

**Manual de instrucciones para el embalaje, transporte,
manipulación, instalación, almacenamiento y
mantenimiento de transformadores trifásicos de potencia
inmersos en líquido aislante > 500 kVA**





Contenido

1. Seguridad y riesgos	5
1.1 Seguridad Personal	5
1.2 Tipos de riesgos	6
2. Introducción	8
3. Definiciones	10
3.1 Transformador	10
3.2 Transformador de potencia	10
3.3 Devanado primario	10
3.4 Devanado secundario	10
3.5 Devanado de media tensión	10
3.6 Devanado de baja tensión	10
3.7 Embalaje	10
3.8 Base del embalaje	10
3.9 Isotank:	10
3.10 Pasatapas	10
3.12 Purgar:	10
3.13 Peligro	10
3.14 Riesgo	10
4. Abreviaciones	11
5. Manipulación	12
6. Embalaje	15
7. Transporte	18
7.1 Transformadores cargados ensamblados por completo	19
7.1.1 Transformadores con y sin huacal	19
7.1.2 Consideraciones especiales	20
7.1.3 Otras alternativas para mejorar el amarre de la carga al vehículo	23
7.1.4 Unidad de carga tipo open top (contenedor sin techo)	23
7.2 Transformadores cargados por partes	24
7.2.1 Con radiadores desmontables	24
7.2.2 Con tanque conservador (de expansión) desmontable	26
7.2.3 Descargue	28
8. Recepción	29
9. Almacenamiento	31
10. Accesorios	32
10.1 Accesorios normales	32
10.2 Accesorios opcionales	33
10.3 Ilustración accesorios	33
10.3.1 Aislador de MT	33
10.3.2 Aislador de BT	34
10.3.3 Dispositivo de alivio de presión	34
10.3.4 Conmutador de derivaciones	35
10.3.5 Placa de características	36



10.3.6	Sistema de puesta a tierra	37
10.3.7	Orejas de levante	37
10.3.8	Indicación externa del nivel del líquido aislante	37
10.3.9	Indicador de temperatura (termómetro)	38
10.3.10	Válvula de drenaje	38
10.3.11	Válvula de recirculación	38
10.3.12	Dispositivos izaje tapa	39
10.3.13	Relé buchholz	39
10.3.14	Membrana o separador flexible	40
10.3.15	Respirador de Silica gel	40
10.3.16	Manovacúmetro	41
10.3.17	Ventiladores	42
11.	Marcación terminales	43
11.1	Marcación norma NTC	43
11.2	Marcación norma ANSI	43
11.3	Índice horario	43
11.4	Grupo de conexión	43
12.	Revisión y pruebas antes de la instalación	45
12.1	Revisión	45
12.2	Montaje partes y/o accesorios	45
12.2.1	Montaje radiadores	45
12.2.2	Montaje tanque conservador y relé buchholz	48
12.2.3	Montaje membrana o separador flexible	49
12.2.4	Montaje respirador de sílica gel	50
12.3	Pruebas	51
12.3.1	Relación de transformación (TTR)	51
12.3.2	Resistencia de los devanados de MT y BT	52
12.3.3	Resistencia de los aislamientos	54
12.3.4	Análisis de respuesta en frecuencia (SFRA)	55
12.3.5	Medición del factor de potencia (FP)	56
12.3.6	Pruebas a los dispositivos de protección	57
12.3.7	Pruebas al líquido aislante	57
13.	Instalación y puesta en servicio	62
13.1	Montaje	62
13.2	Sistema de puesta a tierra	62
13.3	Secuencia de conexión	63
13.4	Puesta en servicio	63
13.4.1	Energización transformadores con aceite vegetal a temperaturas por debajo de -20°C	64
13.4.2	Energización transformadores con aceite mineral a temperaturas por debajo de -20°C	65
14.	Transformadores con dos o más meses en almacenamiento	67
15.	Mantenimiento	69
15.1	Mantenimiento preventivo	69



15.1.1	Inspección externa.....	69
15.1.2	Inspección interna	70
15.1.3	Inspección general.....	70
15.1.4	Pruebas al líquido aislante.....	70
15.1.5	Pruebas eléctricas de rutina.....	70
15.1.6	Pruebas a los dispositivos de control o protección.....	70
15.2	Mantenimiento correctivo	71
16.	Reparación.....	73
17.	Problemas y posibles soluciones	74
18.	Torques de ajuste.....	76
18.1	Tornillería en general	76
18.2	Ajuste tornillería Tapa-Tanque	76
18.3	Terminales de MT y BT	76
18.4	Conmutador de derivaciones	77
18.5	Válvulas de sobrepresión	77
18.6	Termómetro de devanados	77
18.7	Termómetro de aceite de dos (2) contactos.....	77
18.8	Relé buchholz.....	78
18.9	Respirador de silica gel	78
19.	Medio ambiente.....	79
20.	Términos y condiciones de garantía.....	81
21.	Contáctenos	82



1. Seguridad y riesgos

Lea cuidadosamente este manual de instrucciones antes de intervenir el producto, hacer caso omiso a las instrucciones puede generar daño a la propiedad, lesiones graves o puede causar la muerte.

El producto cubierto en este manual, debe ser intervenido solo por personal calificado.

Este manual contiene información importante para la seguridad del personal y del producto.

Si se presenta algún problema no contemplado en el presente manual, contáctese con MAGNETRON S.A.S.

Cuando se trabaja con transformadores, los operadores se exponen a una serie de riesgos y peligros, es muy importante conocerlos para eliminar o minimizar las situaciones o condiciones que puedan ocasionar daño.

1.1 Seguridad Personal

- Detenga cualquier actividad si las condiciones de trabajo no son seguras.

- Todos los integrantes del equipo deben conocer las instrucciones de este manual, las prácticas de seguridad establecidas en el lugar de trabajo y la legislación aplicable.
- Utilice ropa y elementos de protección personal acorde con el trabajo a realizar.
 - ✓ Camisa de algodón manga larga.
 - ✓ Botas de seguridad dieléctrica.
 - ✓ Guantes de carnaza o dieléctricos.
 - ✓ Guantes de látex (toma de muestras del líquido aislante).
 - ✓ Guantes de látex (manipulación de herramientas).
 - ✓ Lentes de seguridad.
 - ✓ Lentes oscuros para protección solar (actividades en campo).
 - ✓ Casco.
 - ✓ Evite el uso de ropa holgada.
 - ✓ No use anillos, relojes, cadenas, aretes o cualquier elemento personal que le pueda generar daño.
 - ✓ No utilice tenis, shorts, camisas de manga corta y audífonos.

1.2 Tipos de riesgos

➤ Riesgos físicos

Se refiere a todos los factores ambientales que dependen de las propiedades físicas de los cuerpos y que actúan sobre los tejidos y órganos del cuerpo del trabajador, pueden producir efectos nocivos de acuerdo con la intensidad y tiempo de exposición de los mismos.

Están relacionados con la probabilidad inminente de sufrir un daño corporal con o sin contacto directo, se pueden clasificar como laboral o ambiental.

Son los más habituales y pueden ser provocados por las condiciones peligrosas en el trabajo:

- ✓ Ruidos,
- ✓ Iluminación,
- ✓ Temperatura,
- ✓ Humedad,
- ✓ Radiaciones,
- ✓ Vibraciones,
- ✓ Electricidad.

A continuación, se listan algunas actividades que se deben ejecutar:

- Instale iluminación localizada en aquellos puestos de trabajo que lo requieran, cuando la iluminación general sea moderada y pueda resultar insuficiente.
- Evite zonas de flujo muerto (donde el aire no circula).

- Utilice equipos de trabajo que generen bajos niveles de ruido.
- Ubique los equipos o fuentes ruidosas en lugares apartados, si es posible.
- Disminuya el tiempo de exposición.
- Establezca un sistema de rotación de lugares de trabajo.
- Utilice pantallas o blindaje de protección, para fuentes radiactivas.
- Aplique las 5 reglas de oro al trabajar con energía.



Figura 1: 5 reglas de oro

➤ Riesgos mecánicos

Están asociados al conjunto de factores físicos que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos.

El riesgo mecánico puede producirse en toda operación que implique manipulación de herramientas manuales, maquinaria, manipulación de vehículos, utilización de dispositivos de elevación.

- ✓ Choque contra objetos móviles o inmóviles,
- ✓ Golpes,
- ✓ Cortes,
- ✓ Atrapamientos por vuelco de máquinas o vehículos,
- ✓ Atrapamientos por o entre objetos,
- ✓ Proyección de fragmentos o partículas,
- ✓ Caídas de objetos en manipulación.

A continuación, se listan algunas actividades que se deben ejecutar:

- Formar a los trabajadores en materia preventiva, de forma teórica y práctica, sobre los equipos de trabajo necesarios para su puesto de trabajo.
- Garantizar las condiciones y forma correcta de uso de maquinaria, en base a las instrucciones del fabricante.

- Promover la consulta y participación de los trabajadores en aspectos relacionados con los riesgos mecánicos.
- Garantizar la vigilancia periódica del estado de salud de los trabajadores.
- En caso de presentarse accidentes o enfermedades profesionales debidas a los riesgos mecánicos, se debe investigar y aplicar las medidas correctoras necesarias para que no vuelva a ocurrir.



Figura 2: Señales de riesgo mecánico



2. Introducción

Lea cuidadosamente y cumpla con las indicaciones dadas en este manual antes de intervenir el producto, el incumplimiento de las mismas invalida la garantía.

La norma IEEE C57.12.80 define el transformador como un dispositivo eléctrico estático que consta de un devanado, o dos o más devanados acoplados, con o sin núcleo magnético, para introducir el acoplamiento mutuo entre circuitos eléctricos. Los transformadores se utilizan ampliamente en los sistemas de energía eléctrica para transferir energía por inducción electromagnética entre circuitos a la misma frecuencia, generalmente con valores de voltaje y corriente modificados.

Así mismo, define el transformador de potencia como un transformador que transfiere energía eléctrica en cualquier parte del circuito entre la fuente de generación y los circuitos primarios de distribución.

En la actualidad, el uso del transformador cumple un rol muy importante en el suministro eléctrico. Una falla en su funcionamiento puede generar enormes inconvenientes para las empresas, la industria o la población, ya que todos utilizan por igual el servicio eléctrico en sus actividades cotidianas.

Los transformadores de pequeña y mediana potencia fabricados por MAGNETRON S.A.S. son utilizados principalmente en subestaciones, cargas de servicios industriales, centros comerciales, instituciones educativas, unidades residenciales y subestaciones de compañías eléctricas.

La vida útil del transformador depende, entre otras razones, de lo siguiente:

- El diseño de fabricación,
- Los niveles de tensión y aislamiento,
- La carga conectada,
- Régimen de calentamiento (núcleo y devanados),
- Las protecciones utilizadas,
- El nivel del líquido aislante,
- El mantenimiento recibido.

Los transformadores son constituidos normalmente por una parte activa conformada por el núcleo (circuito magnético), la bobina (circuito eléctrico) y la brida, la cual se define dependiendo del tipo de transformador, en un tanque que le da características particulares al equipo según el uso para el cual va a ser destinado.

La información, las recomendaciones, las descripciones y las notas de seguridad recopiladas en este documento son basadas en guías, normas y en la experiencia de MAGNETRON S.A.S.



Esta información no incluye ni cubre todas las contingencias, por lo tanto, si requiere mayor información comuníquese con MAGNETRON S.A.S.



3. Definiciones

3.1 Transformador

Dispositivo eléctrico sin partes en movimiento que transforma la energía eléctrica en sus dos factores principales: Voltaje y Corriente.

3.2 Transformador de potencia

Dispositivo que transfiere energía eléctrica en cualquier parte del circuito entre la fuente de generación y los circuitos primarios de distribución

3.3 Devanado primario

Devanado que se conecta a una fuente de alimentación.

3.4 Devanado secundario

Devanado al cual se conecta una carga.

3.5 Devanado de media tensión

Devanado que presenta el mayor voltaje.

3.6 Devanado de baja tensión

Devanado que presenta la menor tensión.

3.7 Embalaje

Cubierta fabricada normalmente en madera en la que se embalan los transformadores durante su almacenamiento y transporte.

3.8 Base del embalaje

Estructura plana y fuerte fabricada normalmente en madera que sirve para proteger y soportar el peso del transformador.

3.9 Isotank:

Contenedor en forma de barril para el almacenamiento y transporte a granel de fluidos, gases y polvos peligrosos y no peligrosos.

3.10 Pasatapas

Dispositivo que permite a uno o varios conductores pasar a través de un obstáculo, por ejemplo, una pared o un tanque, aislando los conductores de éste.

3.11 Flanche:

Cubierta elaborada en material resistente y de fácil instalación.

3.12 Purgar:

Proceso para retirar el aire contenido en el interior de un elemento.

3.13 Peligro

Situación inherente con capacidad de causar lesiones o daños a la salud de las personas.

3.14 Riesgo

Combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso peligroso con la gravedad de las lesiones o daños para la salud que pueda causar tal suceso.



4. Abreviaciones

A	Amperios
AGD	Análisis de gases disueltos (Dissolved gas analysis - DGA siglas en inglés)
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
ASTM	Sociedad Estadounidense para pruebas y materiales
MT	Media tensión
BT	Baja tensión
DPS	Dispositivo para sobretensiones (pararrayos)
IEEE	Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos
kg	Kilogramo
kV	Kilovoltio
kVA	Kilo voltio amperios
lbf.ft	Libras fuerza pie
m	Metro
máx	Máximo
mín	Mínimo
mΩ	Miliohmios
MΩ	Megaohmios
ms	milisegundos
NTC	Norma técnica colombiana
PCB`s	Bifenilos policlorados
Pn	Punto neutro
psi	Libras por pulgada cuadrada
SPT	Sistema de puesta a tierra

T	Tierra
TTR	Transformer turns ratio (relación de vueltas del transformador)
VSP	Válvula de sobrepresión

5. Manipulación

Precaución: El transformador debe ser manipulado en posición vertical.

Conserve el transformador en la base (madera o metálica) sobre la cual se despacha hasta el sitio donde será instalado, ya que esta le brinda una mayor protección.

También, se puede conservar sobre las ruedas orientables o en el huacal (si lo lleva).

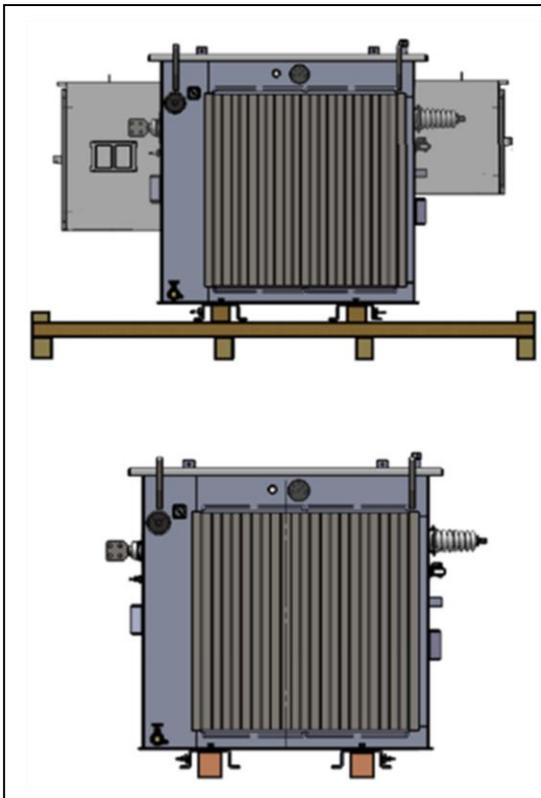


Figura 3: Transformadores sobre bases de madera

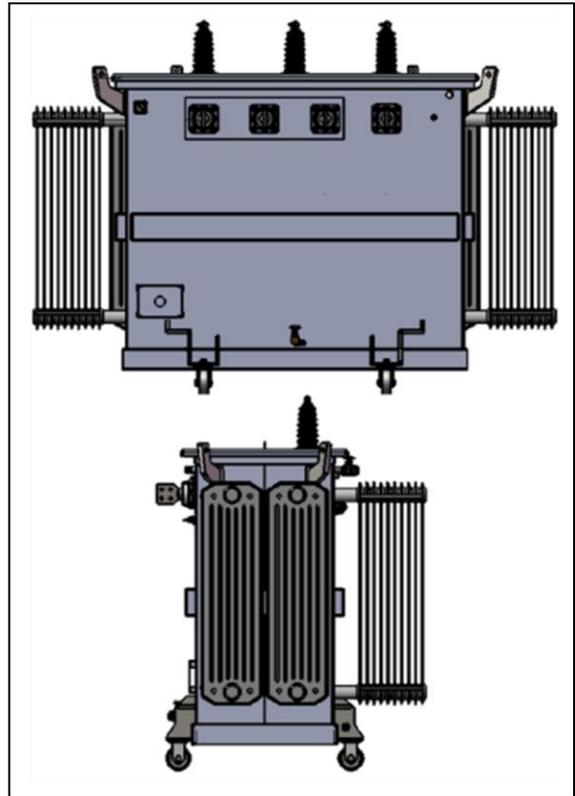


Figura 4: Transformador sobre las ruedas orientables

Por ningún motivo permita que el transformador sea arrastrado directamente sobre el piso, el tanque o el gabinete pueden sufrir deformaciones o la pintura podría deteriorarse dando lugar a la oxidación de la lámina.

El transformador solo se debe elevar o izar utilizando las orejas de levante, para transportarlo, utilice montacargas o grúa.

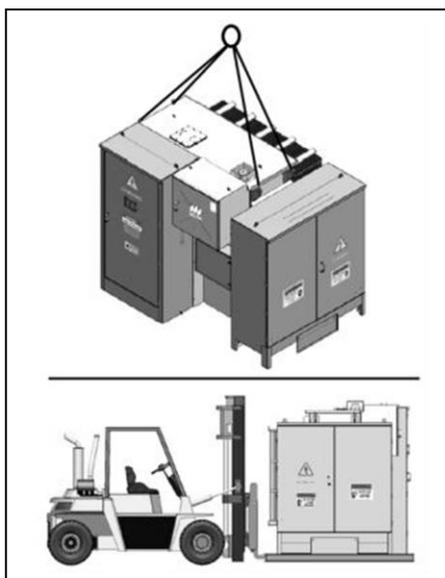


Figura 5: Manipulación transformadores

No levante o mueva el transformador colocando palancas o gatos debajo de accesorios, radiadores u otros dispositivos, estos elementos no están diseñados para someterse a este tipo de esfuerzos y pueden presentar rupturas o deformaciones ocasionando fugas del líquido aislante.

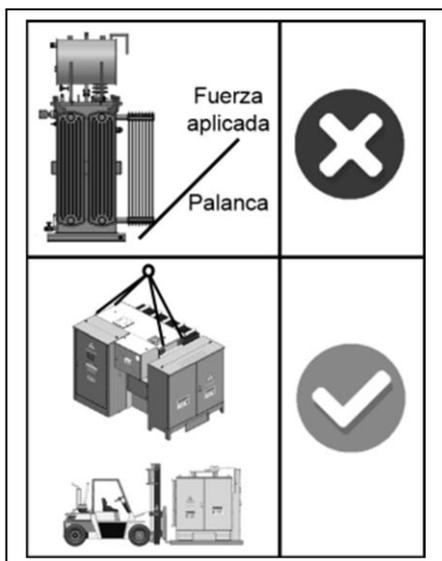


Figura 6: Manipulación transformador

De no ser posible la utilización de grúa, diferencial, montacargas o portaestiba, puede deslizar el transformador sobre rodillos o patines. Para tal fin, utilice la base del transformador ya que está diseñada para deslizarlo en ambas direcciones, paralelas a sus ejes.

Utilice rodillos o patines acordes al peso del transformador y en la cantidad suficiente para distribuir el peso del mismo.

No permita que se incline (puede voltearse); además, tenga cuidado de no dañar la base y de ejercer presión sobre el gabinete.

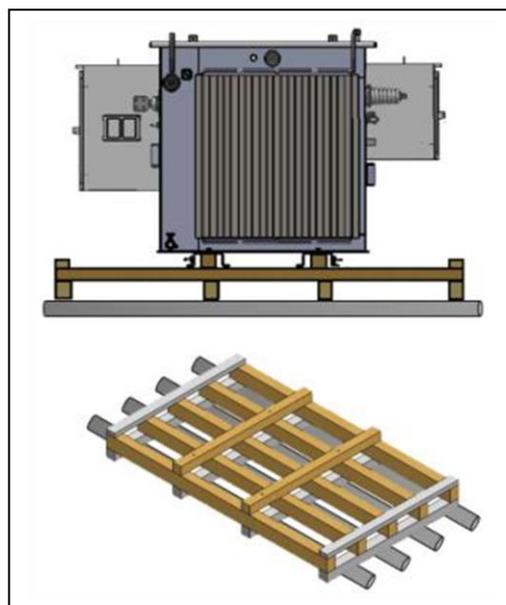


Figura 7: Uso de rodillos o patines para transporte

Los transformadores están provistos con dispositivos de izaje u orejas de levante que se utilizan para manipularlo con grúa, se deben utilizar eslingas de fibra ya que estas ayudan a proteger la pintura.

Si utiliza cadenas o estrobo metálicos, asegúrese de cubrir las partes en contacto para evitar desprendimiento de pintura.

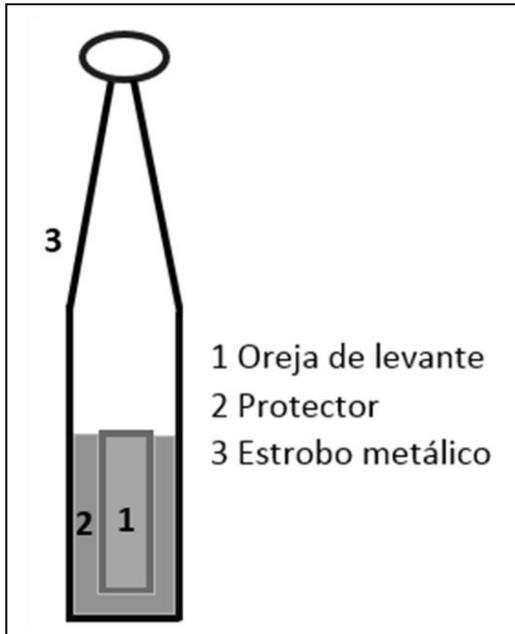


Figura 8: Protección pintura en las orejas de levante

No utilice las orejas de levante para transportar el transformador, están diseñadas solo para izarlo.

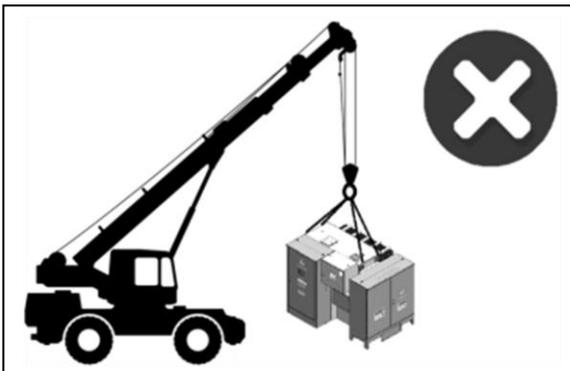
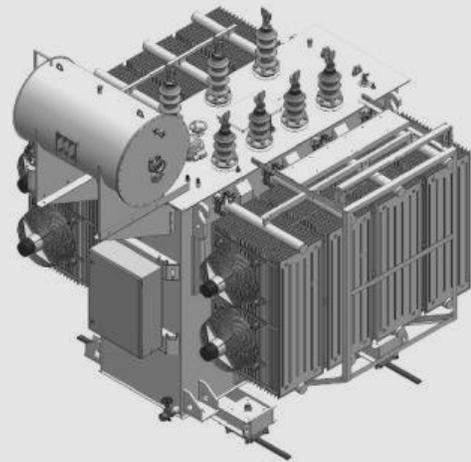


Figura 9: Prohibido transportar el transformador de las orejas de levante

Precaución: Por ningún motivo se pare o apoye sobre los gabinetes del transformador, los terminales de BT, los aisladores de MT, válvulas de drenaje y recirculación o cualquier elemento de control o protección, estos elementos son muy frágiles y se pueden dañar fácilmente.



6. Embalaje

El embalaje del transformador debe permitir el manejo de tal forma que, al requerirse cualquier movimiento para su almacenamiento o transporte, sea fácil levantarlo por la base del embalaje.

La base del embalaje debe tener una altura mínima de 10 cm para permitir el ingreso de un montacargas o una portaestiba.

Las bases de madera están diseñadas de modo que se puedan manipular por el frente, el posterior o por los laterales.

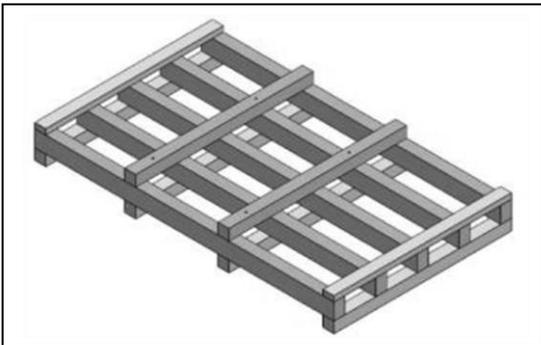


Figura 10: Base de madera para transformadores de potencia

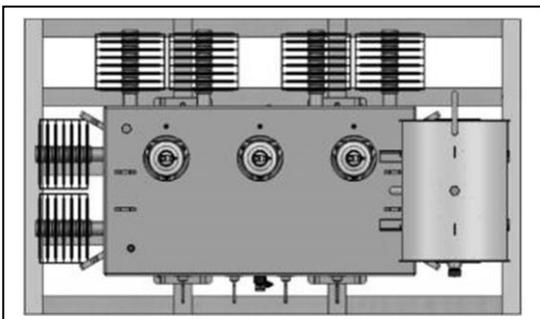


Figura 11: Transformador en base de madera – Vista superior

Las bases metálicas se diseñan en dos modelos:

- Para manipulación por el frente o posterior, cuando la base no supera los 2200 mm de longitud.
- Otro para manipulación por los laterales, cuando la base supera los 2200 mm de longitud.

Nota: Las bases metálicas se utilizan en transformadores con peso ≥ 4000 kg.

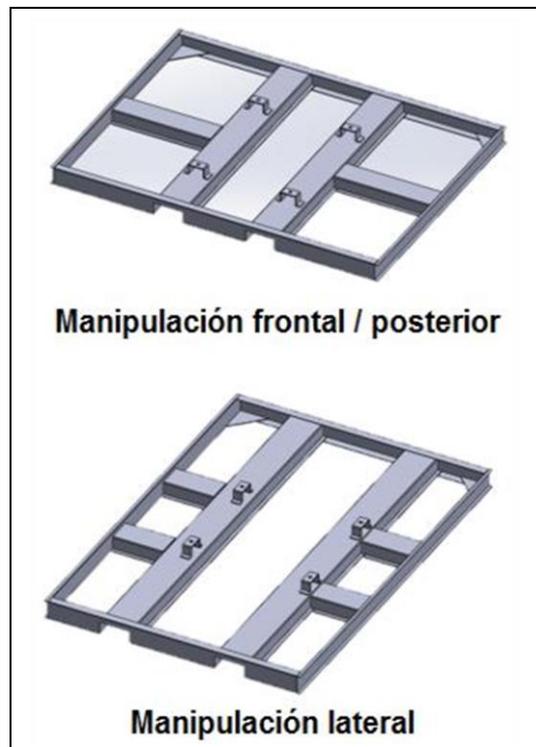


Figura 12: Base metálica para transformadores de potencia

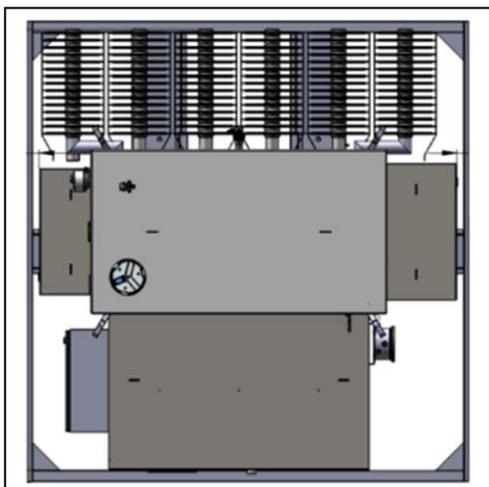


Figura 13: Transformador en base metálica – Vista superior

Los transformadores que se deben levantar o transportar con grúa (por peso o tamaño) y que van enhuacalados, se debe garantizar que las orejas de levante quedan libres y de fácil acceso para la ubicación de las eslingas o estrobo.

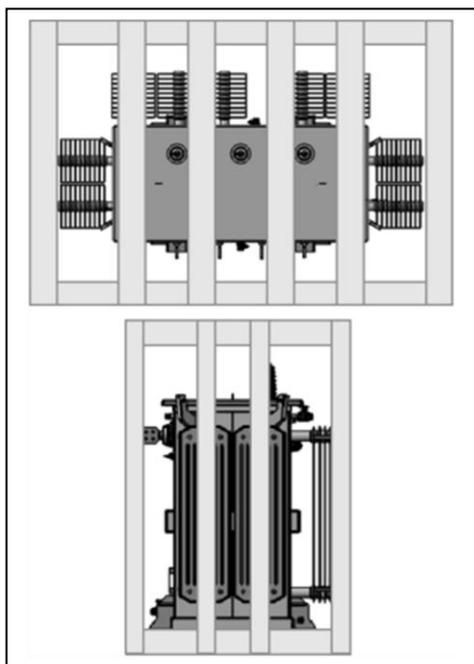


Figura 14: Orejas de levante de fácil acceso cuando el transformador va enhuacalado

El transformador debe estar acoplado a la base del embalaje, para evitar que sufra deterioro ocasionado por movimientos bruscos. En los transformadores de potencia, el acople se hace a través de tornillos.



Figura 15: Anclaje con tornillos del transformador a la base

Cuando el transformador se despacha enhuacalado, la placa de características debe quedar visible para validar las características del transformador.

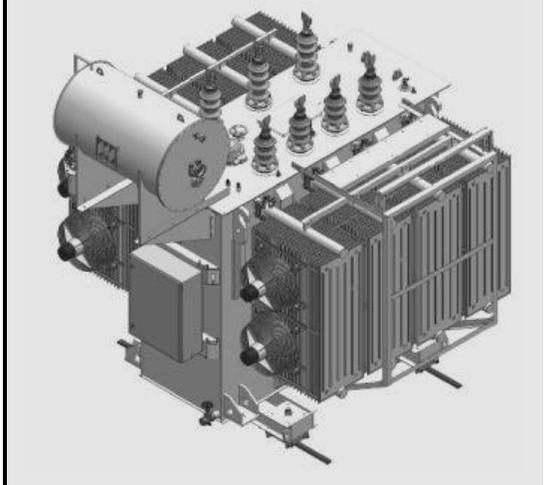
Si el transformador consta de uno o más gabinetes y la placa de características queda en el interior de alguno de ellos, para su identificación, localice el número de serie adherido en la tapa del gabinete en la parte superior derecha del frontal, también puede revisar el kVA (si aplica) en el mismo frontal.

La ubicación del adhesivo con el número de serie, puede variar dependiendo de la configuración del transformador.



Figura 16: Adhesivo con el número de serie

Precaución: Por ningún motivo se pare o apoye sobre los gabinetes del transformador, los terminales de BT, los aisladores de MT, válvulas de drenaje y recirculación o cualquier elemento de control o protección, estos elementos son muy frágiles y se pueden dañar fácilmente.



7. Transporte

Los transformadores de potencia presentan una gran variedad de tamaños, pesos y configuraciones; por lo tanto, es muy importante prestar atención a los requerimientos establecidos a la hora de programar su transporte.

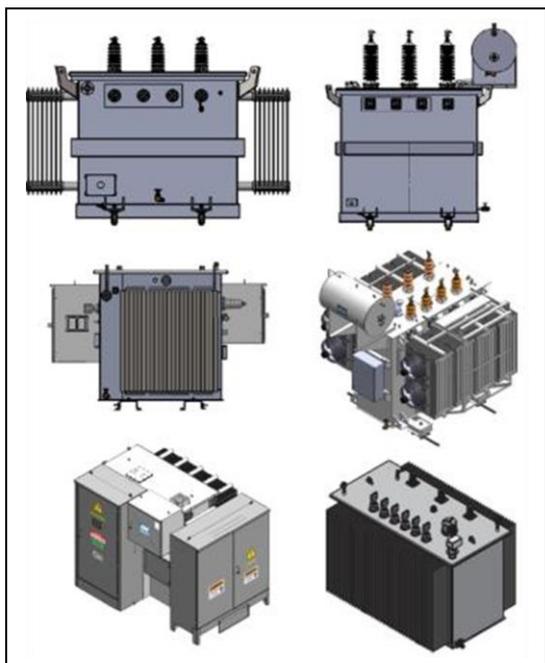


Figura 17: Tipos transformadores de potencia

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las condiciones comerciales,
- Las condiciones de las vías,
- El sitio final de entrega,
- La altura de la carga,
- El peso de la carga,
- Las dimensiones finales.

Los transformadores de potencia se pueden transportar de dos maneras:

- Completamente ensamblados.
- Por partes, este procedimiento se utiliza para bajar peso o dimensiones a la carga cuando superan la capacidad del medio de transporte o las restricciones de las vías.

Tenga en cuenta el peso del transformador para determinar los elementos de elevación y/o transporte adecuados, esta información figura en la placa de características, en el certificado de pruebas o en los documentos requeridos para su transporte.

Levante el transformador utilizando las orejas de levante o la base del embalaje.

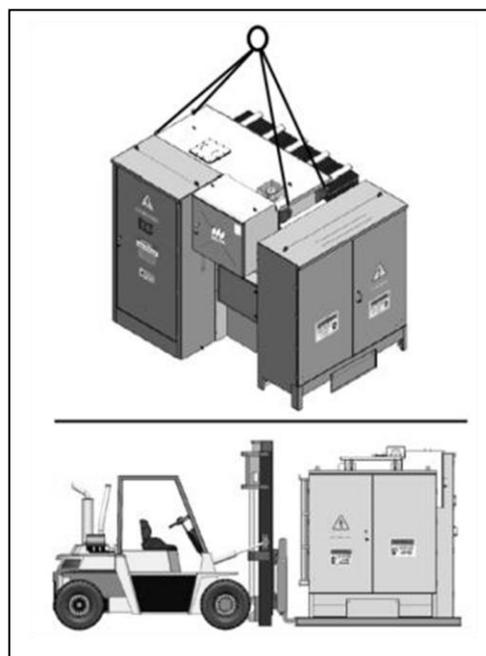


Figura 18: Partes para levantar el transformador.

Al elevar el transformador de las orejas de levante, revise que las eslingas o estrobos no queden en contacto con ningún componente del equipo como aisladores, gabinetes, accesorios, etc.

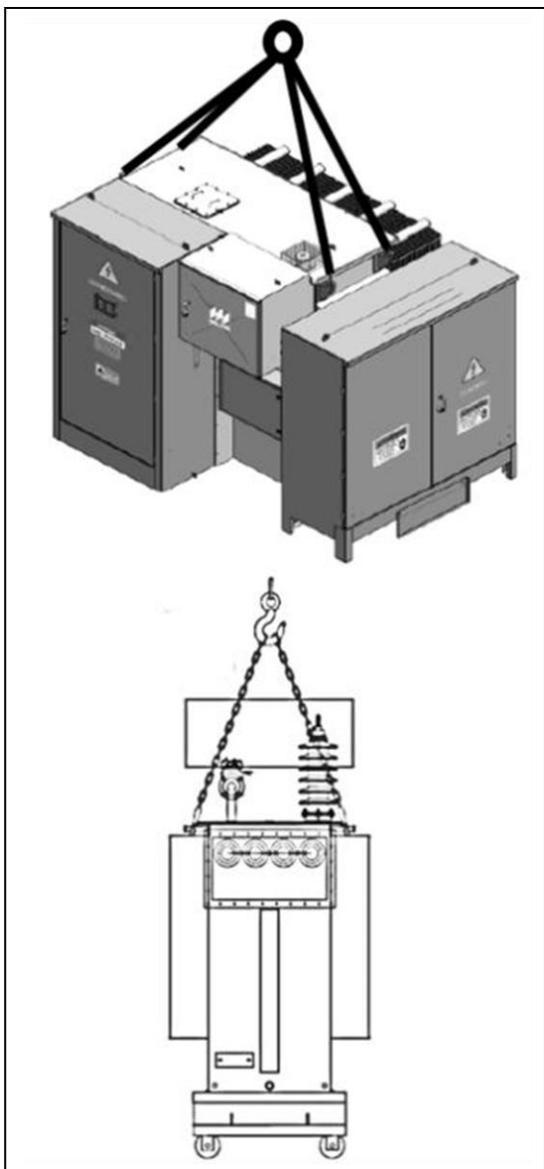


Figura 19: Elevación transformador desde las orejas de levante

7.1 Transformadores cargados ensamblados por completo

7.1.1 Transformadores con y sin huacal

Debido a su tamaño y peso, estos transformadores solo se pueden transportar a un solo nivel (no se pueden apilar), por lo tanto, la carga se debe ubicar centrada en la plataforma del medio de transporte (camión, cama baja, contenedor, etc.).

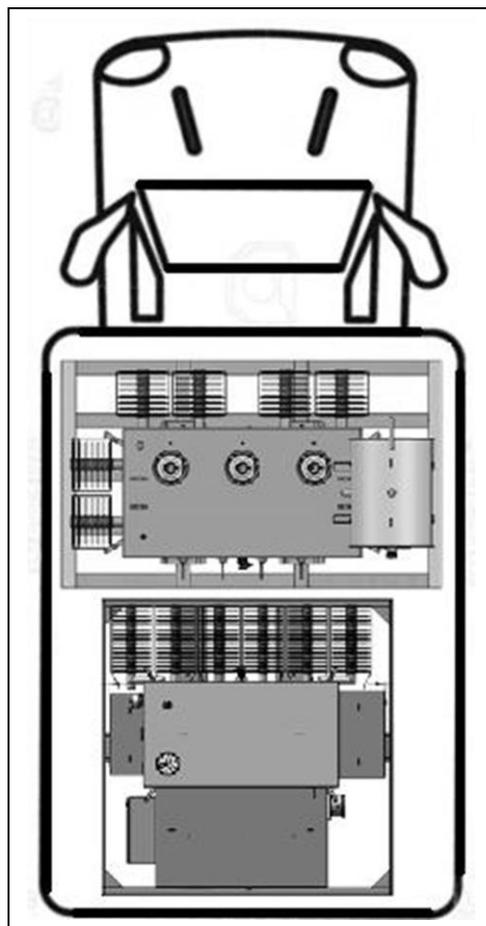


Figura 20: Carga y distribución transformadores sin enhuacalar

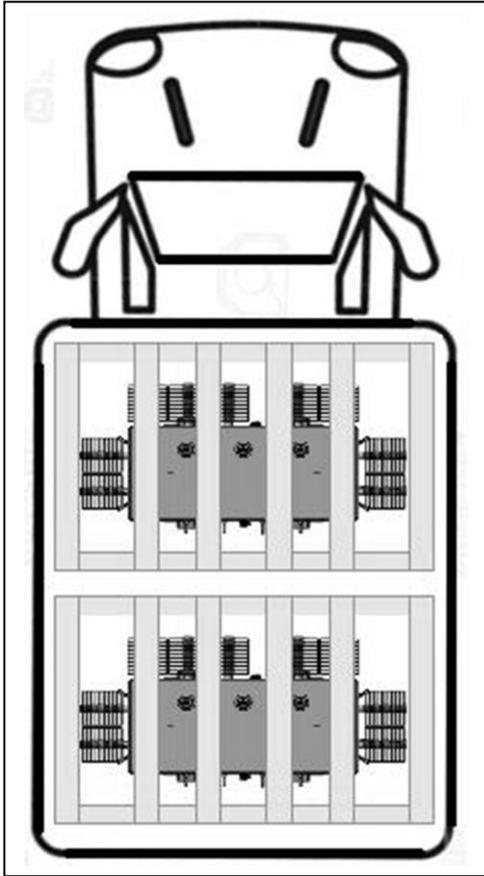


Figura 21: Cargue y distribución transformadores enhuacalados

Una vez ubicados y alineados los transformadores, asegure cada uno a las paredes o a la carrocería del vehículo teniendo en cuenta lo siguiente:

- Utilice las cuatro (4) orejas de levante o izaje para asegurar el transformador al vehículo.
- Use eslingas o estrobos metálicos para transformadores de pequeña potencia (en tamaño y peso).
- En transformadores de gran tamaño y peso, use cables de acero o cadenas debidamente

tensionados, por ningún motivo emplee manilas o cualquier otro material que permita elongación.



Figura 22: Algunas formas para asegurar la carga

7.1.2 Consideraciones especiales

- Si el producto tiene radiadores, cárguelos intercalados en el camión o contenedor, esto asegura el balanceo de la carga.

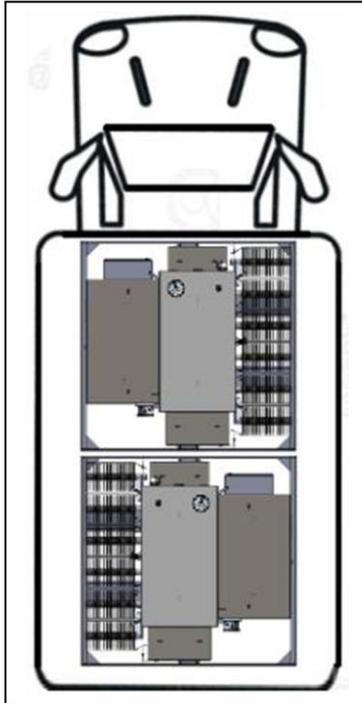


Figura 23: Radiadores intercalados para balancear la carga

- Si se carga un solo transformador, la parte de los radiadores debe quedar al lado de la cabina.

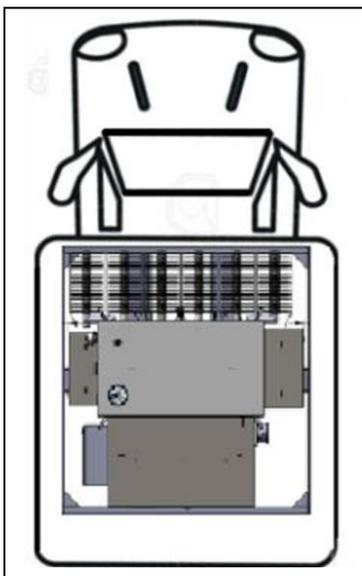


Figura 24: Radiador al lado de la cabina

- Si lleva tanque conservador (de expansión), debe quedar al lado de la cabina.

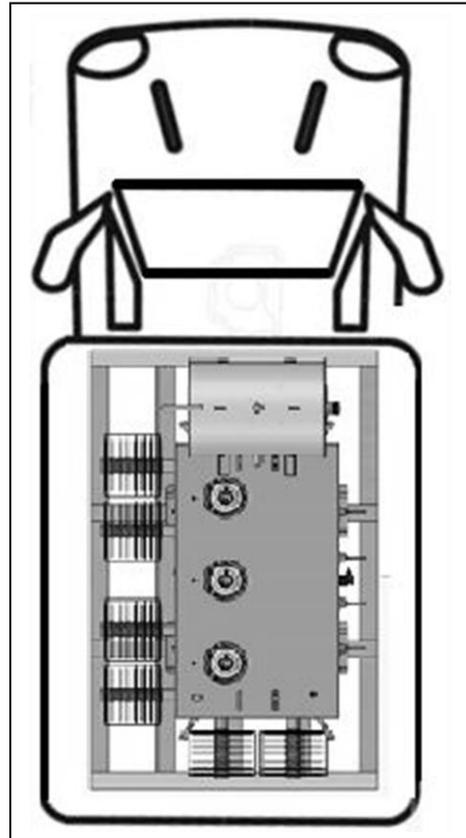


Figura 25: Tanque conservador (de expansión) al lado de la cabina

- Cuando la base del transformador y el piso del vehículo son metálicos, se deben ubicar tablas de madera entre ellos para evitar desplazamientos.

Además, la base del transformador, también se debe amarrar a la carrocería del camión.

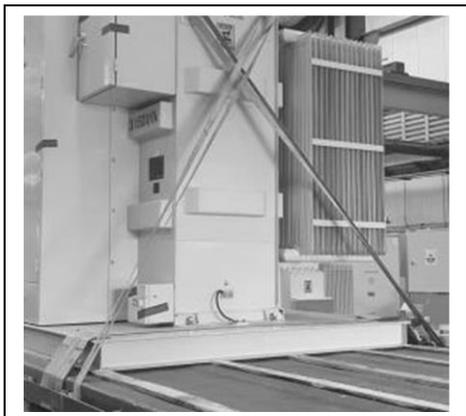


Figura 26: Tablas de madera entre la base metálica del transformador y el piso metálico del camión

- En transformadores de pequeña potencia, la base de los transformadores hace las veces de separador, cuando quedan espacios entre ellas, se deben fijar cuñas de madera entre estas y el piso.

La función de las cuñas de madera es evitar desplazamientos de los transformadores cuando el transporte está en movimiento.

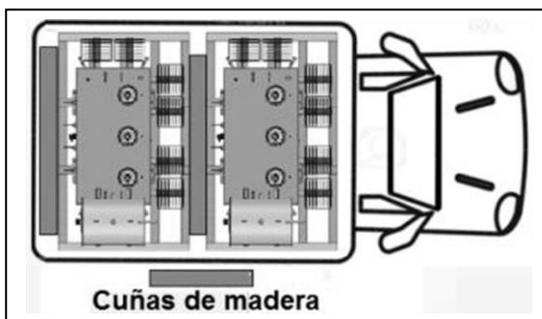


Figura 27: Uso cuñas de madera

- En vehículos descapotados, la carga puede sobresalir hasta 15 cm en cada costado.

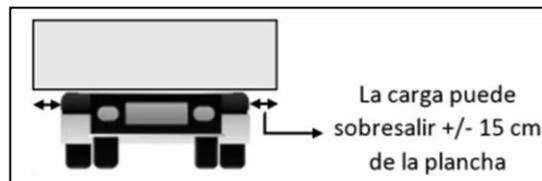


Figura 28: Tolerancia de la carga en la plataforma

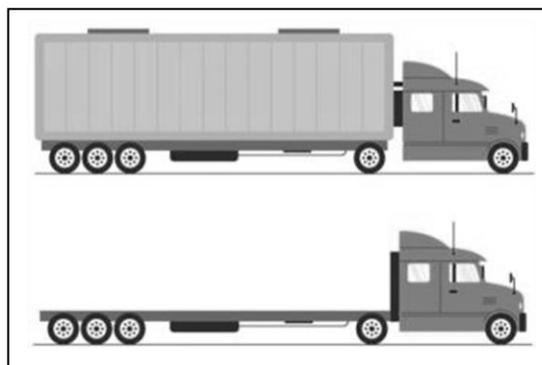


Figura 29: Camión normal y descapotado

Precaución: En Colombia, la altura total de la carga, medida desde el piso, no puede superar los 4,3 m.

El peso total de la carga no puede superar la capacidad del camión.

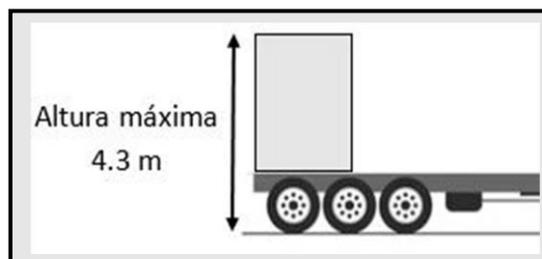
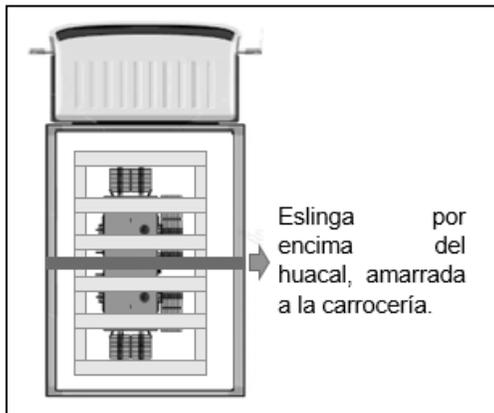


Figura 30: Altura máxima de la carga

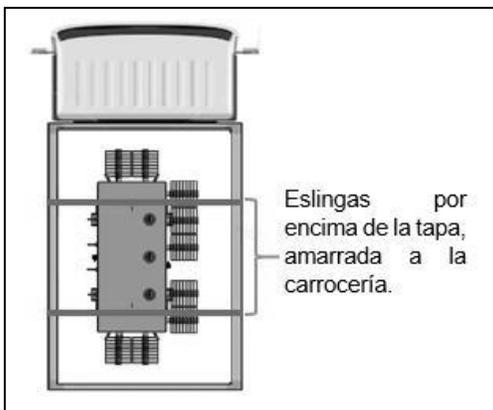
7.1.3 Otras alternativas para mejorar el amarre de la carga al vehículo

➤ El amarre de la carga a la carrocería del vehículo o contenedor se puede mejorar de varias formas:

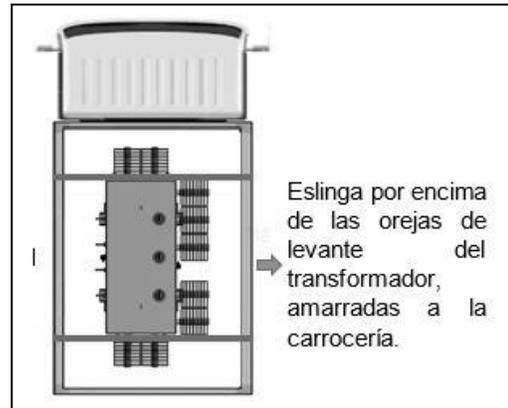
- Pasando una o varias eslingas por encima del huacal.



- Pasando una o varias eslingas por encima de la tapa del transformador, coloque una protección entre la eslinga y la tapa.



- Pasando la eslinga por encima de las orejas de levante del transformador.



7.1.4 Unidad de carga tipo open top (contenedor sin techo)

Para el cargue de este tipo de contenedores, tenga en cuenta lo siguiente:

- Utilice puente grúa (diferencial) o grúa.
- Al elevar la carga, hágalo solo hasta que sobrepase la altura del contenedor (elevarlo mucho más, puede ocasionar accidentes).
- Asegúrese de no golpear la unidad de carga.
- La carga no puede quedar pegada a las paredes del contenedor.
- Revise el estado de las eslingas, estrobos o grilletes, no los utilice si presentan daño o deterioro.

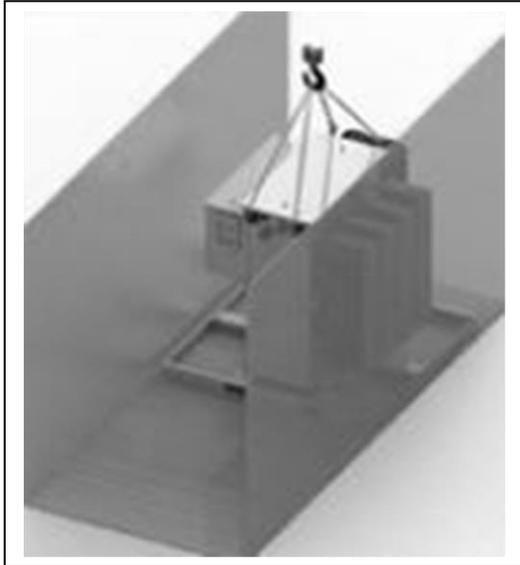


Figura 31: Cargue contenedor sin techo

7.2 Transformadores cargados por partes

7.2.1 Con radiadores desmontables

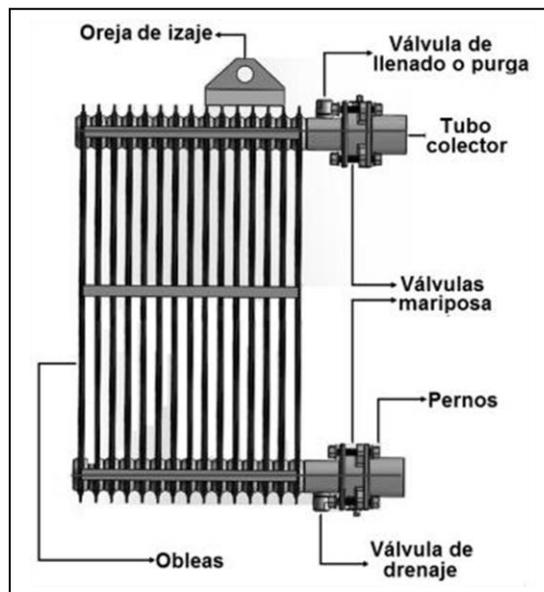


Figura 32: Partes que conforman un radiador

- Desconecte y desmonte los accesorios o componentes que están ubicados en los radiadores (ventiladores, etc.).



Figura 33: Ventiladores desmontados

- Proteja las conexiones de los accesorios o componentes y amárrelas al tanque del transformador.

- Cierre las válvulas mariposa (superiores e inferiores).

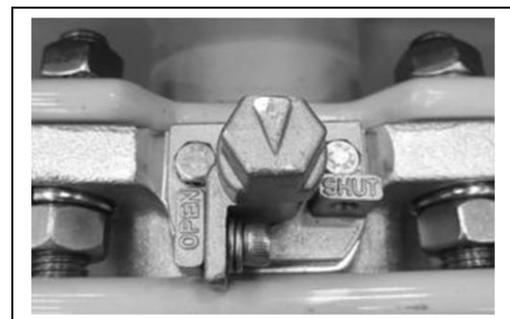


Figura 34: Válvula mariposa SHUT (cerrado)

- Por la válvula de drenaje, retire el líquido aislante de cada radiador, para ello:

- Retire el tapón.
- Ubique un recipiente limpio debajo de la válvula.
- Gire lentamente el tornillo hasta que el líquido aislante empiece a fluir.

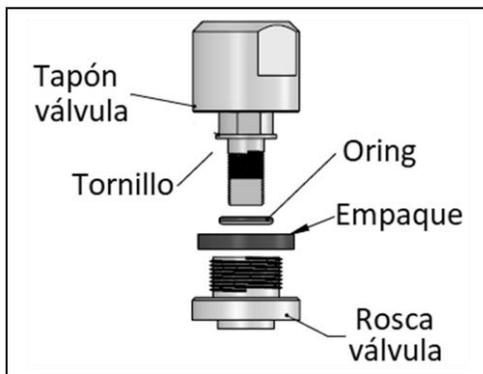


Figura 35: Parte de la válvula de drenaje o llenado

- Almacene el líquido aislante en un contenedor (isotank o caneca).

Precaución: El líquido aislante, regréselo al área de Metida a caja para que le realicen el proceso de filtro prensado, con esto, se garantiza que el líquido aislante se despacha en óptimas condiciones.

- Cuando deje de fluir el líquido aislante, ajuste el tornillo y ponga nuevamente el tapón de la válvula de drenaje.
- Retire los soportes que unen los radiadores (superior e inferior).

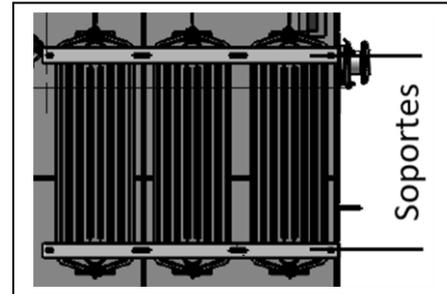


Figura 36: Soportes que unen los radiadores

- Desmonte los radiadores, uno a uno, de la siguiente manera:
 - Inicie de un extremo a otro, esto facilita la maniobra.

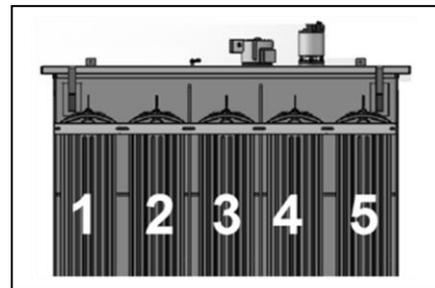


Figura 37: Desmontar radiadores del 1 al 5 o del 5 al 1.

- Con la ayuda de una diferencial o un montacargas, sostenga el radiador de la oreja de izaje.



Figura 38: Oreja izaje

- Afloje las tuercas de los pernos que unen el radiador al tanque del transformador.
- Retire las tuercas.



Figura 39: Desajustar y retirar tuercas

- Coloque el radiador sobre una base.
- Limpie las válvulas mariposa y los flanches del radiador.
- Proteja las válvulas mariposa y los tubos colectores de los radiadores con tapas ciegas o flanches.



Figura 40: Protección válvulas y tubos colectores

- Enhuacale los radiadores y los accesorios desmontados para su transporte.
- Retire todo rastro de aceite y suciedad del transformador.

7.2.2 Con tanque conservador (de expansión) desmontable

- Desconecte y desmonte los accesorios que están ubicados en el tanque conservador (termómetro, nivel, respirador de sílica gel, etc.).
- Proteja las conexiones de los accesorios y amárrelas al tanque del transformador.
- Cierre las válvulas del relé buchholz.

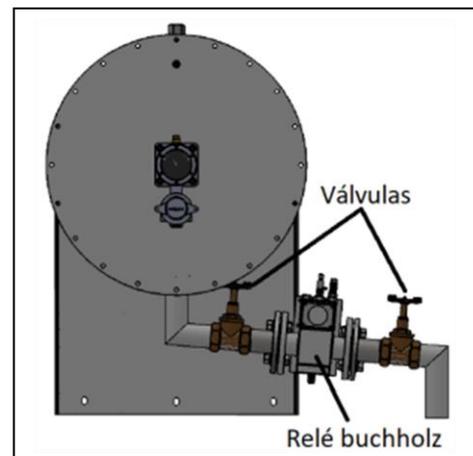


Figura 41: Válvulas relé buchholz

- Retire el líquido aislante del relé buchholz, para ello:
 - Ubique un recipiente limpio debajo del relé.

- Gire lentamente el tapón de drenaje hasta que el líquido aislante empiece a fluir.
- Cuando deje de fluir el líquido aislante, ajuste el tapón de drenaje.

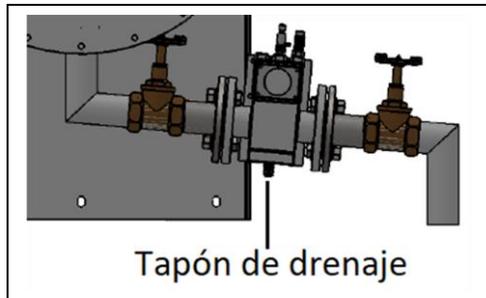


Figura 42: Tapón drenaje relé buchholz

➤ Retire el líquido aislante del tanque conservador (de expansión), para ello:

- Ubique un recipiente limpio debajo de la válvula de drenaje.
- Retire el tapón y abra lentamente la válvula hasta que el líquido aislante empiece a fluir.
- Cuando deje de fluir el líquido aislante, cierre la válvula y ponga nuevamente el tapón.



Figura 43: Válvula drenaje tanque conservador (de expansión)

- Desajuste la tornillería que sujeta el tanque conservador (de expansión) al tanque principal, esta acción, permite liberar presión al relé buchholz.
- Desmonte el relé buchholz.
- Con la ayuda de una diferencial o un montacargas, sostenga el tanque conservador de las orejas de izaje.
- Retire la tornillería y baje el tanque conservador.

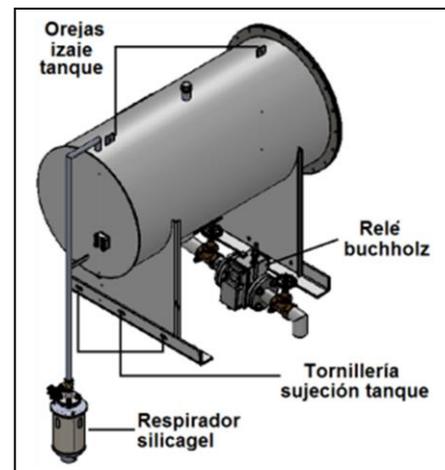
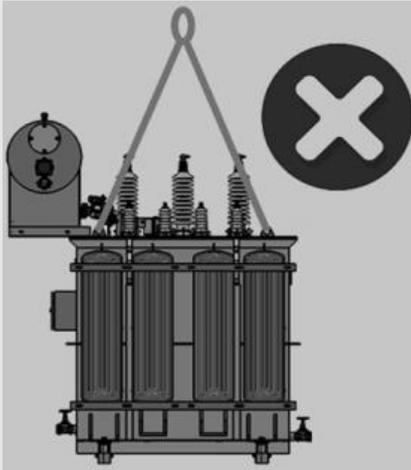


Figura 44: Partes tanque conservador (de expansión)

7.2.3 Descargue

Precauciones: Algunos transformadores cuentan con aditamentos para levantar la tapa, NUNCA los utilice para levantar o izar el transformador.



Si utiliza cadenas o estrobos metálicos para elevar el transformador, asegúrese de cubrir las partes en contacto para evitar desprendimiento de pintura.

El descargue de los transformadores corre por cuenta del cliente, salvo que se especifique algo diferente en el contrato. Sin embargo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Utilice siempre los medios mecánicos adecuados, montacargas, grúa, etc.
- Los medios mecánicos utilizados deben tener por lo menos el doble de capacidad que el peso del transformador.

- Eleve el transformador solo por las orejas de levante o la base del embalaje.
- El personal que hace parte del descargue debe permanecer alejado del transformador cuando este es elevado.
- Los transformadores cargados en camiones descapotados se deben descargar en forma inversa al cargue.
- En contenedores o camiones con la carrocería instalada, los transformadores que están fuera del alcance se deben jalar hasta ponerlos en posición de descargue, para ello:
 - Amarre una eslinga al montacargas o al medio mecánico utilizado y páselo alrededor de la base del embalaje del transformador.
 - Hale el transformador hasta ponerlo al alcance del medio mecánico utilizado.
 - Descargue el transformador.



Figura 45: Forma adecuada de jalar un transformador en el descargue.

8. Recepción

Precaución: Antes de descargar el transformador, debe inspeccionar visualmente el estado del mismo, cualquier anomalía comunicársela al transportador y deje registro de la misma.

Los transformadores cubiertos en este manual son probados en fábrica de acuerdo a normas, se entregan completamente ensamblados y listos para su instalación o divididos en varias partes, sin embargo, teniendo en cuenta las dificultades que se presentan durante el transporte, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Revise que los sellos de seguridad ubicados entre la tapa y el tanque para el producto nacional, no hayan sido removidos o presenten evidencias de haber sido manipulados.

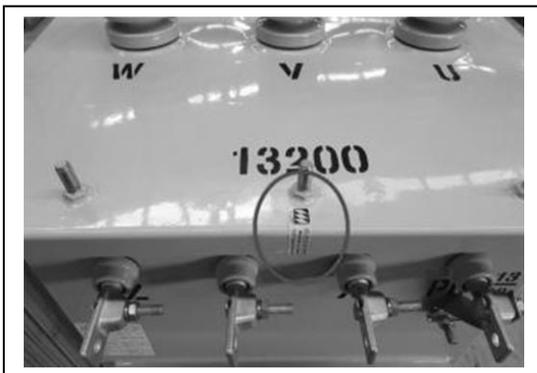


Figura 46: Sello de seguridad

- Revise que los sellos de seguridad ubicados en los lugares que presenten partes removibles (cajas de conexiones, hand hole, tapas pernadas, etc.) para el producto tipo exportación, no hayan sido removidos o presenten evidencias de haber sido manipulados.



Figura 47: Sello de seguridad en partes removibles

- Cuando los transformadores se despachan divididos en varias secciones, como pueden ser el tanque principal, el tanque conservador, los radiadores y otras partes; los componentes desarmados van embalados en huacales o en cajas y deben ser confrontados contra la lista de empaque suministrada.
- Revise el estado de los aisladores de media y baja tensión, no deben estar sueltos ni presentar daño.



- Revise el estado de los instrumentos de control que van adosados al tanque principal.
- Revise el estado del tanque, no debe presentar golpes, grietas o daños en su pintura.
- Revise que las ruedas orientables (si las lleva) lleguen con el transformador.
- Comuníquese con MAGNETRON S.A.S. y notifique lo sucedido, suministrando la información completa del transformador.
- Tenga presente lo establecido en el numeral 7 “**Transporte**” antes de descargar el transformador.



Figura 48: Ruedas orientables

- Verifique que no se presenten fugas del líquido aislante.
- Revise que la tornillería no esté floja.
- Inspeccione la base del embalaje, no debe presentar daño.
- Revise que las características del transformador corresponden con lo solicitado (potencia, fases, voltajes, número de serie, etc.).
- En caso de encontrar daños en el transformador, en lo posible, deje registro fotográfico de los hallazgos.
- Informe al transportador las anomalías encontradas.

9. Almacenamiento

Precaución: Conserve el transformador en el embalaje (base o huacal), este lo protege de daño o deterioro durante su almacenamiento.

Precaución: Para evitar el ingreso de humedad en el transformador, la válvula de sobrepresión NO DEBE ser accionada por ningún motivo.



Una vez el transformador ha sido entregado al cliente, es aconsejable colocarlo en su ubicación permanente, aunque no se ponga en funcionamiento inmediatamente. Si esto no es posible, ubíquelo en un lugar seco; además, debe llenarlo con líquido aislante, si aplica.

Acate las siguientes instrucciones para garantizar el buen estado del mismo:

- Almacénelo bajo techo.

Nota: Si el almacenamiento se hace a la intemperie, tenga presente que las condiciones ambientales pueden deteriorar la base de madera o el huacal del transformador, ocasionando con ello, daño o deterioro del mismo.

- Cuando sea posible, alimente los gabinetes de control a su tensión correspondiente para evitar la condensación de agua en su interior.
- Cuando el almacenamiento se prolonga por más de seis (6) meses, se debe inspeccionar periódicamente el estado de la base de madera o el huacal.
- No lo almacene en lugares donde haya presencia de humedad, lodos, gases corrosivos o atmósferas explosivas.
- Los transformadores que se reciben divididos en varias secciones, se deben ensamblar totalmente, completar el nivel del líquido aislante y presurizar el tanque con nitrógeno seco a 3 psi.

Nota: Si no se puede ensamblar completamente, las partes y piezas deberán mantener sellados para evitar penetración de humedad.



10. Accesorios

Precaución: Si algún accesorio no está cubierto en este manual o requiere mayor información, comuníquese con MAGNETRON S.A.S.

Los accesorios instalados en los transformadores de potencia, se pueden clasificar en dos (2) tipos:

10.1 Accesorios normales

Elementos mínimos requeridos, suministrados por el fabricante con los transformadores, útiles para su identificación, manejo, instalación, buen funcionamiento y protección.

- Pasatapas de baja tensión,
- Pasatapas de media tensión,
- Dispositivo de puesta a tierra del tanque,
- Ruedas orientables,
- Dispositivos para gato hidráulico,
- Dispositivos para levantar o izar el transformador completo,
- Dispositivo para levantar o izar la parte activa y la tapa,
- Válvula para toma de muestras del líquido aislante,
- Bolsillo para termómetro,
- Válvulas para recirculación y drenaje del líquido aislante,

- Indicador magnético del nivel del líquido aislante,
- Termómetro de carátula con contactos,
- Dispositivo para alivio de sobrepresión de un contacto,
- Rotulado de los Pasatapas de MT y BT,
- Placa de características,
- Conmutador de derivaciones sin tensión,
- Caja con bornera para señales de los instrumentos,
- Radiadores desmontables,
- Conexión eléctrica entre partes metálicas ensambladas del tanque,
- Válvula mariposa para los radiadores en transformadores ≥ 5000 kVA.

Accesorios básicos cuando lleva tanque conservador (de expansión):

- Dispositivo de llenado,
- Válvula para drenaje,
- Relé buchholz con dos contactos,
- Sistema deshumectador de aire con sílica gel.



10.2 Accesorios opcionales

Otros elementos adicionales suministrados por el fabricante con los transformadores, por solicitud del cliente.

- Imagen térmica para simulación de la temperatura de los devanados y/o control de la ventilación forzada,
- Ventiladores y su medio de fijación para ventilación forzada,
- Ruedas orientables con pestañas para riel y dispositivo de freno,
- Base tipo esquí o patín para arrastrar el transformador sobre el piso,
- Soportes para pararrayos,
- Válvulas para independizar el relé buchholz,
- Válvula mariposa para los radiadores en transformadores ≤ 5000 kVA,
- Relé de presión súbita,
- Transformadores de corriente para medida y/o protección,
- Cajas de protección de bujes de BT y MT,
- Indicación remota de señal de temperatura del transformador.

Accesorios opcionales cuando lleva tanque conservador (de expansión):

- Dispositivo de alivio de vacío o presión,
- Manovacuómetro sin contactos.

10.3 Ilustración accesorios

A continuación, se detallan algunos de los accesorios utilizados en los transformadores objeto de este manual.

10.3.1 Aislador de MT

Accesorio, normalmente fabricado en porcelana, diseñado para sujetar mecánicamente los conductores que forman parte de la línea eléctrica, manteniéndolos aislados de tierra y de otros conductores.

Su función principal, es hacer el puente entre los terminales de media tensión de la parte activa y la fuente de alimentación.

Sus características varían de acuerdo al nivel de tensión del transformador, el nivel básico de aislamiento y las distancias de fuga y de arco.



Figura 49: Aisladores de MT

10.3.2 Aislador de BT

Accesorio, normalmente fabricado en porcelana, diseñado para sujetar mecánicamente los conductores que forman parte de la línea eléctrica, manteniéndolos aislados de tierra y de otros conductores.

Su función principal, es hacer el puente entre los terminales de baja tensión de la parte activa y la carga externa.

Sus características varían de acuerdo al nivel de tensión del transformador, el nivel básico de aislamiento y las distancias de fuga y de arco.

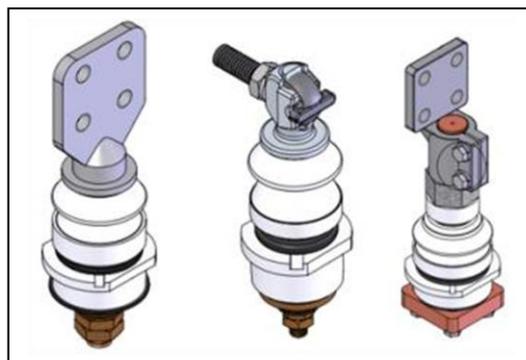


Figura 50: Aisladores de BT con sus respectivos terminales

10.3.3 Dispositivo de alivio de presión

Su función principal es limitar la presión interna del transformador cuando es afectada por las temperaturas de funcionamiento del mismo, asociadas directamente con la carga instalada. La válvula de alivio de presión es un medio para desalojar las presiones anormales que se presentan al interior del transformador.

La válvula de alivio debe tener una capacidad de evacuación de gas adecuada para el volumen del transformador.



Figura 51: Tipos de VSP

10.3.4 Conmutador de derivaciones

Precaución: El conmutador cuenta con una manija externa, la cual debe ser operada únicamente con el transformador desenergizado

El conmutador realiza la regulación de tensión que consiste en compensar las variaciones de tensión que se detectan en los puntos receptores de un sistema de transmisión o distribución de energía, variando la relación de vueltas en el devanado primario hasta obtener en el secundario la tensión requerida.

Existe una gran variedad de conmutadores utilizados en los transformadores de pequeña y mediana potencia, a continuación, se identifican dos tipos:

- Circulares (3 cuerpos)
- Lineales

10.3.4.1 Pasos para maniobrar el conmutador CIRCULAR

- Desconecte el transformador de la fuente de alimentación.
- Verifique la ausencia de voltaje en el transformador midiendo el devanado de BT con un voltímetro.
- Conecte a tierra los terminales de MT y BT.

- Con un destornillador, libere el tornillo de anclaje de la manija hasta que sobresalga del disco.
- Gire la manija y llévela a la posición deseada.
- Asegure nuevamente el tornillo de anclaje de la manija, hágalo hasta que ingrese en el disco.
- Retire las conexiones de puesta a tierra de los terminales de MT y BT.
- Mida continuidad en los terminales de MT para garantizar que el conmutador quedó bien enclavado.
- Energice nuevamente el transformador.
- Mida el voltaje en BT, valide que es el voltaje deseado.

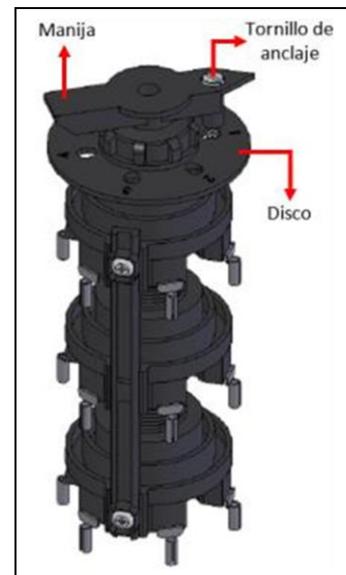


Figura 52: Conmutador circular

10.3.4.2 Pasos para maniobrar el conmutador LINEAL

- Desconecte el transformador de la fuente de alimentación.
- Verifique la ausencia de voltaje en el transformador midiendo el devanado de BT con un voltímetro.
- Conecte a tierra los terminales de MT y BT.
- Hale la perilla hasta liberarla del anclaje del disco.
- Gire la perilla y llévela a la posición deseada.
- Asegúrese que la perilla ancla correctamente en la disco.
- Retire las conexiones de puesta a tierra de los terminales de MT y BT,
- Mida continuidad en los terminales de MT para garantizar que el conmutador quedó bien enclavado.
- Energice nuevamente el transformador.
- Mida el voltaje en BT, valide que es el voltaje deseado.

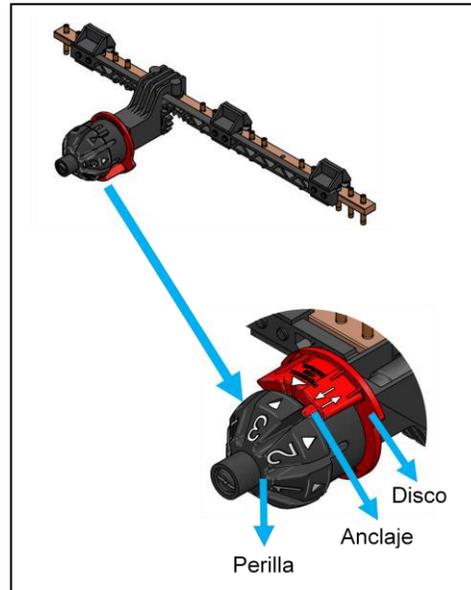


Figura 53: Conmutador LINEAL

10.3.5 Placa de características

Es un accesorio fabricado con un material resistente a la corrosión (aluminio, acero inoxidable, etc.) donde se consigna la información más relevante del transformador.

La placa debe fijarse en un lugar visible y sus inscripciones deben ser legibles e indelebles.

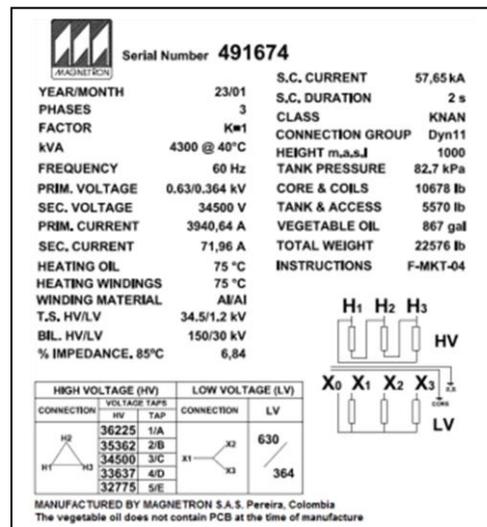


Figura 54: Ejemplo placa de características

10.3.6 Sistema de puesta a tierra

El transformador está provisto de tornillos (espárragos) o platinas con sus respectivos accesorios para permitir:

- El aterrizaje del punto neutro de baja tensión al tanque, desde fábrica se envía conectado.
- El aterrizaje del tanque al sistema de puesta a tierra donde será instalado el transformador.

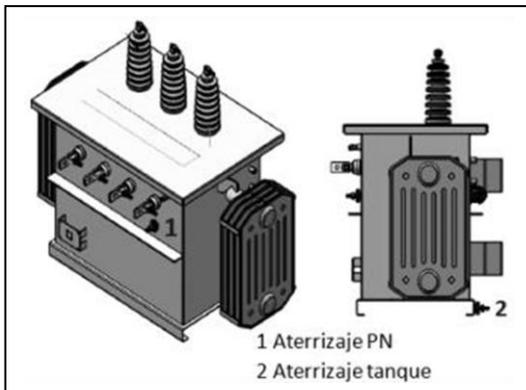


Figura 55: Puntos de aterrizaje

10.3.7 Orejas de levante

Dispositivos para levantar o izar el transformador completamente ensamblado y lleno de líquido aislante, se ubican de tal manera que al enganchar los estrobos o eslingas no se apoyen contra otros accesorios, ni contra los bujes, ni dañen la tapa.

Se utilizan únicamente para izar o levantar, no son para transportar.

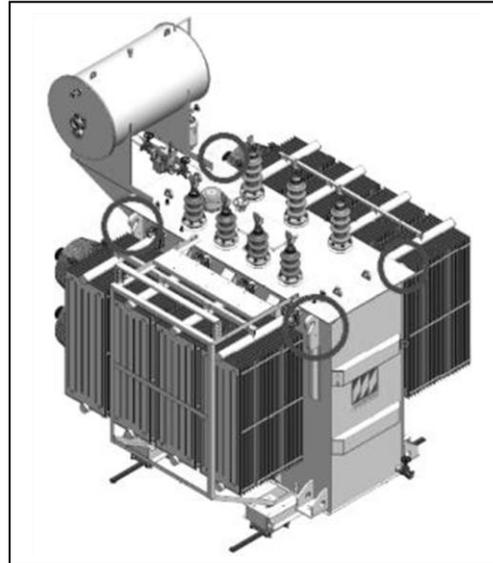


Figura 56: Orejas para levantar o izar

10.3.8 Indicación externa del nivel del líquido aislante

Es un dispositivo o medidor que indica el nivel de fluido dieléctrico en el tanque del transformador.

Cuando el indicador se instala en fábrica, el tanque se llena al nivel que corresponde a una temperatura del líquido de 25 °C

Si el medidor indica un nivel de líquido "BAJO", entonces el transformador se debe desenergizar e inspeccionar para determinar la causa del bajo nivel de líquido.

Un nivel bajo de líquido puede provocar fallas dieléctricas, sobrecalentamiento y reducción en la vida útil del transformador.

Como característica opcional, el medidor de nivel de líquido se puede proporcionar con uno (1) o

más contactos para la señalización remota de niveles (bajo o alto) de fluido dieléctrico.

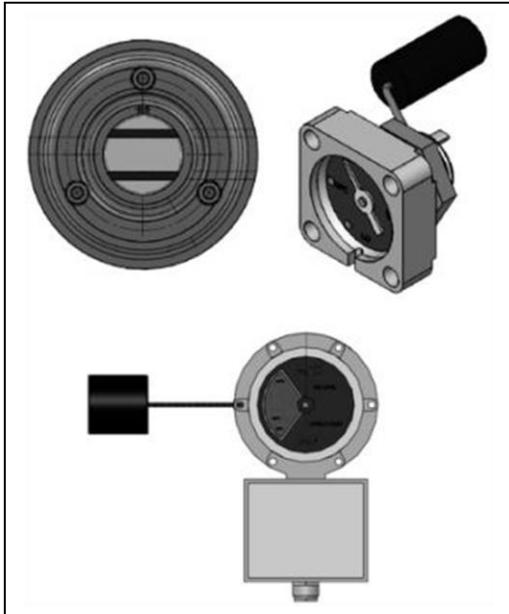


Figura 57: Indicadores del nivel del líquido aislante

10.3.9 Indicador de temperatura (termómetro)

Es un instrumento que mide la temperatura del líquido en grados centígrados e incluye un indicador reinicial de temperatura máxima.

El indicador rojo de temperatura máxima se puede reiniciar girando el imán en el centro de la placa frontal hacia el puntero indicador blanco.

El medidor de temperatura está montado en un pozo seco a prueba de líquidos para un fácil reemplazo.

Como característica opcional, los indicadores de temperatura del

líquido se pueden proporcionar con uno (1) o más contactos para permitir la señalización remota de temperaturas inaceptables o para controlar los ventiladores de enfriamiento instalados en el transformador.



Figura 58: Indicador de temperatura

10.3.10 Válvula de drenaje

Este dispositivo está ubicado en la base del tanque, se utiliza para:

- Tomar muestras del líquido aislante con el fin de realizarle pruebas.
- Drenar el líquido aislante si fuera necesario.
- Recircular el líquido aislante cuando se hace mantenimiento en campo.

10.3.11 Válvula de recirculación

Este dispositivo está ubicado en la parte superior del tanque por encima del nivel del líquido aislante, se utiliza para:

- Llenar el transformador con líquido aislante.

- Recircular el líquido aislante cuando se hace mantenimiento en campo.
- Cambiar el líquido aislante sin sacar de servicio el transformador.

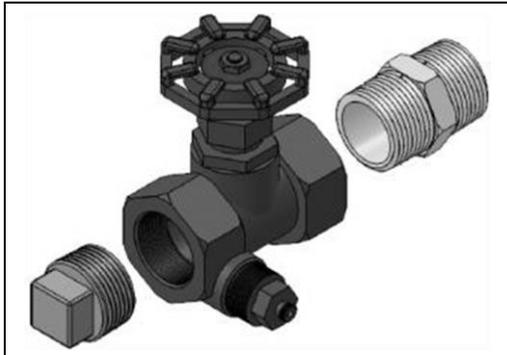


Figura 59: Válvula de drenaje

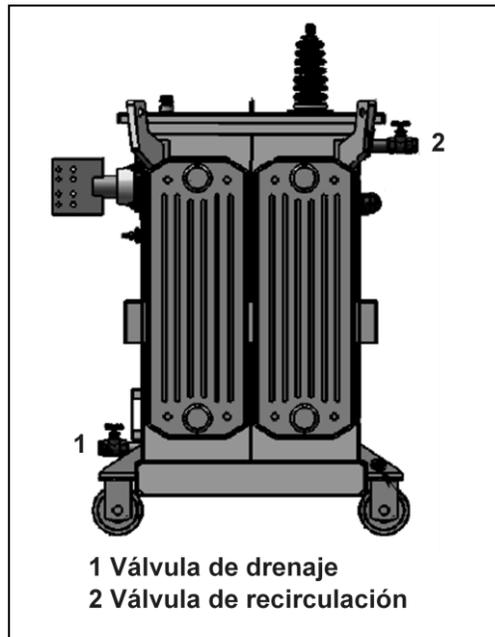


Figura 59-1 Ubicación válvulas

10.3.12 Dispositivos izaje tapa

Dispositivos ubicados en la tapa que sirven para izar o elevar la tapa, no están diseñados para levantar el transformador.

Cuando la parte activa se sujeta a la tapa, estos dispositivos se diseñan para levantar el conjunto TAPA-PARTE ACTIVA.



Figura 60: Dispositivos para izaje de la tapa

10.3.13 Relé buchholz

Este dispositivo permite detectar fallas dieléctricas dentro del transformador.

En caso de una sobrecarga (calentamiento) el gas producido por la combustión interna se acumula en la parte de arriba del relé y fuerza al nivel de aceite a que baje.

En caso de producirse un arco eléctrico, la acumulación de gas es repentina, y el líquido aislante fluye rápidamente dentro del tanque de expansión. En este caso, se activa un circuito interruptor automático que aísla el transformador antes de que la falla cause un daño más grave.

El relé también opera cuando el nivel del líquido aislante es bajo, como en el caso de una fuga.

El relé de buchholz tiene una compuerta de pruebas que permite que el gas acumulado sea retirado para realizar ensayos.

Si se encuentra gas inflamable en el relé es señal de que existieron fallas internas tales como sobrecarga o producción de arco interno. En caso de que se encuentre aire, significa que el nivel del líquido aislante es bajo.



Figura 61: Relé buchholz

10.3.14 Membrana o separador flexible

Esta membrana es usada para evitar la contaminación del líquido aislante del transformador con humedad y/o polución del aire.

Cuando el transformador está bajo carga, el líquido aislante se encuentra caliente, bajo estas condiciones si entra en contacto con el oxígeno se produce oxidación del líquido aislante.

Cuando ocurre la oxidación del líquido aislante, se generan lodos al interior del transformador. Los lodos generados no son conductores de electricidad, pero impiden la refrigeración de la bobina al obstruir los ductos de refrigeración, ocasionando fallas

en el transformador por calentamiento.

Es importante especificar que la membrana o separador elástico puede estar provisto de un sensor óptico, el cual se ubica en su interior con el fin de detectar la ruptura de la membrana y el paso del líquido aislante a esta.

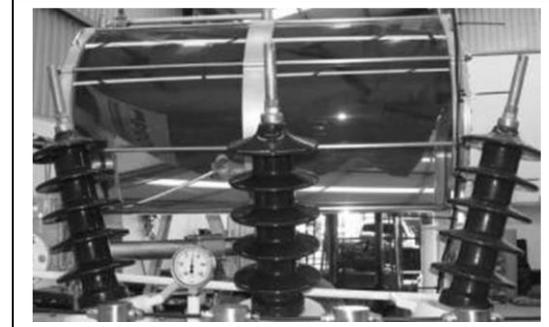
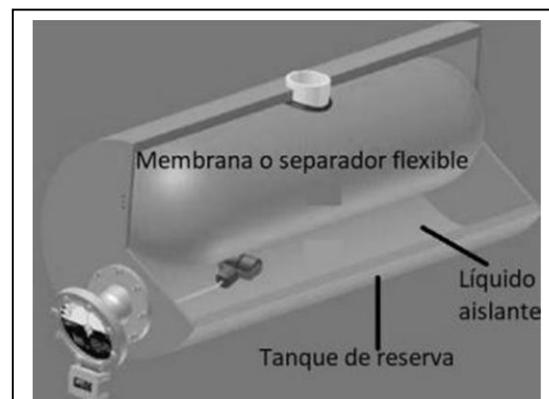


Figura 62: Membrana de nitrilo

10.3.15 Respirador de Silica gel

Es un accesorio que sirve para mantener el transformador en buenas condiciones. Como la carga del transformador cambia, también lo hace la temperatura de la siguiente manera:

- Si la temperatura aumenta, aumenta el volumen del

líquido aislante, expulsando el aire del tanque conservador.

- Si la temperatura disminuye, disminuye el volumen del líquido aislante y el aire regresa al tanque conservador a través del respirador de silica gel.

La función principal del respirador de silica gel, es atrapar la humedad y las partículas sólidas suspendidas en el aire, con la finalidad de proteger los aislamientos del transformador: Papeles y líquido aislante.

El respirador tiene una trampa de aceite ubicada debajo del respirador, aísla el silica gel del aire ambiente, para que este no pueda fluir libremente, de esta manera, el silica gel no absorbe humedad constantemente.

Nota: Cuando el silica gel absorbe humedad, empieza a cambiar su color (azul, morado, naranja, etc.) a blanco o rosado.



Figura 63: Respirador de silica gel

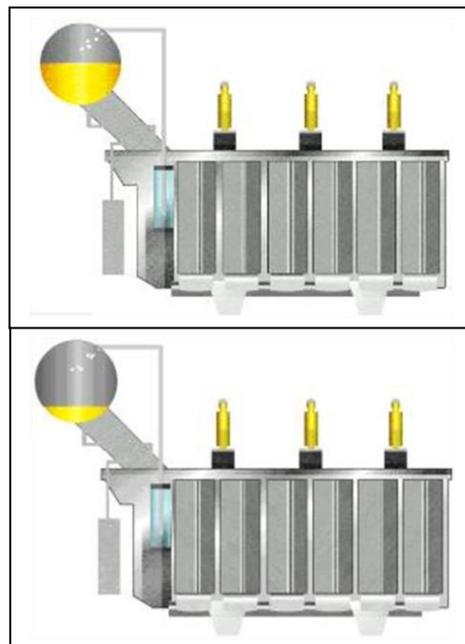


Figura 64: Expulsión y atracción de aire cuando el líquido aislante se dilata o se contrae.

10.3.16 Manovacúmetro

Es un instrumento diseñado para medir presión, normalmente viene calibrado para en psi.

Su principal característica, radica en que une las funciones de un manómetro y de un vacuómetro, ya que se encarga de medir tanto la presión relativa como la presión de vacío.

Las lecturas del indicador deberán variar conforme cambia la temperatura del transformador y deberán indicar normalmente presión positiva.



Figura 65: Manovacuómetro

10.3.17 Ventiladores

Se utilizan para incrementar la capacidad de disipación de calor y por lo tanto proveer capacidad de carga adicional al transformador.

Los ventiladores utilizados en los transformadores diseñados para operar con dicha capacidad de ventilación forzada.

Los ventiladores utilizados en el transformador son de la misma capacidad, sus características se muestran en la placa de datos del motor.

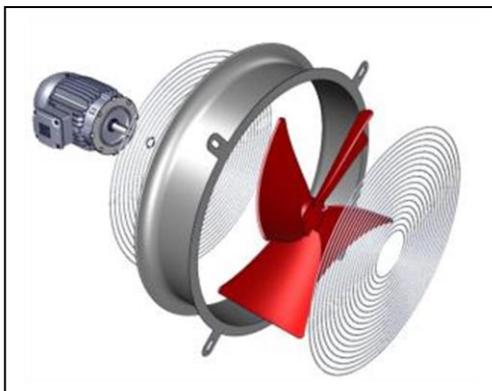


Figura 66: Ventilador para transformador

11. Marcación terminales

La marcación de los terminales de media y baja tensión en este tipo de transformadores, dependen de la norma (NTC o ANSI).

11.1 Marcación norma NTC

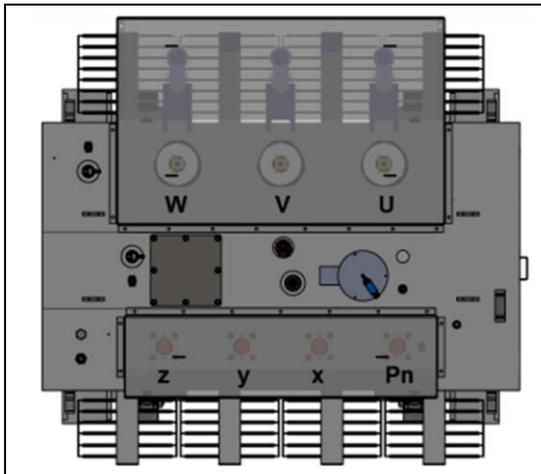


Figura 67: Ejemplo de marcación NTC

11.2 Marcación norma ANSI

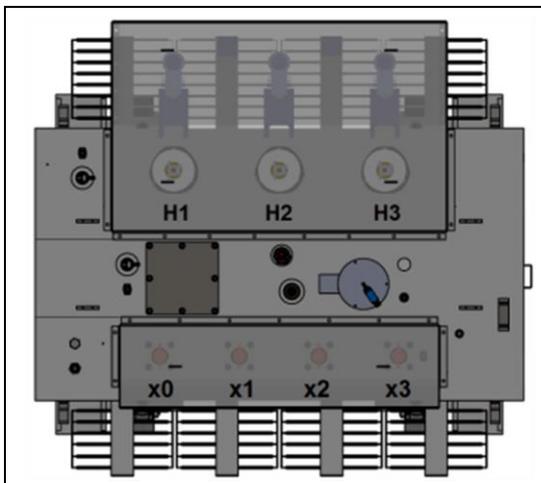


Figura 68: Ejemplo de marcación ANSI

- Las marcaciones en los terminales de media tensión se realizan con letras

MAYÚSCULAS y para los terminales de baja tensión se realizan con letras MINÚSCULAS.

Los transformadores trifásicos presentan otros dos factores muy importantes para su conexión:

- Grupo de conexión
- Índice horario

11.3 Índice horario

Representa el ángulo de desfase entre el diagrama vectorial de las fuerzas electromotrices (tensiones) del devanado primario y del devanado secundario, cuando el transformador está en vacío.

En otras palabras, es el desfase, en grados, entre la tensión del primario y la tensión del secundario.

El índice horario se llama así porque el desfase se expresa según las horas de un reloj. Cada hora, desde las 12 en punto, representa un desfase de 30° .

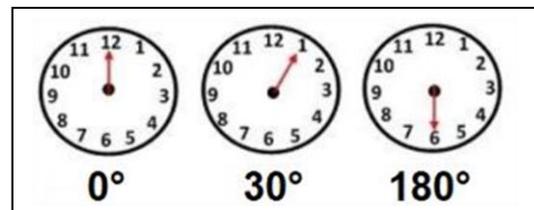


Figura 69: Ejemplos índice horario

11.4 Grupo de conexión

Representa el tipo de conexión para cada uno de los devanados,



normalmente el devanado primario y el devanado secundario.

El grupo de conexión se representa con una serie de letras y un número, de la siguiente manera:

- La primera letra, en MAYÚSCULA, representa la conexión del devanado de mayor tensión.
- La segunda letra, en MINÚSCULA, representa la conexión del devanado de menor tensión.
- El número, representa el desfase, en grados, entre la tensión del primario y la del secundario ($1 = 30^\circ$).
- Si en el grupo de conexión se observa una tercera letra (N o n), indica que la conexión en estrella (Y o y) lleva punto neutro accesible.

Ejemplo:

Dyn5

D	Indica la conexión del devanado de MAYOR TENSIÓN (Delta o triángulo)
y	Indica la conexión del devanado de MENOR TENSIÓN (Estrella)
n	Indica que la conexión en estrella (Y o y) lleva punto neutro accesible
5	Representa el desfase, en grados, entre la tensión del primario y la del secundario, en este caso 150° ($5 * 30^\circ$)

12. Revisión y pruebas antes de la instalación

12.1 Revisión

Antes de instalar el transformador, verifique lo siguiente:

- Remueva todo rastro de suciedad y materiales extraños de los aisladores de media y baja tensión.
- Limpie el tanque del transformador.
- Revise que los accesorios adosados al transformador, estén en buen estado y debidamente ajustados.
- Verifique que no se presenten fugas de líquido aislante.
- Asegúrese que el transformador no presente golpes o daños que puedan invalidar su buen funcionamiento.
- Revise la información consignada en la placa de características y verifique que está de acuerdo con los requerimientos (potencia, voltajes, etc.).
- Retire la base y el huacal (si lo tiene) del transformador.
- Verifique que el conmutador este bien anclado y en la posición requerida.

- Cerciórese que el punto neutro de baja tensión está correctamente aterrizado al tanque.
- Asegúrese que todas las partes y/o los accesorios a instalar, si los hay, estén completos y en buen estado (tanque conservador, radiadores, respirador de silica gel, relé buchholz, etc.).

12.2 Montaje partes y/o accesorios

12.2.1 Montaje radiadores

- Retire las tapas ciegas o flanches que protegen las válvulas mariposa.
- Limpie las válvulas mariposa.
- Cambie los oring que dan el sello entre la válvula y el radiador. Se aconseja hacerlo ya que el pegante utilizado para sostener el oring, se puede cristalizar y obstaculizar el sello.

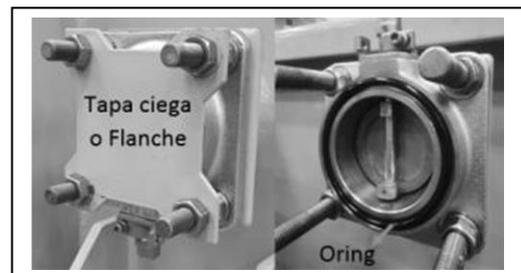


Figura 70: Flanche - Oring

- El montaje de los radiadores se hace iniciando por un extremo.

Nota: Aunque los radiadores son iguales, cada radiador viene marcado para ser ubicado en la posición que esté señalada en el tanque principal. Esta identificación facilita su montaje.

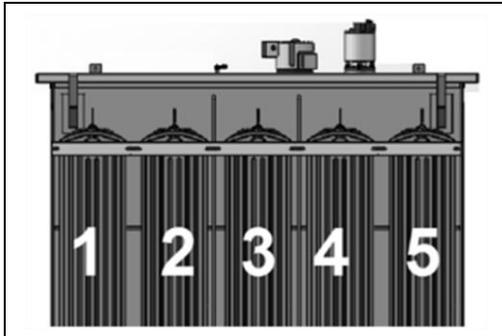


Figura 71: Montaje radiadores del 1 al 5 o del 5 al 1.

- Retire la tapa ciega o flanche que protege el radiador, hágalo en la medida que los vaya instalando.
- Asegúrese que el interior del tubo del radiador completamente limpio.
- Limpie externamente el tubo del radiador.
- Con ayuda de una grúa o un montacargas, levante el radiador de la oreja de izaje.
- Guíe el radiador hasta hacer coincidir las perforaciones de los flanches del radiador con los espárragos que sujetan las válvulas mariposa al tanque.

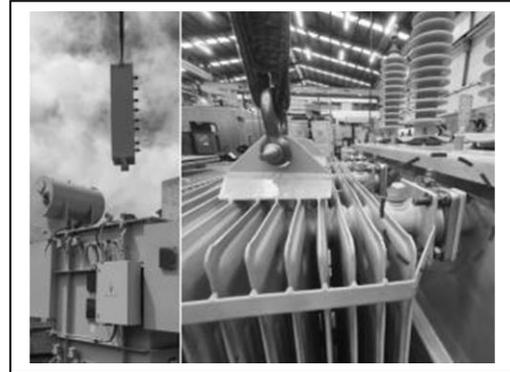


Figura 72: Elevación y anclaje radiador

- Asegure el radiador con la arandela de presión y la tuerca (inoxidables).
- Ajuste la tornillería con la secuencia y torque recomendado (92 lbf.ft para 5/8" inoxidable, ver 17.1).

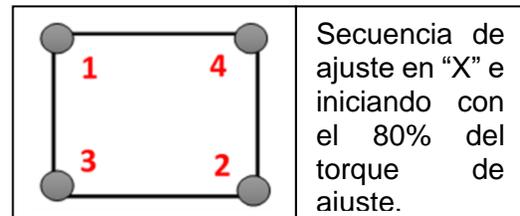


Figura 73: Secuencia y torque de ajuste

- Repita el procedimiento de montaje hasta instalar todos los radiadores.

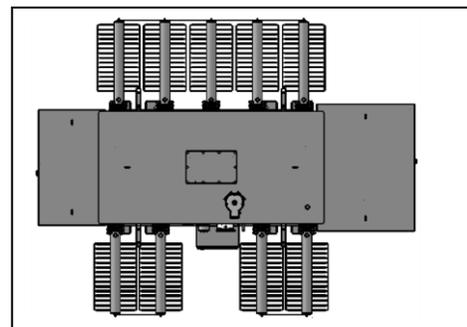


Figura 74: Radiadores completamente montados

- Instale los soportes que unen los radiadores, superiores e inferiores.

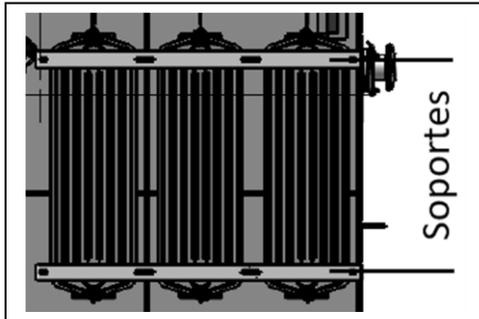


Figura 75: Soportes que unen los radiadores

- Abra las válvulas mariposas inferiores de los radiadores, en este momento, se inicia el llenado de los mismos.
- Purgue cada radiador, para ello, quite el tapón de la válvula de purga y afloje el tornillo.
- Cuando no salga aire, ajuste el tornillo e instale el tapón de la válvula de purga.
- Conecte la máquina para llenado de líquido aislante (filtro prensa) a la válvula de drenaje.
- Inicie el llenado del transformador hasta:
 - ✓ El nivel del líquido aislante instalado en el tanque principal.
 - ✓ Si tiene instalado el tanque conservador, hasta su nivel de líquido aislante.
 - ✓ Si lleva tanque de expansión y no está

instalado, llene hasta la tapa.

- Purgue nuevamente cada radiador.
- Purgue los aisladores de MT y los de BT si están instalados en la tapa.
- Limpie el transformador.
- Si no lleva tanque de expansión, haga hermeticidad con nitrógeno seco a 7 psi durante 6 horas.
- Revise que el transformador no presente fugas de líquido aislante.
- Instale los accesorios o componentes que van sobre los radiadores (ventiladores) y conéctelos.

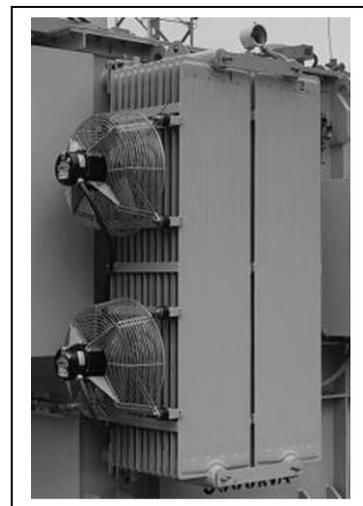


Figura 76: Instalación ventiladores

12.2.2 Montaje tanque conservador y relé buchholz

- Limpie el tanque de expansión, el relé buchholz y las válvulas.
- Con ayuda de una grúa o un montacargas, levante el tanque conservador de las orejas de izaje.



Figura 77: Montaje tanque conservador

- Guíe el tanque conservador hasta la base que lo soportará en el tanque principal y asegúrelo con la tornillería, sin ajustar por completo.
- Cambie los empaques del relé buchholz. Se aconseja hacerlo ya que el pegante utilizado para sostener el empaque, se puede cristalizar y obstaculizar el sello.
- Instale el relé buchholz, garantizando que lo ubica en la dirección correcta.

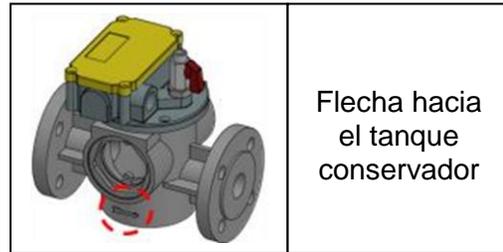


Figura 78: Dirección relé buchholz

- Ajuste la tornillería del relé buchholz con la secuencia y torque recomendado (31 lbf.ft para 7/16" inoxidable, ver 17.1).

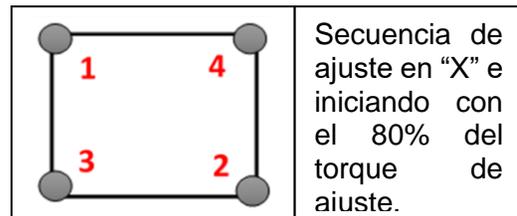


Figura 79: Secuencia y torque de ajuste

- Ajuste la tornillería del tanque conservador con el torque recomendado (43 lbf.ft para 1/2" inoxidable, ver 17.1).
- Instale y conecte los accesorios que van sobre tanque conservador (nivel de aceite, termómetro, etc.).

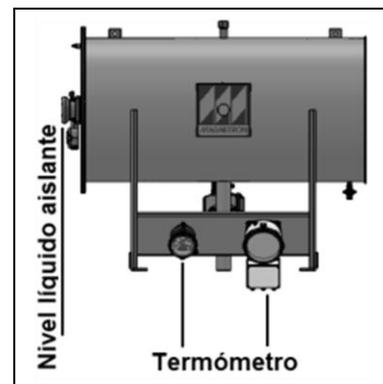


Figura 80: Accesorios instalados

- Instale el cable que une el tanque conservador al tanque principal (puesta a tierra).



Figura 81: Unión tanque conservador con tanque principal

- Quite el tapón del buje instalado en la parte superior del tanque de reserva o abra la válvula del respirador de silica gel.

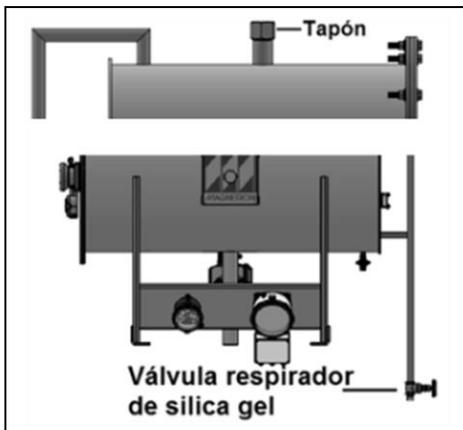
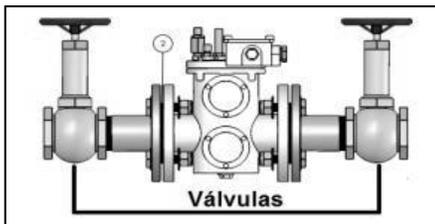


Figura 82: Respiraderos del transformador durante el llenado

- Abra las válvulas del relé buchholz.



- Conecte la máquina para llenado de líquido aislante (filtro prensa) a la válvula de drenaje.
- Inicie el llenado del transformador hasta completar el nivel en el tanque conservador.
- Purgue el relé buchholz, los aisladores de MT y los de BT si van instalados en la tapa y los radiadores con válvula mariposa.
- Ajuste el nivel del líquido aislante de ser necesario.
- Limpie el transformador.
- Haga hermeticidad con nitrógeno seco a 7 psi durante 6 horas.
- Revise que el transformador no presente fugas de líquido aislante.

12.2.3 Montaje membrana o separador flexible

Un separador flexible se coloca en el interior de un conservador cilíndrico. En la parte exterior está en contacto con el líquido aislante y en la parte interior con la atmósfera.

Este tipo de montaje hace posible la compensación para las variaciones del volumen del líquido aislante debido a los cambios de temperatura, garantizando:

- Una barrera eficiente entre el líquido aislante y el aire.
- Una protección contra el vapor de agua.
- La supresión de cualquier burbuja de gas formado en el líquido aislante.
- La compensación de grandes volúmenes, hasta los 15 m³.

Cuando el transformador este equipado con este accesorio, proceda de la siguiente manera:

- El tanque conservador debe estar sin líquido aislante.
- Retire el tapón del buje instalado en el flanche de la tapa de la membrana.
- Instale un manómetro de presión y presurice la membrana o separador flexible con nitrógeno seco a 1.5 psi.

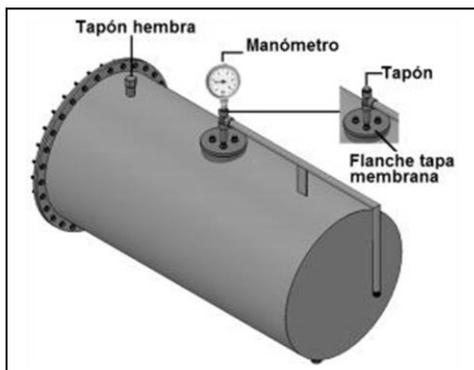


Figura 83: Ubicación manómetro de presión

- Retire el tapón hembra del buje (respiradero).

- Llene el tanque conservador hasta la indicación externa del nivel del líquido aislante.
- Evacúe el nitrógeno de la membrana y retire el manómetro.
- Instale el tapón hembra y el tapón del flanche de la tapa de la membrana.

12.2.4 Montaje respirador de silica gel

Este accesorio se instala cuando el transformador está completamente lleno de líquido aislante, para ello, proceda de la siguiente manera:

- Verifique que la silica gel está seca (morada, azul, etc.), si hay evidencia de que ha adquirido humedad (cambio de color a rosado o blanco), se debe cambiar.
- Verifique que el vaso está en buen estado.
- Instale el respirado en el tubo destinado para tal fin, utilice cinta teflón para mejorar el sello,
- Llene con líquido aislante el vaso localizado en la parte inferior del respirador, hágalo hasta la marca indicativa.
- Abra la válvula instalada el tubo del respirador de silica gel.

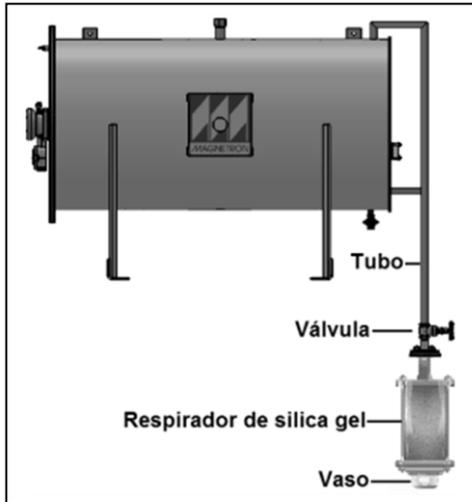


Figura 84: Respirador sílice gel

12.3 Pruebas

Con el fin de asegurar el buen funcionamiento del producto y no afectar la garantía del equipo, se deben realizar las siguientes pruebas que validan la instalación y energización del mismo:

12.3.1 Relación de transformación (TTR)

Esta prueba se realiza para medir la relación de voltajes o espiras entre dos o más devanados.

También, es una prueba que permite identificar:

- El grupo de conexión.
- Cortocircuito entre espiras o capas.
- Fallas por terminales reventados o abiertos.
- Daño o mala operación del conmutador.
- Conexiones erróneas o trocadas.

Dependiendo del equipo utilizado, la prueba se realiza como se indica a continuación:

➤ TTR análogo o de manivela

Con este equipo, se compara la relación del transformador bajo ensayo con la de un transformador de referencia (interno del equipo) cuya relación es regulable en pequeños escalones.

El transformador bajo ensayo y el TTR se conectan en paralelo aplicando tensión a los devanados de MT; los devanados de BT, en paralelo, se conectan a un detector sensible al que se obliga a señalar cero (0) ajustando la relación de transformación del transformador de referencia (TTR). La relación de transformación ajustada del transformador de referencia (TTR) es entonces igual a la relación de transformación del transformador bajo ensayo.

Este procedimiento se debe realizar en todas las posiciones del conmutador y en todas las fases si es un transformador trifásico.



Figura 85: TTR análogo o de manivela

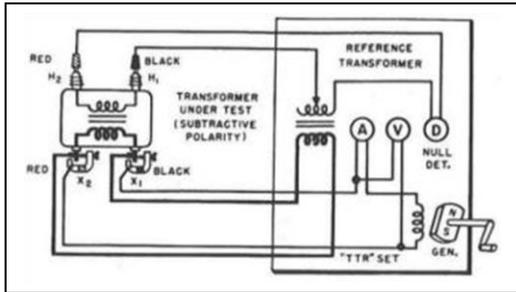


Figura 86: Conexión TTR al transformador bajo prueba

➤ TTR digital

Con este equipo, se aplica una tensión ajustable en los terminales de MT y es medida la tensión de salida del devanado correspondiente a la BT, de la división de estas tensiones resulta el valor de la relación de transformación.

Los terminales de MT y BT del equipo de medida son conectados a los terminales de MT y BT del transformador bajo prueba de acuerdo a la marcación de las fases correspondientes. Se debe configurar el equipo de acuerdo al grupo de conexión y la tensión a aplicar, como estándar se usa 8V.



Figura 87: TTR digital

➤ Cálculo de la relación de transformación

Se realizan de acuerdo al grupo de conexión o la polaridad del transformador:

Fases	Tipo de Conexión	Fórmula
1	I10 - I16	$RT = \frac{\text{Voltaje AT}}{\text{Voltaje BT}}$
3	Dd - Yy	$RT = \frac{\text{Voltaje AT}}{\text{Voltaje BT}}$
	Dy	$RT = \frac{\text{Voltaje AT (L-L)}}{\text{Voltaje BT (L-L)} / \sqrt{3}}$
	Yd	$RT = \frac{\text{Voltaje AT (L-L)} / \sqrt{3}}{\text{Voltaje BT (L-L)}}$

Figura 88: fórmulas para calcular la relación de transformación

12.3.2 Resistencia de los devanados de MT y BT

Esta prueba se realiza para garantizar que las conexiones internas del transformador no están sueltas o abiertas.

- Con un óhmetro (multímetro) verifique la conexión de MT, conecte el medidor entre cada par de terminales de MT (U-V, U-W y V-W o H1-H2, H1-H3 y H2-H3).

Cuando la lectura en el medidor haya estabilizado, compare los resultados obtenidos con los valores consignados en el certificado de pruebas, no se

debe presentar una variación mayor a +/- 5%.

- Para verificar la conexión de la baja tensión, conecte el medidor entre cada par de terminales de BT (x-y, x-z, y-z o x1-x2, x1-x3, x2-x3).

Cuando la lectura en el medidor haya estabilizado, compare los resultados obtenidos con los valores consignados en el certificado de pruebas, no se debe presentar una variación mayor a +/- 5%.

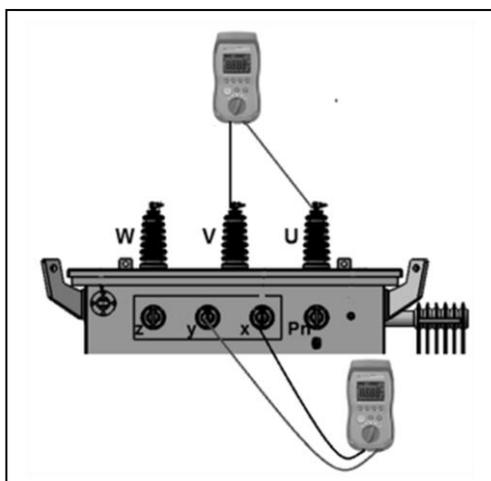


Figura 89: Medición continuidad en MT y BT

Si al realizar la prueba se le presenta alguno de los siguientes casos, el transformador ha sufrido un daño interno:

- Al medir el devanado de MT, alguno de los valores arrojados es más o menos el doble de lo consignado en

el certificado de pruebas (figura 90).

- Al medir el devanado de MT, el medidor no registra un valor de medición.
- Al medir el devanado de BT, alguno de los valores arrojados es más o menos el doble de lo consignado en el certificado de pruebas o no registra ningún valor (figura 91).

Resultados consignados en el certificado de pruebas para la posición 2 del conmutador de derivaciones (Ω)			
U-V	V-W	W-U	
29.9	29.8	30.0	

Mediciones (Ω)			
Posiciones conmutador	U-V	V-W	W-U
1	30.5	30.4	30.6
2	30.3	30.1	30.2
3	29.8	29.6	29.7
4	29.5	29.3	29.4
5	29.1	29.0	29.2

Mediciones (Ω)			
Posiciones conmutador	U-V	V-W	W-U
1	30.5	61.0	30.6
2	30.3	60.1	30.2
3	29.8	29.6	29.7
4	29.5	29.3	29.4
5	29.1	29.0	29.2

Mediciones (Ω)			
Posiciones conmutador	U-V	V-W	W-U
1	30.5	30.4	30.6
2	1.	30.1	30.2
3	29.8	29.6	29.7
4	29.5	29.3	29.4
5	29.1	29.0	29.2

Figura 90: Ejemplos de medición en MT

Resultados consignados en el certificado de pruebas para BT		
U-V	V-W	W-U
2.31	2.30	2.31
Valores medidos en campo		
U-V	V-W	W-U
2.34	2.33	2.33
U-V	V-W	W-U
4.70	2.33	2.33
U-V	V-W	W-U
2.34	1.	2.33

Figura 91: Ejemplos de medición en BT

12.3.3 Resistencia de los aislamientos

Esta prueba se realiza para tener una visión del estado de los aislamientos en cuanto a contaminación por presencia de agua, partículas metálicas o elementos extraños suspendidos en el líquido aislante.

- Utilice un medidor (megger) de 5 kV con un rango de medición de 50 MΩ como mínimo (utilice el mismo voltaje de la prueba en fábrica para minimizar las desviaciones).
- Realice la prueba durante un (1) minuto por cada medición (MT vs BT, MT vs T y BT vs T).
- Proceda de la siguiente manera:
 - Cortocircuite los terminales de MT (U-V-W o H1-H2-H3).

- Cortocircuite los terminales de BT (x-y-z o x1-x2-x3).

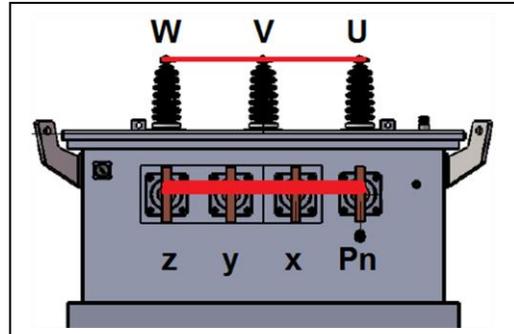


Figura 92: Cortocircuito terminales de media y baja tensión

- Para realizar las diferentes mediciones (3) se conectan los cables de la siguiente forma:

- MT-BT: Cable de alimentación (+) en MT y cable negro (-) en BT, el cable guarda ira en un terminal de tierra.
- MT-T: Cable de alimentación (+) en MT y cable negro (-) en T, el cable guarda ira en BT.
- BT-T: Cable de alimentación (+) en BT y cable negro (-) en T, el cable guarda ira en MT.

➤ Interpretación de los resultados

Este ensayo no tiene correspondencia entre el valor de la potencia nominal, la tensión del transformador y la resistencia de aislamiento, razón por la cual, los valores



mínimos se dejan a criterio del fabricante.

Para verificar si los valores medidos en el sitio de instalación están acordes, tenga presente los siguientes criterios:

- Compare los resultados obtenidos contra los reportados por MAGNETRON S.A.S. en el certificado de pruebas, estos deberían dar muy cercanos o por encima de lo medido en fábrica.
- Tenga en cuenta los valores mínimos establecidos por MAGNETRON S.A.S. según la clase del transformador.

Clase (kV)	Resistencia mínima (MΩ)
1.2	1 000
15	10 000
34,5	50 000

- Aplique la fórmula empírica de James Biddle para calcular el valor mínimo de resistencia de los aislamientos:

$$R = \frac{CE}{\sqrt{kVA}}$$

R = Resistencia a 20°C del aislamiento medido en 1 min.

C = Constante para medidas a 20°C

C=1.6 para transformadores en aceite

C=30 para transformadores secos

KVA= Potencia nominal

E= Tensión nominal en voltios del devanado en prueba.

Precaución: Si tiene alguna duda o cree que le ha entrado agua al transformador, comuníquese con MAGNETRON S.A.S.

12.3.4 Análisis de respuesta en frecuencia (SFRA)

Es un método útil y sensible para probar la integridad mecánica del núcleo y los devanados de los transformadores, especialmente los de potencia.

Esta prueba detecta problemas potenciales eléctricos y mecánicos que a otros métodos les resulta difícil, por ejemplo:

- Deformaciones y/o desplazamiento de devanados.
- Movimiento de núcleo y/o laminaciones en corto circuito.
- Estructuras de fijación rotas.
- Defectos en cables de conexión.

La prueba SFRA consiste en aplicar una señal al devanado bajo prueba y medir la respuesta del mismo a diferentes frecuencias, expresando su comportamiento en gráficas únicas, como una “huella digital”, las cuales son evaluadas por comparación entre ellas o con graficas previas.



➤ La prueba de SFRA se debe realizar:

- Antes y después del transporte.
- Antes y después de la prueba de cortocircuito.
- Después de que se produzcan fallas a altas corrientes.
- Cuando se detecta incremento de gases disueltos en el líquido aislante.
- Cuando se detectan desviaciones en la prueba de relación de transformación.

➤ Instrucciones a tener en cuenta antes de ejecutar la prueba:

- Debe ser realizada por personal calificado.
- Garantizar que no se ha efectuado pruebas con corriente continua, las cuales pueden afectar los resultados de la prueba.
- El transformador bajo prueba debe estar sólidamente conectado a tierra.
- Configurar el equipo de medición de acuerdo al grupo de conexión del transformador bajo prueba.

- Validar el correcto funcionamiento del equipo de medición.

12.3.5 Medición del factor de potencia (FP)

El principal objetivo de la prueba de factor de potencia es diagnosticar el estado de los aislamientos, con esto se pueden identificar cambios en sus propiedades dieléctricas debido a:

- Falla de los aislamientos
- Envejecimiento
- Contaminación por partículas
- Descargas parciales
- Presencia de agua

Para la medición del factor de potencia en los aislamientos del transformador, se deben tener en cuenta las condiciones climáticas y la temperatura del aceite dentro del transformador, la ANSI C57.12.91 establece que las pruebas se deben realizar entre 10°C y 40°C.

Para la realización de la prueba se deben cortocircuitar los terminales de MT y BT, teniendo en cuenta que para conexiones en estrella (Y), el neutro no se debe aterrizar.

➤ Instrucciones a tener en cuenta antes de ejecutar la prueba:

- Debe ser realizada por personal calificado.



- Ubique el transformador bajo prueba en un área que cuente con sistema de seguridad o que se encuentre demarcada.
- Realice una inspección del área de pruebas constatando que no haya personal ajeno.
- Realice conexiones firmes y revise que las juntas de los cables y las pinzas no tiendan a soltarse.
- Revise que el equipo y el transformador bajo prueba estén debidamente aterrizados.
- Mientras se realice la prueba el personal debe estar como mínimo a 1 metro de distancia del transformador.
- Cuando realice cambio de conexiones bloquee el equipo con la llave de seguridad.
- Al terminar la prueba cerciórese que el equipo no esté inyectando corriente, observe que estén apagados los indicadores luminosos.
- Desconecte el transformador.
- Use los elementos de protección personal, son de

uso obligatorio y estos disminuyen el riesgo de accidente.

Para los valores medidos del factor de potencia mayores a los de referencia, se deben analizar las posibles fallas dentro del transformador y en líquidos aislantes nuevos, se debe analizar la posibilidad de polarización o contenido de agua.

Transformadores de Potencia	< 0.5%
Transformadores de distribución	< 1.0%
Transformadores de Potencia remanufacturados	
Transformadores de distribución remanufacturados	< 1.5%
Líquidos aislantes nuevos	<0.05%

Figura 93: Valores de referencia FP

12.3.6 Pruebas a los dispositivos de protección

Todas las señales de alarma y disparo de los dispositivos de protección del transformador deberán ser verificados para su adecuada operación.

Entre los dispositivos a revisar están: Termómetro de devanado, termómetro del líquido aislante, relé buchholz, nivel de líquido, etc.

12.3.7 Pruebas al líquido aislante

Las pruebas al líquido aislante se deben realizar cuando el transformador:



- Se ha almacenado por un periodo superior a un (1) año.
- Cuando el almacenamiento se ha realizado a la intemperie.
- Cuando los resultados de la resistencia de los aislamientos no cumplen con los criterios.
- Cuando se presentan dudas por posible presencia de agua (humedad).

Las pruebas al líquido aislante se realizan para determinar las condiciones del mismo, SOLO con resultados satisfactorios, el transformador puede ser energizado.

Las pruebas mínimas requeridas son:

12.3.7.1 Rigidez dieléctrica

Esta prueba mide la capacidad del líquido aislante de soportar tensión sin presentar falla.

El voltaje de ruptura dieléctrico sirve para indicar la presencia de agentes contaminantes como agua, suciedad o partículas conductoras en el líquido, uno o más de los cuales pueden estar presentes en concentraciones significativas cuando se obtienen voltajes de ruptura bajos.

12.3.7.2 Contenido de agua

Este método de prueba cubre la medición del agua presente en líquidos aislantes mediante titulación coulométrica de Karl Fischer.

Las características eléctricas de un líquido aislante pueden verse afectadas negativamente por un contenido excesivo de agua. Un alto contenido de agua puede hacer que un líquido aislante no sea adecuado para algunas aplicaciones eléctricas debido al deterioro de propiedades tales como el voltaje de ruptura dieléctrica.

12.3.7.3 Color

Este método de prueba cubre la determinación visual del color de una amplia variedad de productos derivados del petróleo, como aceites lubricantes, aceites de calefacción, aceites combustibles diésel y ceras de petróleo.

Utilizando una fuente de luz estándar, se coloca una muestra líquida en el recipiente de prueba y se contrasta contra discos de vidrio de colores que varían en valor de 0,5 a 8,0. Cuando no se encuentra una coincidencia exacta y el color de la muestra se encuentra entre dos colores estándar, se informa el mayor de los dos colores.

12.3.7.4 Aspecto (visual)

El líquido aislante debe tener un aspecto ópticamente transparente



para permitir la inspección visual dentro del tanque del equipo.

Cuando el líquido aislante presenta un cambio en su aspecto, es un indicativo de oxidación, deterioro o contaminación, producto de la corrosión del metal u otros materiales indeseables.

12.3.7.5 Análisis de gases disueltos (AGD)

El propósito de este análisis es conocer exactamente las diferentes sustancias que componen los gases disueltos en el líquido aislante del transformador.

De acuerdo a la naturaleza de los gases disueltos, se puede determinar la causa de la anomalía y tomar las medidas correctivas antes de que se ocasione una falla.

Cuando el transformador se somete a esfuerzos térmicos y eléctricos anormales, debido a la degradación del líquido aislante y de los papeles aislantes, se generan ciertos gases combustibles. El tipo y las concentraciones de gases generados son importantes, por cuanto el proceso de envejecimiento normal produce cantidades extremadamente pequeñas de gases, mientras que condiciones incipientes o fallas declaradas generan grandes cantidades.

La detección de una condición anormal requiere de una evaluación de la concentración del gas generado y de la tendencia de generación. La cantidad de cada gas, con respecto al volumen total de la muestra, indica el tipo de falla que está en proceso.

Existen dos maneras de representar los resultados de gases disueltos: A partir de las concentraciones individuales y por las relaciones entre gases.

Los gases típicos generados por algunas fallas incipientes en transformadores de fuerza son:

- Hidrógeno,
- Oxígeno,
- Nitrógeno,
- Metano,
- Monóxido de carbono,
- Etano,
- Dióxido de carbono,
- Etileno,
- Acetileno.

Los mecanismos de falla más comunes son:

- Arcos eléctricos en el líquido aislante y en el aislamiento sólido; Corona, Descargas eléctricas de baja energía en el aislamiento sólido y Sobrecalentamiento general o puntos calientes.

12.3.7.6 Otras pruebas

A continuación, se listan otras pruebas que se pueden realizar al líquido aislante:

- Tensión interfacial,
- Gravedad específica,
- Número de neutralización,
- Contenido de PCB's,
- Viscosidad,
- Azufre corrosivo.

Estas pruebas se deben realizar cuando se presenta alguna de las siguientes situaciones:

- Cuando los resultados de las pruebas mínimas requeridas presentan resultados muy ajustados a los mínimos o máximos permitidos,
- Por solicitud de MAGNETRON S.A.S.,
- Por solicitud del cliente,
- Por solicitud de un ente externo.

12.3.7.7 Cantidad de muestra requerida

Para realizar las pruebas al líquido aislante, se requieren:

Prueba	Cantidad
Contenido de Agua Rigidez Dieléctrica Color y aspecto Tensión interfacial Gravedad específica Número de neutralización Viscosidad	1000 ml
Factor de Potencia al Aceite a 25°C	1000 ml
Azufre Corrosivo	100 ml
Análisis de gases disueltos	50 ml
Análisis cuantitativo de PCB's	500 ml

12.3.7.8 Valores de referencia

➤ Aceite mineral

Método y prueba	Valor de referencia
Rigidez dieléctrica ASTM D1816	≥ 35 kV
Contenido de agua ASTM D1533	≤ 35 ppm
Color ASTM D1500	$\leq 0,5$
Aspecto ASTM D1524	Claro y brillante

➤ Aceite vegetal

Método y prueba	Valor de referencia
Rigidez dieléctrica ASTM D1816 1 mm gap 2 mm gap	≥ 20 kV ≥ 35 kV
Contenido de agua ASTM D1533	≤ 200 ppm
Color ASTM D1500	$\leq 1,0$
Aspecto ASTM D1524	Limpio y claro



Nota: Cualquier desviación de las pruebas y revisiones relacionadas en este numeral, deberá ser notificada a MAGNETRON S.A.S. con el objeto de recibir instrucciones de cómo proceder y no colocar en riesgo el transformador, la omisión de este paso, ocasionará la pérdida de la garantía.

13. Instalación y puesta en servicio

Precaución: Para Colombia, la instalación del transformador se debe hacer de acuerdo a los requerimientos de las normas técnicas NTC-2050, NTC-3582 y al reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

Para los demás países, se deben seguir las normas o leyes que les aplique.

La instalación del transformador no es responsabilidad de MAGNETRON S.A.S. (salvo se especifique lo contrario en el contrato), sin embargo, como parte interesada en que el producto cumpla su función en las mejores condiciones, se deben seguir las siguientes consideraciones:

13.1 Montaje

La instalación del transformador debe realizarse en un sitio de fácil acceso, donde se garantice el montaje y retiro mediante grúa o montacargas, con capacidad de izar y transportar el transformador.

El transformador debe quedar instalado en un lugar con área suficiente que permita el fácil acceso para realizar trabajos de revisión, limpieza, mantenimiento, etc.

Si la instalación del transformador se hace en lugares cerrados (interiores), se debe garantizar una

buena ventilación para evitar calentamientos anormales.

Si el transformador está equipado con ventiladores, se debe garantizar que funcionan en la dirección correcta.

13.2 Sistema de puesta a tierra

- El punto neutro de baja tensión, el tanque y los DPS deben quedar sólidamente conectados a tierra.

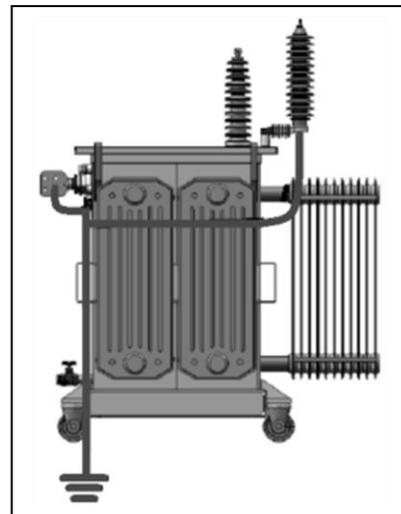


Figura 94: Puesta a tierra partes del transformador

Nota: También se deben conectar a tierra los gabinetes y los accesorios de control y protección que lo requieran.

- El sistema de puesta a tierra tiene los siguientes objetivos:
 - Garantizar la seguridad a los seres vivos.



- La protección de las instalaciones.
 - La compatibilidad electromagnética.
 - Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
 - Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- Valores de referencia para el sistema de puesta a tierra.

Aplicación	Valores máximos de resistencia de puesta a tierra (Ω)
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1
Subestaciones de media tensión	10
Protección contra rayos	10
Punto neutro de acometida en baja tensión	25
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10

13.3 Secuencia de conexión

- Efectúe todas las conexiones al sistema de puesta a tierra.
- Realice las conexiones de BT.
- Haga las conexiones de MT.

Precaución: Las conexiones no pueden quedar tensionadas. Las de media tensión, deben tener una forma y rigidez mecánica que no les permita moverse con el viento o las vibraciones, de tal forma que se pongan en contacto con partes que no se deben energizar o acercamientos que produzcan arcos eléctricos.

13.4 Puesta en servicio

Precaución: Para energizar el producto, se debe garantizar que las pruebas y revisiones enunciadas en el numeral 12 de este manual dieron resultados conformes; de lo contrario, no se puede realizar la energización y deberá contactarse con el personal de MAGNETRON S.A.S. para recibir instrucciones.

También, recuerde utilizar las herramientas y las protecciones adecuadas, como: Pértiga, guantes dieléctricos, botas de goma, etc.

- Una vez instalado el transformador, déjelo en reposo mínimo 8 horas para transformadores con aceite



mineral y mínimo 12 horas para transformadores con aceite vegetal.

- Energice el transformador en vacío (sin carga), manténgalo así unas 12 horas.
- Asegúrese que el transformador no produce ruidos anormales (zumbidos, chisporroteos, flameo, etc.).
- Verifique el voltaje de salida y compruebe que está balanceado y dentro de lo requerido.
- Instale gradualmente la carga y siga revisando el voltaje de salida.
- Una vez instalada toda la carga, revise por varias horas el funcionamiento del transformador.
- Lleve un registro escrito de las condiciones finales de instalación.
- Limpie y ordene el área de trabajo.

13.4.1 Energización transformadores con aceite vegetal a temperaturas por debajo de -20°C

Precaución: Por ningún motivo accione los componentes móviles (seccionador, conmutador, magnex, breaker, etc.) antes o poco después de su energización.

La norma C57.12.00-1993 considera que las temperaturas iniciales por debajo de -20 °C son un servicio inusual.

La energización de los transformadores inmersos en aceite vegetal a temperaturas por debajo de -20°C, puede seguir la misma secuencia de los transformadores inmersos en aceite mineral, siempre y cuando se cumpla con los siguientes criterios:

- Almacene los transformadores de manera que no se requiera ningún movimiento mecánico para energizar el transformador (es decir: El seccionador en posición CERRADO o CLOSE, el conmutador anclado en la posición de trabajo, etc.), adoptando este enfoque, no se debe requerir ningún movimiento mecánico para energizar el transformador.
- No accione los componentes móviles (seccionador, conmutador, magnex, breaker, etc.) antes o poco después de su energización; en condiciones extremas de temperatura, el líquido aislante se torna más viscoso (comienza a espesarse y, con el tiempo, puede gelificarse), dificultando la maniobra mecánica de los componentes y extinguir los



arcos eléctricos más lentamente.

- Energice el transformador en vacío (sin carga), manténgalo así mínimo 18 horas.

Nota: Monitoreé la temperatura del líquido aislante, hasta que esté por encima de la temperatura ambiente.

- Conecte gradualmente la carga.
- Una vez instalada toda la carga, observe el funcionamiento del transformador por un tiempo.
- Para cambiar algún componente dañado internamente (un fusible BAY-O-NET, por ejemplo), cuando la temperatura ambiente está por debajo de -30°C , se debe calentar el transformador para hacer más líquido el aceite vegetal.
- En transformadores con sistema de ventilación forzada (ventiladores), durante el arranque en frío, el líquido aislante de los radiadores se calentará más lento que el líquido aislante del tanque principal. Por esta razón, los ventiladores no deben encenderse

inmediatamente, se deben encenderse cuando se requiere enfriamiento adicional.

Para mayor información, puede consultar las siguientes normas:

- C57.12.93,
- C.57.106
- C.57.12.00.

O, las guías de Cargill, proveedor de aceite vegetal (FR3):

- G2200S “Guía de reparación de transformadores”.
- G2300S “Guía de almacenamiento, instalación, puesta en servicio y mantenimiento de transformadores inmersos en fluido FR3”.
- R2120 “Cold Start Recommendations for Envirotemp FR3”.

13.4.2 Energización transformadores con aceite mineral a temperaturas por debajo de -20°C

La norma C57.12.00 considera que las temperaturas iniciales por debajo de -20°C son un servicio inusual.

Para temperaturas de arranque por debajo de -20°C , energice



el transformador y manténgalo sin carga mínimo 12 horas.

Los líquidos dieléctricos pueden exhibir una caída en la rigidez dieléctrica a temperaturas más bajas si se precipita la humedad. Si, a cualquier temperatura, la densidad del líquido aislante es mayor que la densidad del agua, podría existir hielo libre o agua libre en el sistema y causar discontinuidad dieléctrica y posible falla.

Se debe energizar cualquier transformador extremadamente frío sin carga y luego aumentar la carga gradualmente.

Temporalmente, las temperaturas localizadas pueden superar los valores normales.

Estas condiciones transitorias son fácilmente toleradas por un transformador diseñado adecuadamente.

A temperaturas ambiente muy bajas, pasará algún tiempo antes de que los radiadores externos sean efectivos, pero a estas bajas temperaturas, no debería ser necesaria la refrigeración adicional.



14. Transformadores con dos o más meses en almacenamiento

Si el transformador ha estado almacenado por un periodo igual o superior a dos meses, sin ser energizado o desde su última energización, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Realice las pruebas descritas en esta guía, desde el numeral 12.2.1 hasta el numeral 12.2.5.
- Si y solo si los resultados son satisfactorios, prosiga de la siguiente manera:
 - ✓ Energice el transformador sin carga, durante 12 horas como mínimo para transformadores en aceite mineral y 18 horas como mínimo para transformadores en aceite vegetal.
 - ✓ Una vez cumplido el tiempo mínimo de energización sin carga, conecte gradualmente la carga, de acuerdo a la siguiente tabla:

Conexión de la carga una vez cumplido el tiempo de energización (Horas)	% Carga
3	25
6	50
9	75
12	100

- Una vez instalada toda la carga, revise periódicamente el funcionamiento del transformador.
- Lleve un registro escrito de las condiciones finales de instalación.
- Limpie y ordene el área de trabajo.

Si durante la ejecución de las pruebas descritas en esta guía, desde el numeral 12.2.1 hasta el numeral 12.2.5, se le presenta algún inconveniente, tenga en cuenta las recomendaciones de la tabla:

Nota: Si el (os) inconveniente (s) persiste (n), no intervenga el transformador y comuníquese con MAGNETRON S.A.S.

Inconveniente presentado	No da relación de transformación	No da resistencia de los devanados en MT	Resistencia de los aislamientos muy bajos	Corto en la resistencia de los aislamientos	Líquido aislante no cumple con los criterios
¿Qué revisar?					
Revisar estado del equipo de medición y los cables	X	X			
Revisar correcto enclavamiento del conmutador	X	X			
Revisar seccionador, cerrado adecuadamente	X	X			
Revisar conexión del TTR al transformador, de acuerdo al grupo de conexión,	X				
Revisar estado de los fusibles de las BAY-O-NET	X	X			
Revisar correcto ajuste de los fusibles a las BAY-O-NET	X	X			
En los transformadores tipo malla o anillo, revisar que se conecta el equipo en los bujes pozo o inserto de acuerdo a la posición del seccionador	X	X			
Revisar equipo de medición, que este en el rango correcto		X			
Limpieza de los terminales de MT y BT			X		
Temperatura de la prueba			X		
Corrección resultados por temperatura			X		
Revisar que el punto neutro este desconectado de tierra				X	
Si tiene pantalla electrostática, que no esté conectada a tierra.				X	
Revisar proceso de toma de muestras					X
Tomar una segunda muestra para validar resultados					X
Tomar muestra cuando se ha cumplido el tiempo de energización sin carga					X



15. Mantenimiento

Precaución: Si no se realiza y evidencia la ejecución del mantenimiento preventivo, ocasionará la pérdida de la garantía.

Precaución: Durante el periodo de garantía reporte todas las fallas o eventualidades a MAGNETRON S.A.S., por ningún motivo intervenga el transformador.

Para intervenir el transformador, desconecte las fuentes de tensión de MT y BT con el fin de dejarlo fuera de servicio.

Desconecte los terminales de MT, cortocircuitelos y conéctelos al sistema de puesta a tierra.

Desconecte los terminales de BT, cortocircuitelos y conéctelos al sistema de puesta a tierra.

Delimite y señalice la zona de trabajo.

El transformador es una máquina eléctrica diseñada y fabricada para funcionar 20 años o más en condiciones normales de uso.

El dueño del transformador es el responsable de inspeccionarlo, mantenerlo y conservarlo en buen estado.

El mantenimiento periódico y la inspección permanente, contribuirán

con la segura y confiable operación del transformador.

Para ayudarlo con este propósito, se deben seguir las siguientes instrucciones:

15.1 Mantenimiento preventivo

Las siguientes inspecciones pueden detectar problemas de operación potenciales antes de que sean críticos, se deben realizar una vez al año como mínimo:

- Inspección externa
- Inspección interna
- Inspección general
- Pruebas al líquido aislante
- Pruebas eléctricas de rutina
- Pruebas a los dispositivos de protección

15.1.1 Inspección externa

Revise y registre las condiciones externas del transformador.

La inspección deberá incluir los siguientes puntos:

- Fugas de líquido aislante
- Condiciones del sistema de puesta a tierra
- Estado de la pintura, verificando posibles puntos de oxidación.
- Inspección interna del tablero de control
- Operación de los ventiladores
- Verificación de las conexiones eléctricas externas.
- Verificación de la operación del cambiador de derivaciones.



- Estado de la silica gel
- Estado de los accesorios de control o protección
- Estado y limpieza del tanque.
- Estado y limpieza de los aisladores de MT y BT.
- Estado y limpieza de los pararrayos (DPS).
- Estado y limpieza de los empaques.
- Estado y limpieza de la válvula de sobrepresión.
- Estado de las cajas de conexiones, verificando que no presenten señales de oxidación, presencia de agua o terminales sueltos o desajustados.

Las eventualidades que se puedan presentar, deberán ser corregidas.

15.1.2 Inspección interna

Solo se realizará si se detecta o se sospecha de una falla en el transformador, esta inspección será ejecutada por personal de MAGNETRON S.A.S. o por personal de un taller autorizado.

15.1.3 Inspección general

La inspección incluye la verificación de la temperatura del líquido aislante y los devanados, el nivel del líquido aislante y la presión interna.

Es importante registrar las mediciones, estas sirven como referencia para las inspecciones futuras y ayudan a identificar fallas o anomalías potenciales.

15.1.4 Pruebas al líquido aislante

Se debe realizar pruebas al líquido aislante cada año, las pruebas que deben ser realizadas son:

- Rigidez Dieléctrica (ASTM 1816, ASTM D877).
- Factor de Potencia (ASTM D924).
- Gravedad Específica (ASTM D1298)
- Color (ASTM D1500)
- Tensión interfacial (ASTM D971).
- Número de Neutralización (ASTM D974).
- Contenido de Agua (ASTM D1533).
- Análisis de Gases Disueltos (ASTM D3612).

15.1.5 Pruebas eléctricas de rutina

Las pruebas eléctricas se deben realizar con el transformador desenergizado. Se deben realizar cada año, cuando se tenga dudas con el buen funcionamiento o se presente algún evento externo.

Las pruebas a realizar son:

- Relación de transformación
- Factor de potencia de los aislamientos
- Resistencia de los devanados
- Resistencia de los aislamientos

15.1.6 Pruebas a los dispositivos de control o protección

Se debe revisar el buen funcionamiento de estos dispositivos cada año.

15.2 Mantenimiento correctivo

➤ Durante el periodo de garantía reporte todas las fallas o eventualidades a MAGNETRON S.A.S., por ningún motivo intervenga el transformador.

➤ Para intervenciones por fuera del periodo de garantía, contáctese con MAGNETRON S.A.S. o utilice un taller especializado en transformadores.

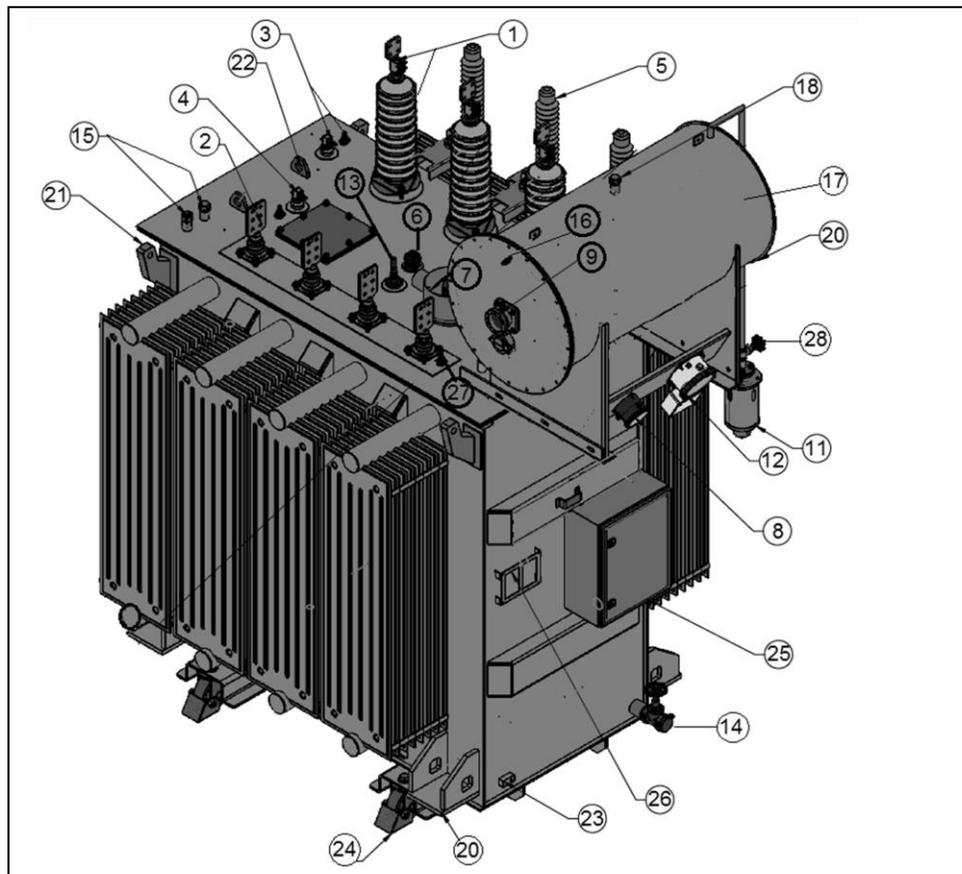
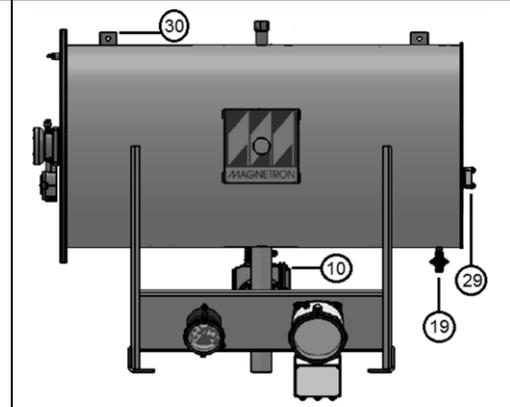


Figura 95: Partes externas del transformador



Ítem	Descripción
1	Aisladores y terminales de MT
2	Aisladores y terminales de BT
3	Aislador pantalla electrostática + aterrizaje
4	Aislador núcleo + aterrizaje
5	DPS + soportes
6	Conmutador
7	Válvula d sobrepresión + contactos
8	Termómetro de líquido aislante + contactos
9	Nivel de aceite + contactos
10	Relé buchholz
11	Respirador de silica gel
12	Termómetro devanados + contactos
13	Transformador de corriente
14	Válvula de drenaje y muestreo
15	Válvula o niple de llenado + niple de llenado con filtro
16	Válvula de llenado con nitrógeno
17	Tanque de expansión (conservador)
18	Llenado tanque de expansión (conservador)
19	Válvula drenaje tanque de expansión
20	Dispositivo para gateo y tracción
21	Dispositivos de izaje transformador
22	Dispositivos para izaje de la tapa
23	Puesta a tierra del tanque
24	Ruedas orientables
25	Tablero de control
26	Placa de características
27	Puesta a tierra del punto neutro
28	Válvula respirador silica gel
29	Nivel de aceite sin contactos
30	Dispositivo de izaje tanque expansión



16. Reparación

- El dueño del transformador es el responsable de inspeccionarlo, mantenerlo y conservarlo en buenas condiciones.
- Durante el periodo de garantía reporte todas las fallas o eventualidades a MAGNETRON S.A.S., por ningún motivo intervenga el transformador.
- Todas las reparaciones bajo garantía debe hacerlas MAGNETRON S.A.S. o un taller de servicio autorizado.
- Para reparaciones por fuera del periodo de garantía, contáctese con MAGNETRON S.A.S. o utilice un taller especializado en transformadores



17. Problemas y posibles soluciones

- Recuerde cumplir a cabalidad los numerales de “**Revisión y pruebas antes de la instalación**” e “**Instalación y puesta en servicio**” (numerales 12 y 13).
- El ajuste de los accesorios se debe hacer con un torquímetro, aplicando los torques listados en el numeral **18 “Torques de ajuste”**.
- El ajuste de los accesorios se hace solo externamente, para ajustes internos, contáctese con MAGNETRON S.A.S. o con un taller autorizado.

Inconveniente presentado	Expulsa las cañuelas	Funde los fusibles	Diferencia de voltaje entre fases de BT	No da salida de voltaje en BT	Mancha de líquido aislante en la VSP	Mancha de líquido aislante en accesorios
¿Qué revisar?						
Conexión del transformador a la línea de MT	X			X		
Estado pararrayos	X					
Características del pararrayos	X					
Energizar sin carga	X	X				
Revisar estado de los fusibles		X				
Revisar que los fusibles sean los correctos (amperaje)		X				
Correcto aterrizaje del transformador (tanque)		X	X			
Correcto aterrizaje del Pn			X			
Revisar ajustes de las conexión del cableado			X	X		
Limpia y monitorear si persiste					X	X
Revisar torque de ajuste (externamente)					X	X
Revisar voltaje de entrada				X		
Revisar voltaje de entrada		X				
Correcto anclaje del conmutador				X		
Realizar pruebas al transformador	X			X		

Inconveniente presentado	No da relación de transformación	No da resistencia de los devanados en MT	Resistencia de los aislamientos muy bajos	Corto en la resistencia de los aislamientos	Líquido aislante no cumple con los criterios
¿Qué revisar?					
Revisar estado del equipo de medición y los cables	X	X			
Revisar correcto enclavamiento del conmutador	X	X			
Revisar seccionador, cerrado adecuadamente	X	X			
Revisar conexión del TTR al transformador, de acuerdo al grupo de conexión,	X				
Revisar estado de los fusibles de las BAY-O-NET	X	X			
Revisar correcto ajuste de los fusibles a las BAY-O-NET	X	X			
En los transformadores tipo malla o anillo, revisar que se conecta el equipo en los bujes pozo o inserto de acuerdo a la posición del seccionador	X	X			
Revisar equipo de medición, que este en el rango correcto		X			
Limpieza de los terminales de MT y BT			X		
Temperatura de la prueba			X		
Corrección resultados por temperatura			X		
Revisar que el punto neutro este desconectado de tierra				X	
Si tiene pantalla electrostática, que no esté conectada a tierra.				X	
Revisar proceso de toma de muestras					X
Tomar una segunda muestra para validar resultados					X
Tomar muestra cuando se ha cumplido el tiempo de energización sin carga					X

18. Torques de ajuste

Precaución: Los torques listados corresponden a la tornillería descrita en cada accesorio, consulte a MAGNETRON S.A.S. cada vez que se requiera realizar algún ajuste.

No todos los accesorios que hacen parte de los transformadores están listados.

Los diferentes ajustes que se hacen en los accesorios externos del transformador, se deben hacer siguiendo las recomendaciones de los proveedores en cuanto a torques y secuencia de ajuste. A continuación, se listan los más relevantes:

18.1 Tornillería en general

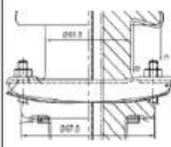
T o r q u e (l b f * f t)						
Diámetro	Hierro			Acero inoxidable		
	Grado 2	Grado 5	Grado 8	Diámetro	A304	A316
1/4	5,5	8	12	1/4	6	7
5/16	11	17	25	5/16	11	12
3/8	20	31	44	3/8	20	21
7/16	32	49	70	7/16	31	33
1/2	49	75	107	1/2	43	45
9/16	70	109	154	9/16	56	59
5/8	97	150	212	5/8	92	96
3/4	173	266	376	3/4	127	131
7/8	166	429	606	7/8	194	202
1	250	644	909	1	286	299
1-1/8	354	794	1287	1-1/8	413	432
1-1/4	500	1120	1875	1-1/4	523	546
1-3/8	655	1469	2382	1-1/2	888	930
1-1/2	870	1950	3161			

Nota: Los torques de ajuste de la tabla, corresponden solo a la tornillería, cuando se utiliza para sujetar accesorios (porcelana, polímeros, etc.) el torque de ajuste lo define el material).

18.2 Ajuste tornillería Tapa-Tanque

Tornillería		
Torque (lbf * ft)		
Diámetro	80%	100%
5/16"	14	18
7/16"	32	40

18.3 Terminales de MT y BT

Producto	Lb-pie	Imagen
Tuerca araña Alta Tension	70	
Tuerca araña Baja Tension	29	
Tuerca aluminio Baja Tension	35	
Ajuste de esparrago a conector de alta tension	18	
Ajuste de ancla (ojo) 7mm a 11.9mm	13	
Ajuste de ancla (ojo) 12mm-16mm	15	
Ajuste de ancla (ojo) 19mm-32mm	19	
Ajuste de pernos para bridas de sujecion externa	12	

18.4 Conmutador de derivaciones

Accesorio	lbf . ft	Imagen
Tuerca conmutador circular	8 a 9	
Tuerca conmutador lineal	11	 

18.5 Válvulas sobrepresión de

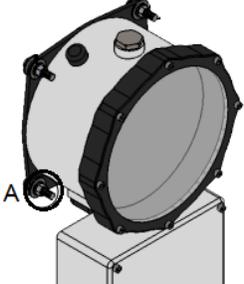
Válvula de sobrepresión	Torque de ajuste (lbf.ft)	Imagen
1/4"	20 a 25	
1/2"	54	
3/4"	83	
1-1/4"	121	

18.6 Termómetro de devanados

DETALLE	DESCRIPCIÓN	TORQUE (lb-ft)
A	Ajuste rosca INOX 3/16"	4,6

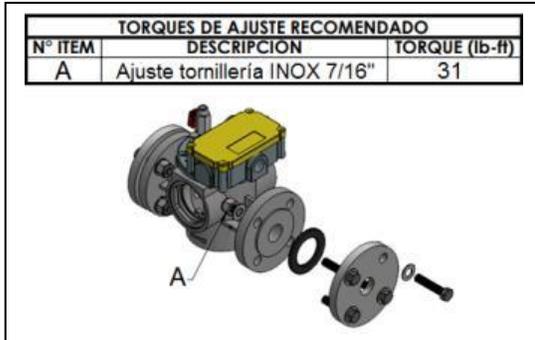


18.7 Termómetro de aceite de dos (2) contactos

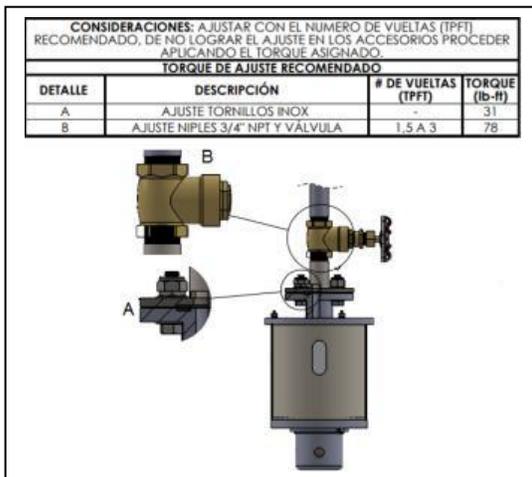


DETALLE	DESCRIPCIÓN	TORQUE (lb-ft)
A	Ajuste tornillo INOX 1/4"	6

18.8 Relé buchholz



18.9 Respirador de silica gel





19. Medio ambiente

MAGNETRON S.A.S. es una empresa comprometida con el medio ambiente, por tal motivo, nuestros transformadores cumplen con todos los requisitos relacionados con el tema.

MAGNETRON S.A.S. ha identificado los riesgos potenciales que pueden producir efectos medioambientales perjudiciales para el medio ambiente.

A sí mismo, MAGNETRON S.A.S. aporta a sus clientes una serie de consejos medioambientales, con el fin de prevenir y minimizar la contaminación a lo largo del ciclo de vida del transformador.

Los consejos medioambientales están consignados en el plan de manejo ambiental, constituido por 5 programas de gestión ambiental.

Si quiere conocer más sobre los programas ambientales, contáctese con MAGNETRON S.A.S.

El receptor final del transformador debe atender la legislación vigente y que le aplique.

En caso de presentarse fugas del líquido aislante, debe recogerse en un recipiente, evite que caiga sobre el suelo.

- El líquido aislante que se ha recogido y los medios empleados en la limpieza deben tratarse como residuos tóxicos y peligrosos.
 - No se deben mezclar los residuos.
-
- Si se ha derramado líquido aislante sobre el suelo, límpielo con un material absorbente (ejemplo: aserrín).

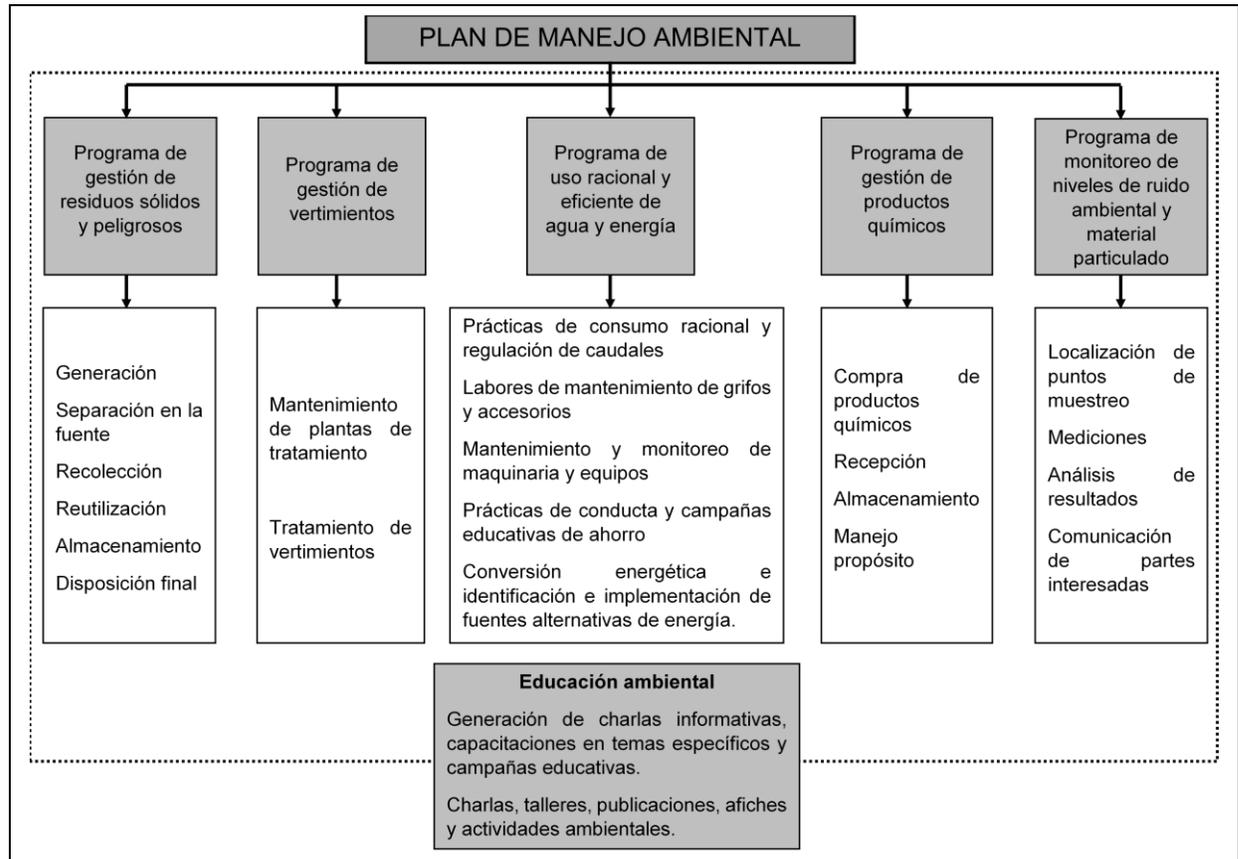


Figura 96: Plan de manejo ambiental MAGNETRON S.A.S.



20. Términos y condiciones de garantía

Remítase al certificado de garantía que se entrega con cada producto; al respaldo de la misma, se encuentran las instrucciones que se deben seguir para hacer efectiva la garantía y las condiciones que la invalidan.



21. Contáctenos

Para mayor información o para brindarle soporte técnico, contáctenos a través de los siguientes medios:

	servicioexterno.magnetron.com.co
	servicioalcliente.magnetron.com.co
	(57) 3187117456 (57) 3157100 extensión 101