abierto o en su defecto los fusibles retirados, para impedir que la tensión de prueba llegue a los devanados ya que a través de estos quedaría el cable conectado a Tierra.

En caso de que el transformador no tenga seccionador y sus fusibles no sean removidos desde el exterior, deberán retirarse las terminales inserto o perno y acoplarse posteriormente a una terminal inserto o perno de descanso fuera de los transformadores par realizar la prueba.

6. Verifique que todos los accesorios premoldeados conectados al cable bajo prueba se encuentren aterrizados a través del ojillo que para ese efecto tienen, y que la pantalla del cable este debidamente aterrizada.

Una vez cubiertos todos los pasos anteriores prepare el equipo de prueba de acuerdo a su instructivo (hay varias marcas de equipo, y obviamente cada una tiene sus propias indicaciones para la conexión y operación). Verifique que tanto el módulo de media tensión como la consola de control estén debidamente aterrizados.

Soporte mediante algún herraje debidamente aislado, el cable de media tensión del módulo, para probar el equipo en vacío y verificar su correcta operación.

Algunos equipos tienen un interruptor adicional de seguridad, con objeto de que el equipo trabaje solamente cuando el operador lo esta presionando.

Sí una vez conectado el equipo no trabaja a pesar de encontrarse correctamente conectado, revise la perilla del reóstato, probablemente no se encuentre en la posición de cero, lo que bloquea el circuito.

Después de verificar el correcto funcionamiento del equipo de prueba, apáguelo y conecte la salida de media tensión del equipo al cable bajo prueba.

Coloque el amperímetro en la escala de micro-amperes y el reóstato de voltaje en cero, e inicie la prueba elevando lenta y suavemente el voltaje por medio de la perilla del reóstato en pasos de 10 en 10 kV.

Después de alcanzar cada uno de estos pasos, espere un minuto, coloque el amperímetro en la escala más conveniente y registre la lectura obtenida. Así hasta alcanzar el voltaje de prueba (55 kV. para sistemas de 13,2 kV y 80 kV para sistemas de 23 kV).

En el momento que alcance el voltaje de prueba manténgalo y tome la lectura del microampermetro cada minuto durante 15 minutos, después de tomar la lectura de los 15 minutos regrese el reóstato a cero, lentamente y apague el control cambie la polaridad para que la aguja no se desnivele mientras el cable sé esta descargando.

Sí la prueba se completo sin problemas, grafique los valores (Tiempo-Mili amperes) obtenidos, e interprete la gráfica.

Sí durante el transcurso de la prueba se abate el voltaje y la corriente, revise la fuente que alimenta al equipo, puede haber fallado o haber tenido una falta de tensión transitoria, lo que ocasionó que se des energizará el equipo. Si fue la fuente que alimenta al equipo la que falló, encienda de nuevo el equipo y eleve lenta y constantemente el equipo hasta alcanzar la tensión que se tenía antes de la interrupción y continúe la prueba desde ese punto.

Sí el equipo se dispara en el transcurso de la prueba y durante el disparo la aguja del amperímetro barre toda la escala, es señal inequívoca de una falla en algún elemento del circuito.

Aterrice el equipo y la terminal bajo prueba, revise el equipo y la instalación para ver si encuentra algo evidente que haya provocado la falla, en caso de que no se observe nada irregular, retire las tierras de la terminal bajo prueba y del equipo.

Distribuya al personal con que cuenta a lo largo de la trayectoria del circuito, principalmente en los transformadores o equipos instalados, para escuchar el disparo en el punto de falla.

Encienda de nuevo el equipo y eleve el voltaje lentamente para verificar la presentación de la falla y el valor de voltaje al que se presenta.

Una vez verificada la falla, si notó algo o escuchó el disparo en algún punto, trate de verificarlo, si encuentra la falla aíslala y pruebe el resto del circuito.

Sí no fue posible localizar la falla a primera instancia y al tratar de elevar el voltaje, el amperímetro registra mucha corriente regrese a cero el reóstato y seccione el circuito en el primer transformador; intente de nuevo elevar el voltaje, si la falla persiste, el daño se encontrará entre el primer transformador y el punto donde se esta probando, sí por el contrario el voltaje sube con facilidad y la aguja del amperímetro casi no se mueve, cierre el transformador que seccionó y abra en el siguiente, así hasta localizar el tramo fallado, sí la falla no se encuentra ni en terminales ni en transformadores la falla se presenta en el cable y este se encuentra instalado en ducto, cambie el tramo dañado y vuelva a iniciar la prueba.



Una vez concluida la prueba grafique los resultados, en general, si después de la primera lectura a voltaje de prueba la corriente tiende a bajar o se estabiliza en los subsecuentes minutos, el cable esta en buenas condiciones.

Si la corriente en lugar de bajar o estabilizarse sube, el cable acusa humedad o contaminantes y por lo tanto será un cable con posibilidades de falla inmediata a pesar de que pase la prueba.

Espere a que el voltaje vaya decreciendo por sí solo, no trate de descargarlo con alambres conectados a tierra, ya que podría dañar el equipo de prueba, en caso de que requiera descargar con mayor rapidez el cable, utilice la pértiga de descarga, que tiene integrada una resistencia.

#### PRUEBAS APLICADAS A TRANSFORMADORES NORMAS APLICADAS A TRANSFORMADORES TIPO POSTE

**K0000-01** Transf. de Distribución Tipo Poste Monofásico y Trifásico.

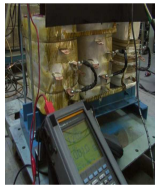
**K0000-02** Inspección por muestreo de Transformadores de Distribución

**k0000-03** Evaluación y penalización de Valores de garantía a Transf. Distribución

**NMX-J-116**

**ANSI C57.12.00** Transformadores tipo distribución Norma Americana

#### PRUEBAS DE RUTINA:



- Características físicas del conjunto
- Resistencia de los aislamientos del conjunto
- Tensión de ruptura dieléctrica del aceite
- Relación de transformación
- Resistencia ohmica de los devanados
- Polaridad ó secuencia de fases
- Pérdidas en vacío y lectura de corriente de excitación
- Pérdidas con carga y lectura de impedancia
- Impedancia y perdidas debidas a la carga
- Potencial aplicado
- Doble Potencial inducido a 400 Hz
- Hermeticidad

#### PRUEBAS OPCIONALES:

- Factor de potencia de los aislamientos del conjunto
- Pérdidas de corriente de excitación e impedancia a tensiones, cargas, ó frecuencias distintas de las nominales

- Elevación de temperatura de los devanados a capacidades distintas de los nominales.
- Pruebas de operación de alguno de los accesorios

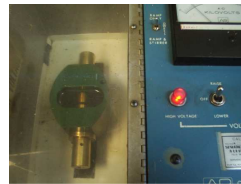
#### PRUEBAS PROTOTIPO

- Impulso
- Corto circuito a 25 veces la corriente nominal

#### 7.5.6. Tensión de ruptura del aceite

Propósito:

EL aceite de un transformador es considerado como un elemento aislante y de enfriamiento, requiere contar con las características dieléctricas necesarias para cumplir su función, además de no ser causa de contaminación para otros elementos aislantes; para verificar lo anterior, se realiza la prueba de rigidez dieléctrica, en la cual se obtiene el valor de tensión, al cual el aceite cede en sus características aislantes.



#### Procedimiento:

Esta prueba se lleva a cabo con un aparato probador de aceite, el cual consiste de un transformador con

regulación controlada a través de un reóstato, que puede ser manual ó automático, con una variación de voltaje de 0 a 30 kV ó 60kV., dependiendo del diseño y marca del aparato, una punta del transformador es conectada a tierra y la otra a uno de los electrodos dentro de la copa, el otro electrodo está también aterrizado, el espacio entre los electrodos depende de su forma, los mas comunes son los planos con sección circular de 254mm de diámetro, la abertura entre ellos deber ser calibrada a 2,54mm, cuidando que exista un paralelismo completo entre ellos.

#### Criterios de evaluación:

La tensión de ruptura macada por la norma para este tipo de electrodos, es de 30kV, si las lecturas son menores de esto se tomara otra muestra para la verificación si se obtuvieron los mismos resultados, el transformador es rechazado.

#### Comentarios:

En los últimos 20 años la calidad del aceite ha mejorado, debido a la preocupación de los fabricantes por vigilar adecuadamente sus procedimientos de recibo, conservación, conducción y llenado de transformadores, así como los equipos de reproceso se han mejorado.

Existen además de la prueba de rigidez dieléctrica, otra serie de pruebas, las cuales se hacen en el laboratorio químico como son:

1. Color
2. Resistencia dieléctrica
3. Punto de iniciación de flama
4. Tensión interfacial
5. Punto de escurrimiento
6. Factor de potencia
7. Gravedad específica
8. Viscosidad
9. Contenido de agu

#### 7.5.7. Prueba de Potencial Aplicado:



##### Propósito:

Probar la resistencia del aislamiento de cualquier devanado a tierra, y entre devanados.

Probar el diseño y la integridad de los elementos aislantes, así como sirve para revisar otras partes internas que tienen funciones de conducción, como cambiador de derivaciones, termomagnéticos, guías, boquillas, etc.

##### Procedimiento:

Todas las terminales del devanado a probar serán cortocircuitadas y conectadas a una fuente de alimentación monofásica, el resto de las terminales se cortocircuitaran y se conectarán a tierra junto con el tanque.

Relación de transformación por el método del transformador patrón.

El transformador más conocido es el T.T.R. (Turn Test Ratio), siendo éste un transformador con relación conocida y con las facilidades de variación y comparación a través de reóstatos, detector de corriente, voltmetro y galvanómetro, así también la corriente es suministrada por un generador a manivela ó motorizado.

Los devanados de una fase del transformador son conectados a las terminales del TTR y los reóstatos son movidos hasta lograr que el galvanómetro esté en posición neutra.

Las pruebas son repetidas hasta completar todos los devanados y fases. Las lecturas se harán en cada reóstato, comenzando por la izquierda.

#### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Como se trata de verificar la relación entre voltajes supuestos por diseño y dados en la placa de datos, estos podrán ser calculados previamente, dividiendo el valor de alta tensión, entre el correspondiente en baja tensión. La tolerancia dada por las normas es de  $\pm 5\%$ , si la lectura se encuentra dentro de estos límites, el transformador es aceptado.

Comentarios: Dado que la prueba de relación de TTR se hace con un voltaje muy bajo (8 Volts) es posible hacer ésta prueba en cualquier estación durante el proceso de

ensamble, después que los devanados han sido puestos en el núcleo del transformador, ha permitido que existan muy pocas fallas al llegar a las pruebas finales, ya que estas son detectadas durante el proceso.

En el campo, esta prueba es sencilla llevarla a cabo y es una buena manera de revisar tanto la relación como la continuidad de los devanados y la correcta operación de los cambiadores de derivaciones, etc. verificando así, si el transformador sufrió daños en el transporte, ó si el ensamble fue el apropiado antes de ponerlo en operación.

#### 7.5.8. Resistencia de los devanados:

##### Propósito:

Verificar la continuidad de las bobinas y conexiones, así como proveer los datos de resistencia que se usarán en el cálculo de las  $I^2R$  en la prueba de cobre, así como para calcular el incremento térmico de los devanados en la prueba de temperatura.

##### Procedimiento:

La medición a temperatura ambiente deberá llevarse a cabo cuando el transformador esté totalmente ensamblado, lleno de aceite en su caso, hasta el nivel indicado y además que no haya estado sometido a fluctuaciones drásticas del ambiente.

Quando el transformador es sumergido en aceite, se supone que la temperatura del devanado es la misma del aceite, siempre y cuando el transformador haya estado de 3 a 8 horas (dependiendo del tamaño) sin excitación y sin corriente en sus devanados. La medición de temperatura deberá obtenerse con termómetro de alcohol ó termopar, sumergiéndolos 50mm dentro del aceite. Cuando se trate de transformadores secos, la temperatura deberá obtenerse colocando termómetros ó termopares entre los devanados, registrando el promedio de ellos. Deberá tenerse cuidado de que los elementos sensibles estén tan cerca como sea posible de los conductores de las bobinas.



Quando se miden las resistencias con el propósito de llevar a cabo una prueba de temperatura, deberá presentarse especial atención al tiempo de estabilización, ya que habrá que dejar pasar este tiempo antes de buscar las primeras lecturas en el puente, si dicha estabilización fuese muy tardada se podrá aplicar una tensión mayor, reduciéndola conforme la corriente se acerca a las condiciones de estabilización.

Existen dos métodos para medir la resistencia de un devanado ó cualquier otro componente eléctrico; el método de puente y el método de caída de potencial. Por

conveniencia y precisión el método de puente es el recomendado.

Existen dos tipos de puentes tradicionalmente:

\* El puente de Weathstone y el puente de Kelvin, el primero nos permite hacer mediciones de 5 a 10 000 ohms, y el segundo de 0,0001 a 10 ohms., podrían hacerse mediciones de baja resistencia con el puente de Weathstone, pero los resultados serán más precisos con el puente Kelvin.

Para obtener resultados confiables, los puentes deben mantenerse en óptimas condiciones de operación, teniendo limpios los contactos y terminales tanto de la batería al puente, como del puente al devanado, habrá que asegurar también un buen contacto, seleccionando las superficies adecuadas, así como dando el apriete apropiado a las terminales.

Al tomar las lecturas habrá que verificar la constante de multiplicación del puente, anotándola junto con los valores obtenidos.

#### 7.5.9. Pérdidas de vacío o en núcleo:

Propósito:

Verificar y comprobar la calidad del núcleo, como su ensamble y materia prima utilizada; y como comprobación de las pérdidas garantizadas por diseño.

Procedimiento:

Uno de los devanados, por lo general la baja tensión, es alimentado a voltaje y frecuencia nominal, dejando el otro en circuito abierto, el equipo de medición consiste en un voltímetro medio, voltímetro eficaz, amperímetro y Wattmetro y frecuencímetro; cuando se hace necesario se usarán transformadores de potencial ó de corriente. Se ajustará el voltaje nominal, leyendo en el voltímetro medio, a continuación, se lee el resto de los instrumentos con los valores que presentan cada uno.

#### 7.5.10. Medición Corriente de excitación:



MESA DE PRUEBAS

Propósito:

Verificar si la corriente de excitación cumple con las garantías y para detectar conexiones incorrectas en los devanados.

Procedimiento:

Es el mismo seguido para la prueba de perdidas de excitación, tomando la lectura del amperímetro como un dato para el cálculo del % de corriente; el otro dato será la

corriente nominal del devanado por el cual se haya aplicado el voltaje nomina esto es

$$\% I = \frac{I \text{ medida}}{I \text{ nominal}} \times 100$$

Comentarios: En la práctica, la corriente de excitación se ha logrado mantener baja con los sistemas de núcleo enrollado, y configuración del núcleo en 5 piernas.

#### 7.5.11. Perdidas de cobre o con carga

Propósito: Verificar garantías, cálculos de diseño y calidad de manufactura.

Procedimiento: Una manera práctica de medir las pérdidas de carga en fábrica, es simulando el flujo de corriente en los devanados.

Uno de los devanados generalmente el de baja tensión, es temporalmente puesto en corto circuito, aplicando por el otro devanado un voltaje aproximadamente igual al por ciento de impedancia esperado ó calculado, esto hará fluir una corriente, que deberá entonces ajustarse a la calculada como corriente nominal.

Hecho esto, se tendrá un flujo en el devanado de alta tensión, puesto que los amperes por vuelta deberán balancearse en el transformador, una corriente nominal fluirá también en el devanado de baja tensión. En este momento, las condiciones para hacer una medición son las adecuadas, ya que las corrientes de carga están fluyendo en todos los devanados, así como las corrientes EDDY, causadas por pérdidas indeterminadas fluyen también en el tanque y herrajes.

Las pérdidas entonces pueden ser medidas utilizando el equipo apropiado para ello, generalmente, es usado el mismo equipo descrito para las pruebas de excitación, en este caso el amperímetro es el que se ajusta, y se lee el resto de los instrumentos, vigilando sus constantes y valores al anotarlos. También será requerida la temperatura a la cual se hizo la medición.

#### 7.5.12. Hermeticidad:

Propósito:

Verificar la hermeticidad del transformador para evitar la entrada de humedad y las fugas de aceite.

Procedimiento:

Al igual que las pruebas de resistencia, la temperatura del transformador deberá ser estable, antes de iniciar la prueba, así también los transformadores deberán contar con una provisión para la instalación de un manómetro y de una válvula de entrada de aire seco ó nitrógeno, siendo estos gases recomendados para la prueba.

Se dejará entrar aire ó nitrógeno, hasta que manómetro indique la presión requerida de acuerdo al tipo de transformador de que se trate, es recomendable el uso de manómetros, que permitan una fácil lectura, de preferencia

en el 1/3 medio de su escala. Una vez hecho esto se tomará la temperatura del ambiente lo más cerca al tanque del transformador, para hacer la verificación correspondiente al final del tiempo de duración de esta prueba.

#### Criterios de evaluación:

Se considera que el transformador ha pasado satisfactoriamente la prueba, si la presión residual corregida por temperatura no es inferior a la presión inicial, menos la tolerancia indicada.

#### 7.5.13. Pruebas de Aislamiento:

Propósito:

Determinar la calidad de los aislamientos del transformador a través de la obtención de los valores ohmicos de los mismos.

Procedimiento:

**Resistencia de aislamiento** (Megger) esta prueba se lleva a cabo cortocircuitando las terminales de devanados similares, conectando uno de ellos a tierra junto con el tanque y el otro Megger, cuya función consiste en aplicar un voltaje directo de 1000volts. La lectura se obtiene en un cuadrante con valores en MegOhms desde cero hasta el infinito. Dependiendo del grado de humedad de los aislamientos el valor del Megger, será mayor en tanto el aislamiento sea de mejor calidad, disminuyendo en caso contrario. La forma indicada por las normas consiste básicamente en probar:

1. Alta tensión contra baja tensión y tanque a tierra.
2. Alta tensión con tanque a tierra contra baja tensión
3. Alta y Baja tensión contra tanque a tierra.

#### 8.0 OPERACIÓN.

Para operación continua, bajo temperatura y ambiente normal, la carga total conectada al equipo no deberá exceder de la indicada en la placa, la sobrecarga prolongada ocasiona la perdida de la vida útil del transformador. El voltaje deberá aplicarse solamente a transformadores llenos de aceite con líquido aislante al nivel correcto. La unidad esta diseñada para soportar hasta 69 KPA (0.7 kg/cm<sup>2</sup> ). No opere la unidad arriba de la presión indicada por éste manual.

Una vez efectuadas todas las pruebas y la instalación del transformador procederemos a la puesta en operación. Para esto se debe tener en cuenta algunas precauciones y seguir los pasos que se indican a continuación:

- a) Verificar que el seccionador del devanado primario y el interruptor secundario estén en posición de abierto.
- b) Al energizar el sistema, se debe de instalar fusibles de prueba de un 10% de la Corriente Nominal del

transformador por cada fase, para proteger los transformadores y el sistema.

c) Energizado el sistema conectar cada transformador en vacío, cerrar el seccionador del primario y el interruptor del secundario en éste orden. Esta operación se deberá realizar con una pértiga tipo escopeta.

d) Excitado el transformador se tomarán lecturas de voltaje secundario para comprobar que sea el adecuado y que la secuencia de fases, sea la misma para todos los transformadores que se vayan a conectar en paralelo.

e) Si el voltaje secundario no es el adecuado se ajusta con el cambiador de derivaciones, el cual debe operarse sin carga y sin voltaje.

f) Después de asegurar la correcta operación en vacío del transformador, se sustituyan los fusibles de prueba por los de operación normal del sistema. Una vez sustituidos los fusibles se energizará el transformador en la forma descrita en los párrafos anteriores con la variante de que en esta ocasión se alimentará la carga, revisando que la corriente y el voltaje sean los correctos.

#### 9.0 MANTENIMIENTO.

El Mantenimiento correctivo se realiza únicamente en los embobinados y conexiones, pocas veces en los accesorios, debido a la complejidad de éstos y a una diversidad cada vez mayor del equipo.

Si su transformador sufre de algún defecto interno y está dentro de los límites del tiempo que marca la garantía del producto no trate de repararlo Usted mismo, llámenos inmediatamente y le daremos instrucciones precisas al respecto. Si la garantía fuese expirada, llame al taller de reparación de transformadores de su absoluta confianza para que procedan con la reparación o reemplazo de la unidad.

El mantenimiento preventivo debe realizarse bajo un programa que permita operar los transformadores en las mejores condiciones de continuidad

#### 9.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

**IMPORTANTE:** Lea cuidadosamente éstas instrucciones antes de iniciar cualquier tipo de inspección o mantenimiento a su transformador de distribución tipo pedestal. El no hacerlo puede causar quemaduras o la muerte al operario.

Primeramente, desconecte de su transformador toda la carga y coloque el interruptor termomagnético de baja tensión en su posición de desconectado (si su transformador lleva éste accesorio). Así mismo, desconecte el seccionador de alta tensión del transformador.

Si es posible desconecte su circuito trifásico de alta tensión desde el des-conector exterior de la acometida y retire los porta fusibles o canillas todo el tiempo que lleve las labores de mantenimiento en sus equipos.

**NOTA:** La desconexión debe ser siempre en las tres fases y sin carga en el lado de baja tensión del transformador.

Una vez que este seguro de que su transformador está completamente des-energizado proceda con las labores de inspección y/o limpieza.

Se recomienda la inspección de los siguientes puntos:

- a) Estado de la aguja del nivel de aceite.
- b) Estado de las agujas del Termómetro.
- c) Estado físico de los conectores separables.
- d) Estado físico de las boquillas de baja tensión.
- e) Estado físico de las válvula de sobre presión.
- f) Estado físico de las placas de conexión a tierra.
- g) Rigidez dieléctrica del aceite
- h) Escurrimientos o goteos de aceite a todo lo largo y ancho del tanque del transformador.

Si la configuración de su red subterránea de alta tensión es en anillo, no haga Usted labores de mantenimiento en sus equipos, ya que sólo C.F.E. tiene personal capacitado y dispuesto para operaciones de ajustes y mantenimiento.

Aunque los conectores separables que alimentan su transformador son de operación con carga, no es recomendable la ejecución de éstos por personal que no este especializado en operaciones de apertura y cierre con carga de conectores separables. Por lo que se reserva esta operación para personal de C.F.E.

Una vez realizadas las labores de mantenimiento preventivo, reestablezca la energía en su Des conector exterior, cierre el seccionador del transformador, cierre el interruptor termomagnético, para luego ir conectando ordenadamente su carga.

**OFICINA EN GUADALAJARA:**

AV. 18 DE MARZO 1929 COL LAS AGUILAS  
ZAPOPAN, JAL.

TELÉFONO: 01 (33) 1201 1491/36343700

TELEFAX: 01 (33) 3124 1630

CORREO ELECTRÓNICO: [blantek@megared.net.mx](mailto:blantek@megared.net.mx)

[www.blantek.com.mx](http://www.blantek.com.mx)

**FÁBRICA:**

Carr. Guad Jiquilpan km 63

Mpio. Tuxcueca, Jalisco

