GUIA PARA EL MANEJO DEL TRANSFORMADOR SECO

F-MKT-05.E.1

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción
2. Generalidades
   2.1. Transformador seco encapsulado en resina epoxica o seco F
   2.2. Transformador seco con bobinado abierto o seco H
3. Pruebas realizadas en fábrica
4. Transporte
   4.1. Recomendaciones
   4.2. Recepción
      4.2.1 Recomendaciones de revisión
5. Montaje
   5.1. Requerimientos generales de la celda.
6. Instalación
   6 .1. Ubicación
   6.2 Pruebas antes de energizar el transformador
      6.2.1. Resistencia de aislamientos
      6.2.2. Resistencia óhmica
   6.3. Instalación de la puesta a tierra.
   6.4. Conexión de la acometida de baja tensión al transformador
   6.5. Conexión de la acometida de media o alta tensión al transformador.
7. Operación
8. Almacenamiento
9. Mantenimiento
   9.1. Mantenimiento Preventivo
10. Guía de accesorios
   10.1 Cambiador de derivaciones
   10.2 Ruedas
   10.3 Control de temperatura

1. INTRODUCCION

Nuestros transformadores se diseñan bajo la normatividad nacional e internacional, dependiendo del destino del transformador.

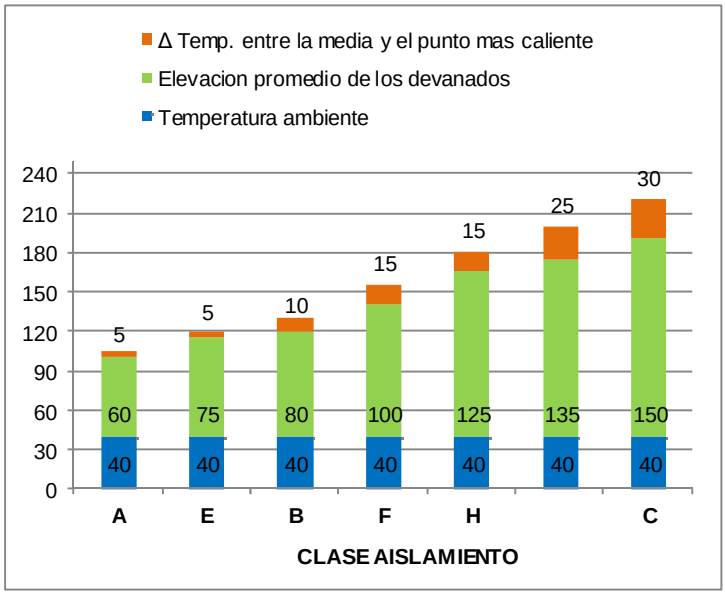
Esta guía tiene como objetivo suministrar la información básica necesaria sobre configuraciones, montaje, instalación y puesta en funcionamiento de los transformadores secos clase **F** y **H**.

La información, recomendaciones, descripciones y notas de seguridad en este documento se basan en guías, normas y en la experiencia de MAGNETRON S.A.S., en los equipos descritos. Esta información no incluye ni cubre todas las contingencias. Por lo tanto, si requiere mayor información consúltenos.

2. GENERALIDADES

Históricamente, los transformadores sumergidos en aceite han sido la opción más utilizada en las redes eléctricas, pero, debido a algunos problemas asociados con el manejo ambiental, la probabilidad de incendio, el control de fugas y el mantenimiento general han motivado la evolución y utilización de los transformadores tipo seco en zonas tales como: centros comerciales, edificios de pública concurrencia, hospitales, túneles, bancos, entre otros.

Existen en el mercado varios tipos de transformadores secos, la letra o nombre indica la clase del aislamiento, así:



Magnetron suministra dos clases de transformadores secos:

Seco	Elevación promedio de los devanados
Clase F	100°C
Clase H	125°C

2.1. Transformador seco encapsulado en resina epoxica o seco F

Han alcanzado un alto grado de confiabilidad de tal forma que pueden ser utilizados en lugares con elevado porcentaje de humedad y contaminación eliminando problemas como riesgos de incendio y emisiones de sustancias toxicas y nocivas. Están fabricados con materiales aislantes que retardan la llama y son autoextingibles[1].

[1]Material que deja de arder al separarlo de una llama o foco de calor externo.

Figura 1. Transformador seco encapsulado en resina epoxica.

El transformador encapsulado en resina epoxica se encuentra diseñado para trabajar en condiciones adversas, a continuación se establece la fiabilidad del equipo.

E2, clase ambiental: el transformador puede estar sometido a una condensación consistente o a una intensa contaminación o a una combinación de ambos fenómenos.

C2, clase climática: el transformador está diseñado para funcionar, ser transportado y almacenado a temperaturas ambientes hasta -25°C.

F1, comportamiento frente al fuego: el transformador está sujeto a riesgo de incendio. Dentro de un tiempo determinado, acordado entre fabricante y comprador, el fuego tiene que autoextinguirse[1]. La emisión de sustancias toxicas y de humos opacos tiene que ser mínima.

2.2 Transformador seco con bobinado abierto o seco H

Utiliza el aire como medio aislante por esta razón la temperatura de los devanados suele ser mayor que en los transformadores inmersos en aceite. Magnetron utiliza en su proceso de fabricación materiales que soportan altas temperaturas, 180°C, resistentes a la humedad y autoextinguibles.

Fabricamos transformadores secos de bobinado abierto en dos clases:

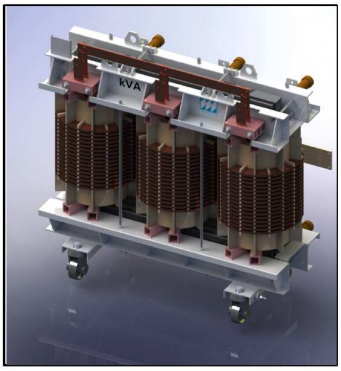
Clase 1.2kV: usualmente no llevan derivaciones de voltaje y se confinan en gabinetes que los protegen de los agentes atmosféricos, se suministran celdas con el grado IP que el cliente solicite.

Figura 2. Transformador seco con bobinado abierto, clase 1.2kV

Clase 15kV: se construyen con bobinados de sección circular y núcleos apilados de sección escalonada. Todo su esquema de aislamiento está diseñado con materiales clase 180ºC, para que soporte las condiciones de calentamiento y sobrecarga establecidas por norma. No

llevan gabinete porque están diseñados para ser incluidos dentro de celdas en las subestaciones de alta tensión.

Figura 3. Transformador seco con bobinado abierto, clase 15kV



3. PRUEBAS REALIZADAS EN FÁBRICA

Una vez el transformador se encuentra totalmente ensamblado se le realizan los siguientes ensayos eléctricos de rutina:

- Relación de transformación.
- Resistencia de los devanados.
- Perdidas en vacío y corriente de excitación.
- Perdidas en el cobre e impedancia de corto circuito.
- Resistencia de aislamiento.
- Tensión aplicada.
- Tensión inducida.

Ensayos especiales:

- Ensayo de incremento de la temperatura.
- Medida del nivel de ruido
- Medida de descargas parciales[2]

Estos ensayos se realizan por solicitud del cliente.

4. TRANSPORTE

Los transformadores están provistos con dispositivos de izaje u orejas de levante que se utilizan para manipularlos con montacargas o grúa. A partir de 300kVA los transformadores llevan ruedas orientables que permiten realizar manipulación y operación del transformador.

Utilice preferiblemente estrobos de fibra a las cadenas o estrobos metálicos, ya que estos ayudan a proteger el recubrimiento anticorrosivo de la brida del transformador.

Si va a usar cadenas o estrobos metálicos asegúrese de cubrir las partes en contacto para evitar desprendimientos de pintura. Asimismo, evite golpear alguna parte del transformador con los estrobos ya que pueden deteriorar la pintura del transformador e incluso generar graves daños a las bobinas o elementos de conexión.

En la figura 4 se ilustra la forma adecuada de izar el transformador, debe realizarse la manipulación desde las 4 orejas de levante, de lo contrario se generan esfuerzos inadecuados en algunos puntos de la brida lo cual puede llevar a que se presenten desajustes en las bobinas o el núcleo.

[2] aplica únicamente para transformadores secos encapsulados en resina epoxica.

Figura 4. Izaje del transformador

Para su despacho los transformadores se protegen externamente con stretch film que ayuda a preservar el transformador de la lluvia, del polvo o de la excesiva humedad. Adicionalmente se despachan sobre una base de madera la cual puede utilizarse para moverlo con montacargas. Es recomendable conservar el transformador en ella hasta el sitio definitivo de instalación, ya que le brinda mayor protección.

Por ningún motivo permita que el transformador sea directamente arrastrado sobre el piso.

Durante el traslado no debe empujarse el transformador apoyándose sobre las bobinas, ni sobre las conexiones.

ADVERTENCIA: Por ninguna razón haga palanca sobre algún elemento del transformador para intentar deslizarlo o levantarlo ya que estas estructuras no están diseñadas para ser sometidas a este tipo de esfuerzos y pueden dar lugar a daños o deformaciones.

4.1. Recomendaciones

Conservar el embalaje y empaque del producto, así evita la filtración de líquidos y partículas gruesas de polvo a los componentes.

El Transformador seco debe ser transportado en vehículos totalmente cubiertos. Asegurarse que techo y paredes de la carpa de la carrocería del vehículo no tenga huecos o grietas.

4.2. Recepción

Es de vital importancia que al momento de recibir su transformador verifique que este llegue en perfectas condiciones ya que durante el transporte corre el riesgo de sufrir daños.

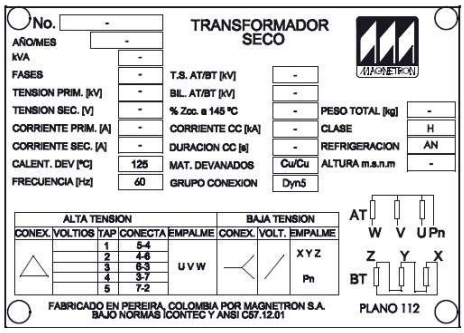
4.2.1 Recomendaciones de revisión

Revise los datos de placa. Deben coincidir con los datos de la remisión del transformador.

- Número de serie
- Capacidad
- Tensión primaria
- Tensión secundaria
- Número de fases
- Conexión

Verifique que el transformador este montado sobre una base de madera.

Figura 4. Placa del transformador.



Verifique que el transformador cuente con la nomenclatura que identifica los terminales y puntos de puesta a tierra.

NOTA: En el caso de encontrarse algún daño o indicación de maniobra brusca, debe hacerse una descripción clara y detallada de estas características y de ser posible tomar fotografías para presentar una reclamación por no conformidad a la empresa transportadora o al fabricante según sea el caso.

5. MONTAJE

NOTA: Durante los trabajos en instalaciones eléctricas: montaje, operación o mantenimiento no deberá faltar equipamiento para incendio y primeros auxilios en el área de trabajo, este deberá ubicarse en un lugar visible y accesible.

En el montaje del transformador deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

Los transformadores secos deben instalarse sobre fundaciones adecuadamente niveladas y resistentes para soportar su peso.
Cuando el transformador se apoye sobre las ruedas se debe verificar que todas se apoyen para evitar inestabilidad y deformaciones.

El transformador debe estar ubicado en posición vertical.

El transformador debe quedar bien asegurado a la base de instalación.

Las ruedas de desplazamiento deben quedar bloqueadas si se van a dejar instaladas en el transformador.

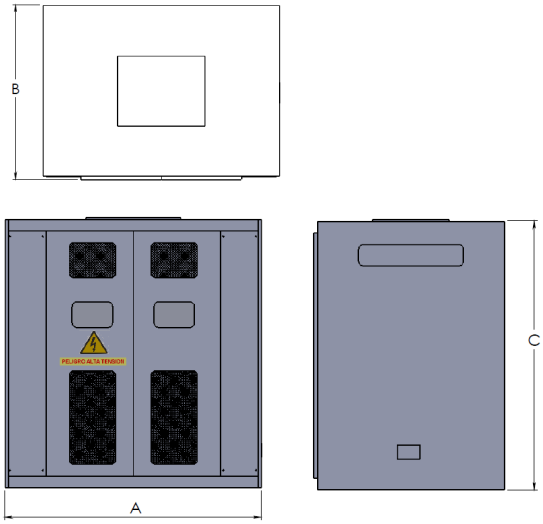
Garantizar las distancias de seguridad.
Se recomienda montar el transformador seco sobre resortes, de tal forma que estos absorban las vibraciones.

Los transformadores secos se deben separar por lo menos 30 a 45 cm de las paredes u otros obstáculos para permitir la circulación de aire alrededor y a través del equipo.

Figura 5. Esquema de la celda del transformador.

Tabla 1. Distancias mínimas requeridas para la ventilación.

Capacidad	Dimensiones (mm)		
kVA	A	B	C
30	1600	1200	1900
45	1600	1200	1900
75	1600	1200	1900
112,5	1700	1300	1900
150	1700	1300	1900
225	1800	1300	2000
300	1800	1500	2000
400	1900	1500	2000
500	1900	1500	2200
630	2000	1500	2300
750	2000	1500	2300
800	2200	1500	2300
1000	2200	1600	2300



ADVERTENCIA: Las distancias acotadas dentro de la celda son las mínimas requeridas para ventilación y radio de curvatura de los conductores. El diseño e instalación de la celda debe ser realizado por personal competente.

La celda del transformador debe descansar sobre un soporte en ángulos que permita la entrada de ventilación por debajo, con celosía o malla, que deje pasar el aire e impida la entrada de animales o cuerpos extraños y sólo con el espacio necesario para la entrada y salida de los conductores.

5.1 Requerimientos generales de la celda.

Las cubiertas laterales, posterior y frontal tendrán las dimensiones necesarias en celosía o malla para la adecuada ventilación.

En algunos casos las celdas podrán tener domos para la salida del aire caliente o podrá instalarse su propio sistema de ventilación forzada.

La celda tendrá el espacio suficiente de tal forma que permita: alojar el transformador, adecuada ventilación, distancias eléctricas a partes energizadas y radio de curvatura de conductores.

Prever aberturas con rejilla a nivel del suelo para la entrada de aire fresco y aberturas en la parte superior, en el lado opuesto al transformador, para la salida del aire caliente. La aireación será más eficaz como mayor sea la diferencia en altura entre el eje térmico del transformador y el centro de la abertura de salida. Las aberturas deben garantizar que pueda circular $2.5m^3$ de aire por minuto por cada kW de pérdida del transformador.

Las celdas deben ser pernadas al suelo y con medios para amortiguar las vibraciones y ruidos.

6. INSTALACION

ADVERTENCIA: La instalación del transformador debe llevarse a cabo teniendo en cuenta las normas y reglamentos vigentes que cubran el equipo que se va a instalar, las disposiciones y regulaciones pertinentes de la empresa de energía que opere el sistema en el cual será instalado el equipo y las instrucciones dadas en este manual.

Todas las instalaciones deben ser llevadas a cabo por personal competente y debidamente calificado.

La instalación de un transformador trifásico seco tiene cinco pasos fundamentales que deben ser seguidos en forma cuidadosa:

1. Ubicación del transformador
2. Realizar pruebas al transformador antes de la instalación.
3. Instalación de la puesta a tierra.
4. Conexión de la acometida de Baja Tensión al transformador.
5. Conexión de la acometida de Media o Alta Tensión al transformador.

6 .1. Ubicación

La ubicación del transformador en el sitio de instalación debe tener en cuenta principalmente los siguientes aspectos:

- Seguridad del personal
- Accesibilidad
- Condiciones atmosféricas.

El lugar donde se va a instalar el transformador debe ser seleccionado o diseñado teniendo en cuenta los códigos de seguridad pertinentes, deberá cumplir con los siguientes aspectos:

No debe interferir con el normal desplazamiento de las personas, materiales, entre otros.

No debe estar expuesto a la caída de objetos o derramamiento de líquidos.
No debe permitir la entrada a pequeños animales u objetos extraños.

Una adecuada ventilación en el lugar de instalación es indispensable para el buen funcionamiento del transformador y depende principalmente de factores como la circulación de aire limpio, seco y libre de polvo o partículas abrasivas.

6.2. Pruebas antes de energizar el transformador

Es recomendable antes de poner en servicio el transformador realizar las siguientes pruebas básicas para garantizar el buen estado y funcionamiento del equipo

6.2.1. Resistencia de aislamientos

Se recomienda realizar prueba de resistencia de los aislamientos al transformador porque permite verificar la condición de los mismos.

Si los valores obtenidos en la prueba son considerablemente diferentes a los garantizados en el protocolo de pruebas proceda de la siguiente forma:

Cortocircuite los devanados de baja tensión y alimente por el devanado primario con un voltaje del 2% del voltaje nominal. En estas circunstancias deje calentar el transformador durante 24 horas.

Si después de ejecutar el procedimiento anterior persiste la baja resistencia de aislamiento consulte con el proveedor.

6.2.2. Resistencia óhmica

Mida la resistencia óhmica entre fases de media y baja tensión, estas deben arrojar un valor sensiblemente igual al expresado en el protocolo.

Si el valor obtenido se encuentra por debajo de los valores entregados en el protocolo asegúrese que tiene un buen contacto entre las pinzas del equipo y los terminales del transformador, si persiste la baja resistencia de los devanados, comuníquese con el proveedor.

6.3. Instalación de la puesta a tierra.

NOTA: El equipo debe quedar aterrizado de acuerdo a las normas aplicables en el sitio de instalación.

Es necesario hacer una conexión a tierra firme, permanente y de baja impedancia.

Del borne del neutro del transformador se conectara un conductor, en el mismo calibre del conductor del neutro, hacia el sistema de puesta a tierra.

En la base del transformador se encuentra el aterrizaje, el cual se debe conectar al sistema de puesta a tierra. A esta tierra se deben conectar sólidamente todas las partes metálicas que no transporten corriente y estén descubiertas.

El número de varillas dependerá de la resistividad del terreno y de la resistencia del sistema de puesta a tierra. El tipo de configuración del sistema de puesta a tierra será definido por el área, resistividad del terreno y el valor de resistencia mínimo a cumplir. Las conexiones de puesta a tierra se harán con soldadura exotérmica o con los conectores aprobados por norma.

6.4. Conexión de la acometida de baja tensión al transformador

Para conectar los cables de baja tensión al transformador proceda en la siguiente forma:

Corte una longitud adecuada de cable y prepárelo para conectarlo al terminal de baja tensión.

ADVERTENCIA: Por ningún motivo la longitud del cable debe ejercer presión sobre los terminales de baja tensión del transformador, por tanto debe tenerse precaución que el cable sea cortado a la medida justa.

Remueva el aislamiento del cable en la dimensión exacta y estañe preferiblemente la punta del cable antes de conectarlo.

Si va a utilizar conductores de aluminio asegúrese que sean con recubrimiento bimetálico y que el conector también sea bimetálico.
Asegúrese que la conexión quede rígida.

NOTA: Conexiones flojas o inadecuadas pueden producir graves daños en la operación del transformador.

El neutro del transformador y el neutro del sistema deben conectarse rígidamente a tierra.

Forre los terminales de baja tensión con cinta aislante autofundente para garantizar que la instalación quede de frente muerto y así evitar accidentes a las personas que operen el equipo.

Antes de energizar el transformador cerciórese con un medidor de resistencia de los aislamientos que ninguna de las fases esté conectada a tierra y que no exista corto circuito entre ellas.

6.5. Conexión de la acometida de media o alta tensión al transformador.

Para evitar daños al energizar el transformador o en el funcionamiento de este, se deben tomar las siguientes precauciones:

En todo el proceso de conexión tenga la más absoluta limpieza. No deje que el cable o los accesorios se contaminen con ninguna sustancia extraña a ellos.

Asegúrese que todas las conexiones queden bien ajustadas. Una conexión floja producirá sobre-calentamiento, carbonizando la parte afectada, causando la falla de la conexión o el equipo.

ADVERTENCIA: Asegúrese que las conexiones a tierra estén sólidamente aterrizadas y que la resistencia óhmica a tierra este de acuerdo a las exigencias de la electrificadora respectiva.

7. OPERACIÓN

Cuando el transformador esté correctamente instalado proceda de la siguiente manera para energizarlo y ponerlo en servicio:

Desconecte toda la carga en el lado de baja tensión.

Alimente el circuito de media tensión y cerciórese de lo siguiente:
Verifique que no existan ruidos u olores extraños.

No se debe presentar ninguna perturbación en el sistema.

Verifique que los voltajes de salida estén dentro de los rangos normales y que no existen desbalances significativos.

Gradualmente introduzca la carga en baja tensión y tome las mismas

precauciones que se tuvieron en cuenta al conectar el circuito de media tensión.

En caso de producirse ruidos, olor a algún elemento quemado u ozono, se fundan fusibles o se presente calentamiento en algún punto proceda de la siguiente forma:

- Des-energice completamente el transformador.
- Revise que las conexiones a tierra están rígidas y correctamente hechas.
- Revise que no existan conexiones flojas.
- Revise que no hayan fases a tierra o en corto circuito tanto en media como en baja tensión
- Revise que las conexiones tanto en media como en baja tensión no estén contaminadas de cuerpos o sustancias extrañas.
- Revise que no existe corto circuito en la carga.

En caso que la falla persista póngase en contacto con la fábrica o nuestro distribuidor más cercano para solicitar asistencia.

En caso que no existan problemas en la puesta en marcha, revise el transformador periódicamente para comprobar que todo funciona correctamente.

8. ALMACENAMIENTO

Cuando el transformador no va a ser instalado en forma inmediata, es recomendable que sea almacenado totalmente armado, en un lugar seco y limpio, bajo techo y alejado de fuentes de polución, polvo y roedores.

Almacene su transformador, sin retirar las bases de madera con que cuenta, sobre un piso sólido.

Antes de entrar en servicio o después de permanecer des-energizado durante un periodo de tiempo, el transformador seco de bobinado abierto o clase H, debe someterse a un proceso de secado y limpieza, por la acumulación de humedad y polvo en las bobinas y aisladores.

ADVERTENCIA: Si por alguna circunstancia el transformador debe permanecer des-energizado durante un largo periodo de tiempo, se recomienda poner una resistencia o elemento calefactor (bombillos o lámparas de rayos infrarrojos) que conserve el lugar seco y evite la condensación de humedad sobre el transformador.

9. MANTENIMIENTO

Para asegurar una larga de vida del transformador y que este opere correctamente es de vital importancia estar chequeando periódicamente su desempeño y proporcionarle un mantenimiento adecuado.

Si el transformador seco tiene una operación continua en un ambiente limpio y seco, se recomienda efectuar una limpieza y aspirado simultaneo del

transformador aproximadamente cada año, o con mayor frecuencia si el grado de contaminación aumenta.

Se deben revisar las conexiones de los terminales para comprobar que estén firmemente ajustadas y así evitar calentamientos anormales.

ADVERTENCIA: Para realizar cualquier labor de mantenimiento el transformador debe estar completamente des-energizado. Todas las labores de mantenimiento tanto preventivo como correctivo deben ser llevadas a cabo por personal capacitado y entrenado en este tipo de actividades. Conservando todas las medidas de seguridad pertinentes.

9.1 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo puede definirse como un conjunto de acciones de carácter periódico y permanente que tiene la particularidad de prever anticipadamente el deterioro producto del uso y agotamiento de la vida útil de componentes, partes, piezas y materiales, permitiendo la operación continua, confiable, segura y económica del transformador.

Entre las labores de mantenimiento preventivo que debe practicar a su transformador se tienen las indicadas en la tabla 2.

Tabla 2. Mantenimiento preventivo.

Piezas a inspeccionar	Periodicidad	Observación
Medición en los terminales BT	Una vez al año	Registrar los datos para un buen seguimiento
Accesorio externos	Cada 6 meses	Condiciones físicas
Pintura	Una vez al año	Limpieza de polvo u otras suciedades
Relación de transformación	Una vez al año	

Recomendamos realizar durante el mantenimiento una inspección termográfica periódica con el fin de detectar calentamientos anormales en los terminales.

En la tabla 3 se indican algunas condiciones anormales de funcionamiento de los transformadores secos, causa probable y solución.

Tabla 3. Condiciones anormales.

ITEM	ANORMALIDAD	POSIBLE CAUSA	SOLUCION
1	Sobrecalentamiento en los terminales de AT y BT y puntos de conexión de la conmutación	Mal contacto	Limpieza de áreas de contacto. Ajuste de terminales y puntos de conexión
2	Sobrecalentamiento del transformador	Sobrecarga encima de la potencia de la maquina	Disminuir la carga Aumentar ventilación
		Circulación insuficiente de aire	Limpiar los canales de ventilación del transformador Verificar las aberturas de circulación de aire en cuanto al dimensionamiento y las obstrucciones
		Temperatura de aire de refrigeración encima de lo previsto	Disminuir la carga aumentar ventilación
3	Actuación del Relé de protección térmica (Alarma o disparo)	Sobrecalentamiento del transformador	Igual a ítem 2
		Falta de tensión de alimentación del relé	Verificar tensión de alimentación del relé Verificar el correcto funcionamiento del relé
4	Descarga entre los terminales de AT Descarga entre los terminales de AT y tierra	Reducción de la resistencia de aislamiento del material aislante por la existencia de cuerpos extraños	Limpieza general, con remoción de los cuerpos extraños depositados en la superficie
5	Descarga entre AT/BT Descarga entre BT/Tierra	Destrucción de materiales aislantes debido a sobretensiones, calentamiento o esfuerzos electromecánicos por encima de lo previsto	Sustitución o reparación de la pieza dañada
6	Ruido excesivo	Tensión más elevada a la prevista Asentamiento no uniforme de la base del transformador Resonancia con superficies del equipamiento alrededor del transformador	Verificar la tensión correcta y ajustar el tap más adecuado Verificar la existencia de superficies metálicas sueltas que posibiliten la vibración
		Resonancia transmitida por las conexiones	Instalación de elementos flexibles entre los terminales del transformador y los conductores de la instalación

10. GUIA DE ACCESORIOS

10.1 Cambiador de derivaciones, conmutador

Este dispositivo permite variar la relación de transformación para garantizar que en BT se entregue la tensión requerida. Por lo general, los transformadores se suministran con dos derivaciones por encima y dos derivaciones por debajo de la tensión nominal, con un diferencia de tensión entre derivaciones adyacentes de 2,5%. El conmutador de los transformadores secos consiste en un tablero de baquelita y fibra de vidrio, el cual debe ser operado únicamente con el transformador desenergizado.

Para operar el conmutador siga las siguientes instrucciones:

1. Des-energice el transformador y pruebe con un multímetro que no hay tensión en los terminales de baja tensión.
2. Por seguridad y protección conecte todos los aisladores de alta tensión y baja tensión a tierra usando un conductor de cobre desnudo, preferiblemente.
3. Conecte la pértiga a la tierra física con que cuenta la instalación eléctrica.
4. Utilice la pértiga para garantizar que el transformador se encuentra aterrizado.
5. Cambie la posición del conmutador a la posición deseada.

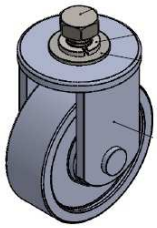
   NOTA: Identificar los terminales que deben unirse en la placa de características.
6. Retire el conductor usado para aterrizar los aisladores.
7. Retire y desconecte de tierra la pértiga.
8. Realice medición de la resistencia en el devanado de media tensión, el valor arrojado en las 3 fases debe ser sensiblemente igual.
9. Energice el transformador y mida la tensión en el secundario para asegurarse de que los niveles de tensión son los deseados.

Figura 6. Conmutador.

10.2 Ruedas

Elemento requerido para la manipulación y operación adecuada y correcta del transformador.

Figura 7. Ruedas.



10.3 Control de Temperatura

El monitor de temperatura es un dispositivo diseñado para el monitoreo y control de la temperatura. La medición de la temperatura se realiza a través de termopares ubicados en cada una de las tres fases del transformador. El monitor cuenta con un indicador digital, que despliega automáticamente el valor de la temperatura más alta, aunque es posible seleccionar de manera individual el valor de la temperatura en cada fase.

Figura 8. Monitor de temperatura.