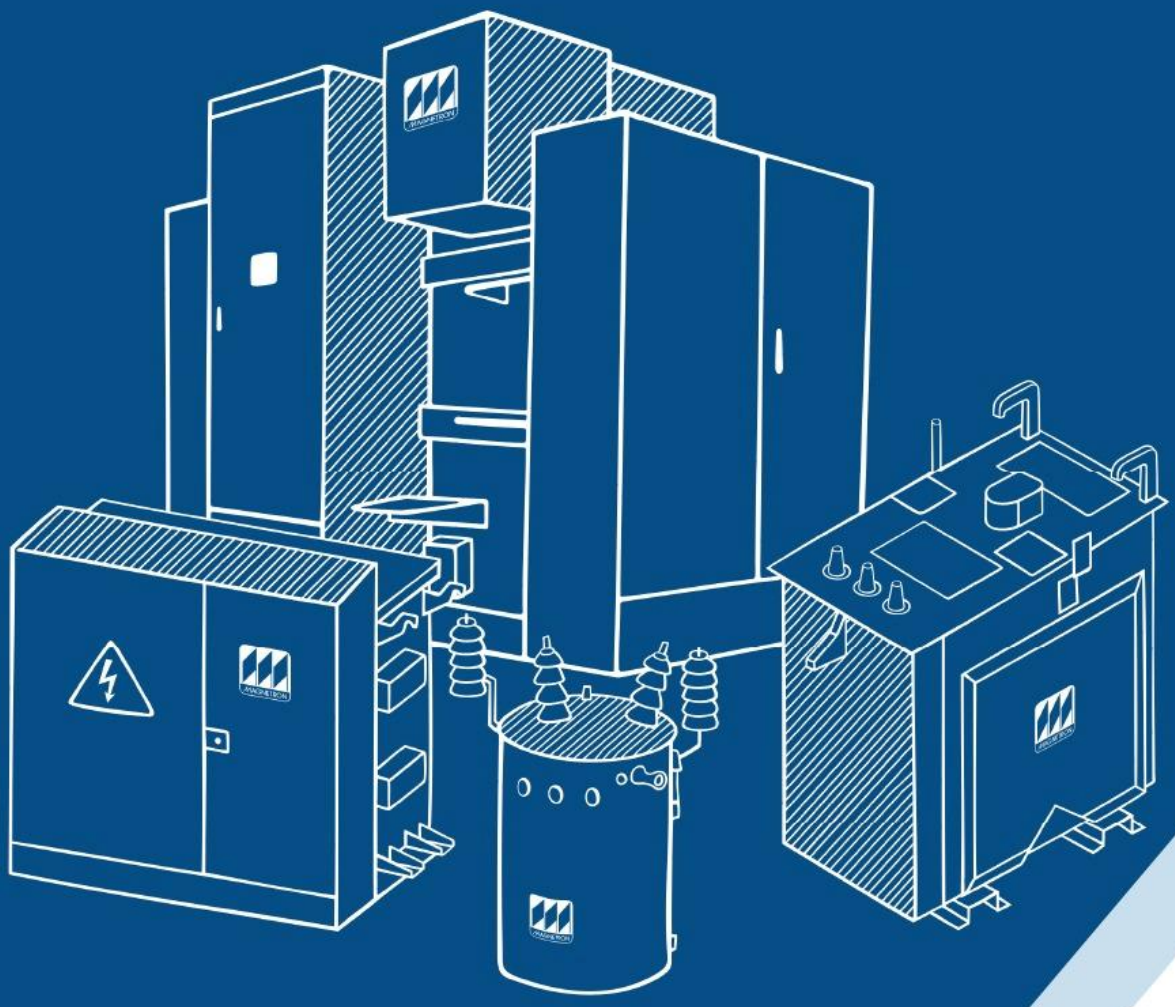
TRANSFORMAMOS
LA ENERGÍA
EN DESARROLLO
SOSTENIBLE

MAGNETRON

GUÍA DE MANEJO



CARBONO NEUTRO

UN GLOBAL COMPACT

Contenido

1. Seguridad y riesgos 5
1.1 Seguridad Personal 5
1.2 Tipos de riesgos 5
2. Introducción 8
3. Definiciones 10
3.1 Transformador 10
3.2 Devanado primario 10
3.3 Devanado secundario 10
3.4 Devanado de media tensión 10
3.5 Devanado de baja tensión 10
3.6 Embalaje 10
3.7 Base del embalaje 10
3.8 Peligro 10
3.9 Riesgo 10
3.10 Pedestal tipo radial 10
3.11 Pedestal tipo malla o anillo 10
3.12 Caja de maniobra 11
3.13 Caja de conexiones 11
3.14 Frente muerto 11
4. Abreviaciones 12
5. Manipulación 13
6. Embalaje 16
7. Transporte 19
7.1 Distribución da la carga: 19
7.1.1 Productos sin huacal 19
7.1.2 Productos con huacal 21
7.1.3 Cargue camiones descapotados 22
7.1.4 Unidad de cargue tipo open top (contenedor sin techo) 24
7.1.5 Descargue 24
8. Recepción 26
9. Almacenamiento 28
10. Accesorios básicos 29
10.1 Buje pozo 29
10.2 Buje inserto 29
10.3 Buje integral 30
10.4 Conector tipo codo 30
10.5 Buje de parqueo 31
10.6 Adaptador de pantalla 31
10.7 Loadbreak junction (caja de conexiones) 31
10.8 Conjunto BAY-O-NET fusible 32
10.9 Fusible limitador de corriente o de respaldo (ELSP) 32
10.10 Enlace de aislamiento LINK 33
10.11 Seccionador 33

10.12 Conmutador de derivaciones 33
10.12.1 Pasos para maniobrar el conmutador CIRCULAR 34
10.12.2 Pasos para maniobrar el conmutador LINEAL 34
10.13 Placa de características 35
10.14 Sistema de puesta a tierra 35
10.15 Orejas de levante 36
10.16 Indicación externa del nivel del líquido aislante 36
10.17 Indicador de temperatura (termómetro) 37
10.18 Válvula de drenaje 37
10.19 Válvula de recirculación 37
10.20 Dispositivos izaje tapa 38
11. Marcación terminales 39
11.1 Marcación norma NTC 39
11.2 Marcación norma ANSI 40
11.3 Cajas de maniobra 41
11.4 Cajas de conexiones 41
11.5 Índice horario 41
11.6 Grupo de conexión 42
12. Revisión y pruebas antes de la instalación 43
12.1 Revisión 43
12.2 Pruebas 43
12.2.1 Relación de transformación (TTR) 43
12.2.2 Resistencia de los devanados de MT y BT 45
12.2.3 Resistencia de los aislamientos 46
12.2.4 Pruebas al líquido aislante 48
12.2.5 Aclaraciones 50
13. Instalación y puesta en servicio 51
13.1 Montaje 51
13.2 Sistema de puesta a tierra 52
13.3 Secuencia de conexión 53
13.4 Puesta en servicio 53
13.4.1 Energización transformadores con aceite vegetal a temperaturas por debajo de -20°C 55
13.4.2 Energización transformadores con aceite mineral a temperaturas por debajo de -20°C 56
14. Transformadores con dos o más meses en almacenamiento 58
15. Mantenimiento 60
15.1 Mantenimiento preventivo 60
15.2 Mantenimiento correctivo 61
16. Reparación 62
17. Diagramas unifilares 63
17.1 Transformador tipo pedestal radial 63
17.2 Transformador tipo pedestal malla o anillo 63
17.3 Caja de maniobra 63
17.4 Caja de conexiones 63

18. Problemas y posibles soluciones 64
19. Torques de ajuste 66
19.1 Tornillería en general 66
19.2 Ajuste tornillería Tapa-Tanque 66
19.3 Terminales de MT y BT 66
19.4 Conmutador de derivaciones 66
19.5 Válvulas de sobrepresión 67
19.6 Buje pozo 67
19.7 Seccionador ON-OFF tripolar 300 A 67
19.8 Seccionador tripolar 4P 200 A 67
19.9 Portafusible BAY-O-NET 67
19.10 Buje integral 67
20. Medio ambiente 68
21. Términos y condiciones de garantía 70
22. Anexo A “Conexión cable seco al conector tipo codo” 71
23. Contáctenos 73

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.

El transformador eléctrico es ese noble, sencillo y seguro aparato eléctrico que desde el inicio de la electrotecnia nos acompaña en la vida diaria cumpliendo fielmente su misión de transformar parámetros eléctricos.

El transformador eléctrico inmerso en líquido aislante está diseñado para reducir el voltaje de la línea de distribución a voltajes que puedan ser manipulados y representen un bajo riesgo para los usuarios finales.

Su vida útil depende, entre otras razones, de lo siguiente:

- El diseño de fabricación,
- La tensión de alimentación,
- La carga conectada,
- Las protecciones utilizadas,
- El nivel del líquido aislante,
- El mantenimiento recibido.

Los transformadores tipo pedestal son utilizados como parte de sistemas de distribución subterráneos, idóneos para aplicaciones residenciales, sitios turísticos, hoteles, edificios, entre otros; pues, cuentan con compartimientos sellados de seguridad tanto para media como para baja tensión, lo cual hace que su funcionamiento sea seguro previniendo posibles accidentes al público.

Es un equipo dentro de un gabinete, su ubicación se realiza generalmente a la intemperie, sobre una base típicamente de concreto, con terminales de media tensión de frente muerto y provisto de puertas con cerraduras.

El uso de este tipo de transformadores presenta una gran variedad de ventajas:

- Requieren menos espacio,
- Son más seguros,
- Fácil acceso al sistema,
- Mejores protecciones,
- Eliminación de contaminación visual,
- Su mantenimiento es mínimo,
- A prueba de vandalismo,
- Constituyen una subestación muy completa.

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.

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 Devanado primario

Devanado que se conecta a una fuente de alimentación.

3.3 Devanado secundario

Devanado al cual se conecta una carga.

3.4 Devanado de media tensión

Devanado que presenta el mayor voltaje.

3.5 Devanado de baja tensión

Devanado que presenta la menor tensión.

3.6 Embalaje

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

3.7 Base del embalaje

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

3.8 Peligro

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

3.9 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.

3.10 Pedestal tipo radial

Conocido también como fin de línea, porque no permite la continuación de la fuente de alimentación a través de él.

En este tipo de configuración, el transformador es alimentado por una sola fuente. Esto indica que, si la energía en la línea de alimentación se interrumpe, el transformador no podrá ser energizado hasta que se corrija la falla que ocasionó el corte.

3.11 Pedestal tipo malla o anillo

En esta disposición, los terminales de alimentación primaria son seis, con un seccionador de cuatro (4) posiciones o una combinación de dos (2) seccionadores de dos posiciones, dispuestos en forma tal que permitan que la red primaria continúe sin interrupción alimentando transformadores similares u otro tipo de cargas, aun cuando el transformador esté fuera de operación.

Otra característica de este tipo de transformadores, es que pueden ser energizados por dos (2) fuentes de alimentación diferentes. En este caso, si una fuente de alimentación se ve interrumpida, puede utilizarse la otra fuente de alimentación, garantizando que el

transformador o los transformadores interconectados siempre estarán energizados y operando.

3.12 Caja de maniobra

Equipo de seccionamiento de frente muerto, conformada por conectores elastoméricos de media tensión y seccionadores inmersos en liquido aislante.

Se utilizan normalmente en redes de distribución subterráneas y se instalan sobre una base de concreto (pedestal).

Las cajas de maniobra permiten el seccionamiento de circuitos eléctricos bajo carga. Entre sus principales características están:

- Se comportan como una subestación,
- Minimiza los tiempos de interrupción del servicio, pues permite transferir cargas de un circuito a otro,
- Menor costo de la obra civil,
- Bajo impacto visual.

3.13 Caja de conexiones

Se utiliza para derivar los circuitos, como puente de conexión.

La caja de conexión está compuesta por elementos premoldeados elastoméricos, loadbreak junction y conectores tipo codo.

No permite seccionar los circuitos y no contiene líquido aislante.

3.14 Frente muerto

Son aquellos dispositivos que no tienen partes vivas expuestas en el compartimiento de media tensión, estando el producto energizado.

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)
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
PMR	Pad-mounted radial
PMM	Pad-mounted malla o anillo
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 producto debe ser manipulado en posición vertical.

Conserve el producto 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).

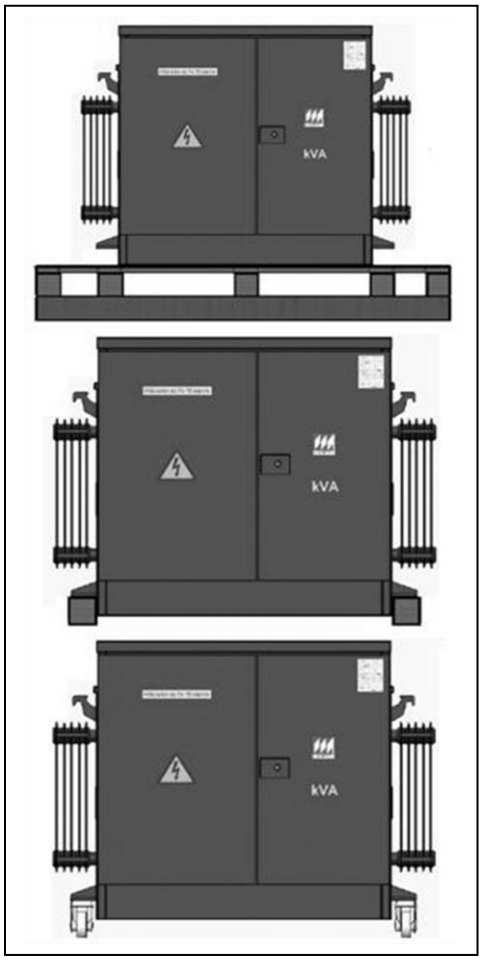


Figura 3: Pedestales trifásicas sobre la base o sobre las ruedas orientables

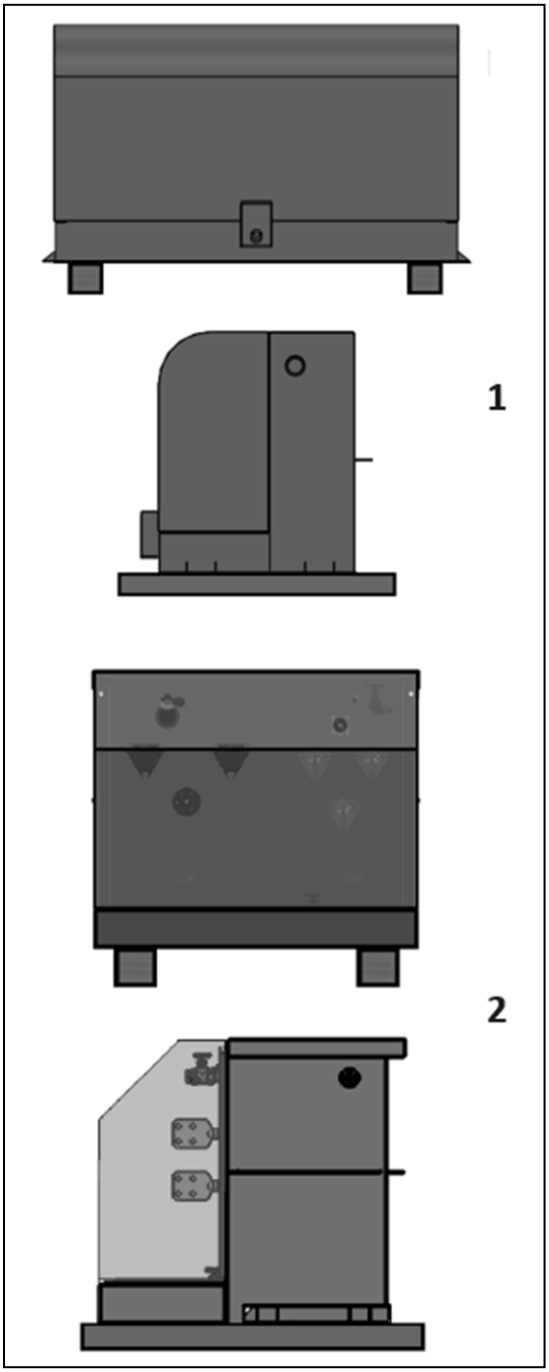


Figura 4: Caja de conexiones y pedestales monofásicas sobre la base

Por ningún motivo permita que el producto 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 producto solo se debe elevar o izar utilizando las orejas de levante. Para transportarlo, utilice montacargas o grúa.

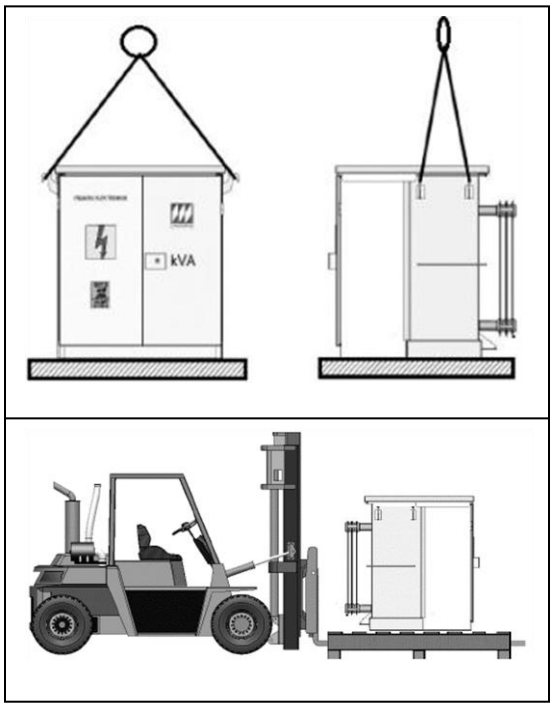


Figura 5: Manipulación del producto

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

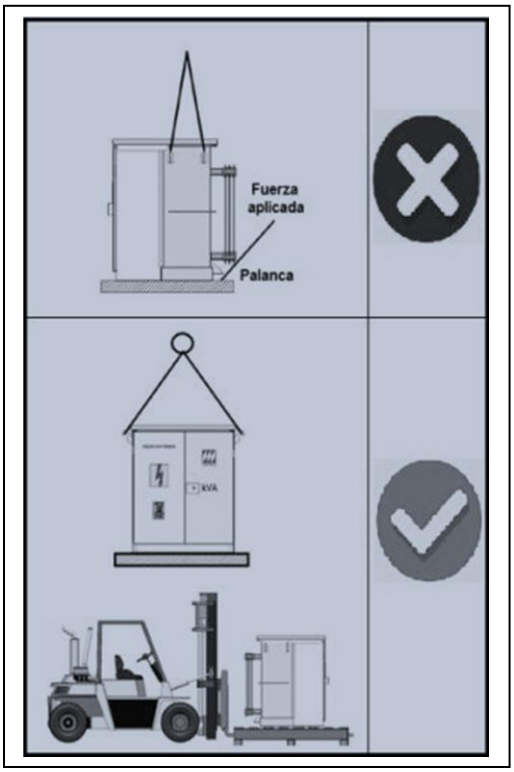


Figura 6: Manipulación del producto.

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

Utilice rodillos o patines acordes al peso del producto 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.

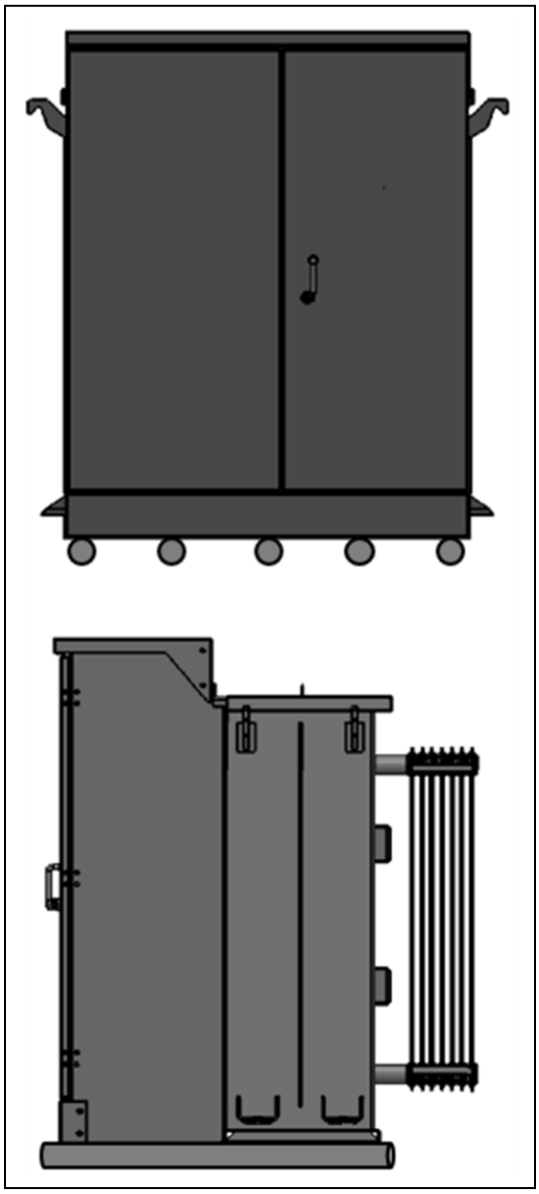


Figura 7: Uso de patines

El producto está provisto con dispositivos de izaje u orejas de levante que se utilizan para manipularlo con grúa, se deben utilizar eslingas de fibra para proteger la pintura.

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

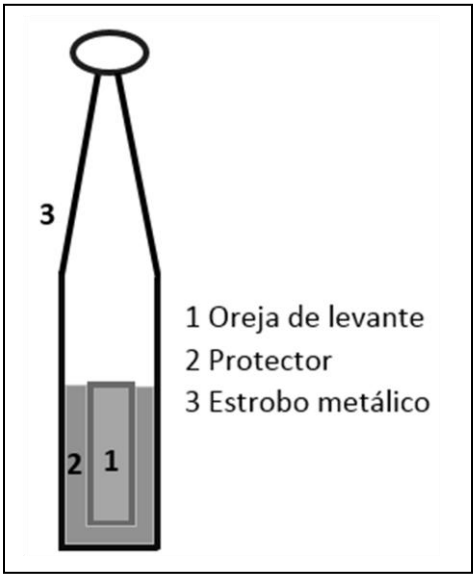


Figura 8: Protección pintura en las orejas de levante

No utilice las orejas de levante para transportar el producto, estos dispositivos están diseñados solo para izarlo o elevarlo.

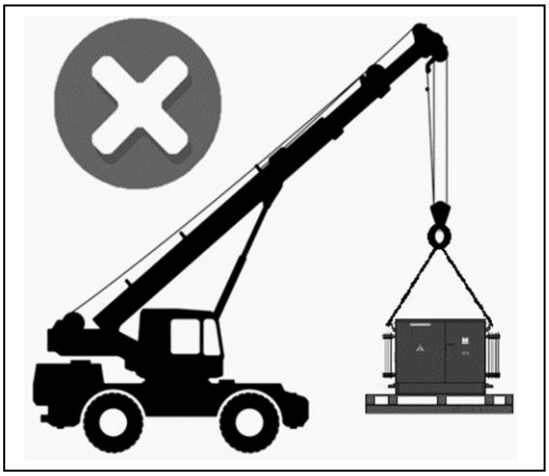


Figura 9: Prohibido transportar el transformador de las orejas de levante

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.

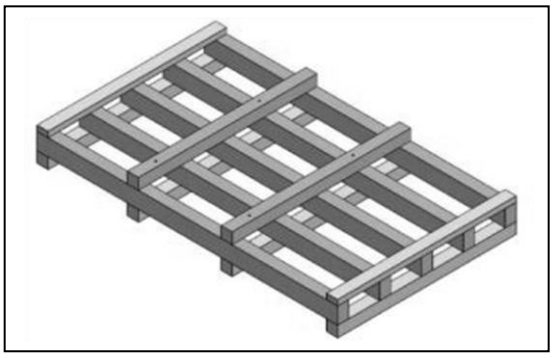


Figura 10: Base de madera para transformadores de potencia

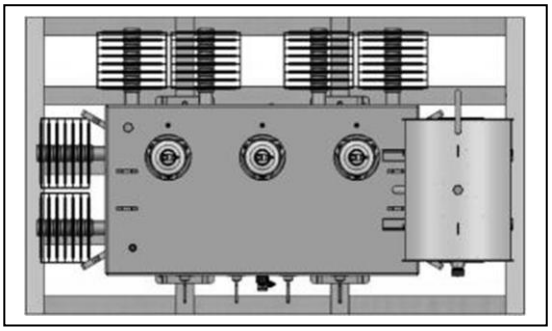


Figura 11: Transformador en base de madera – Vista superior

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

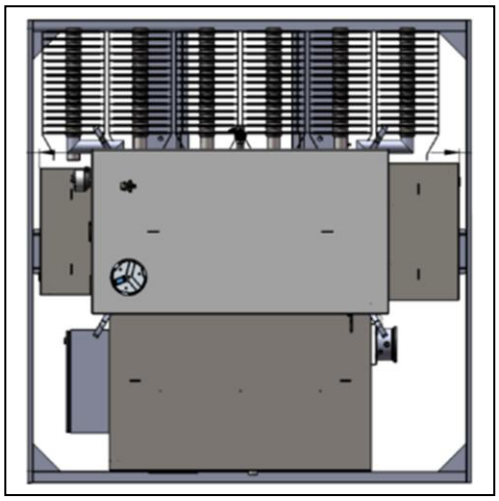


Figura 13: Transformador en base metálica – Vista superior

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 estrobos.

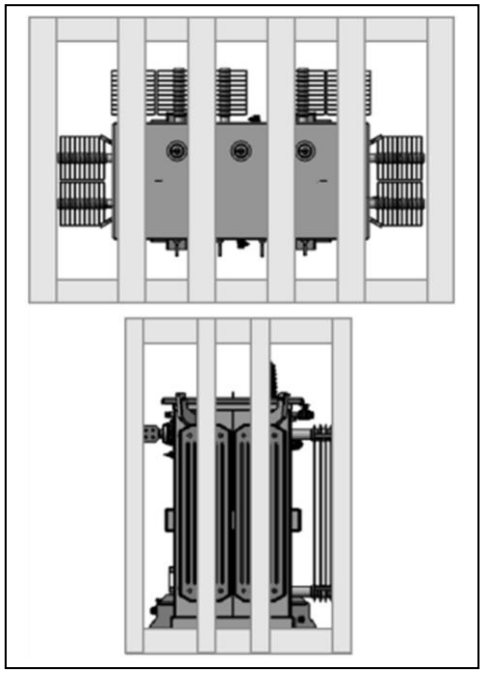


Figura 14: Orejas de levante de fácil acceso cuando el transformador va enhuacalado

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.

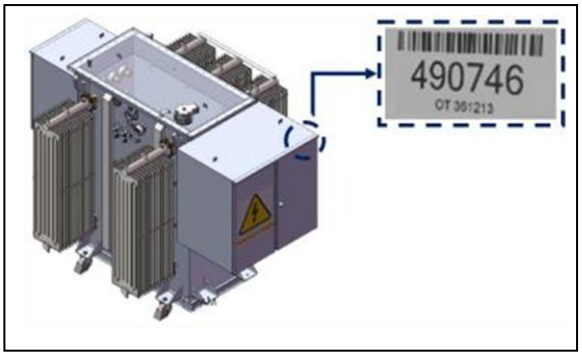
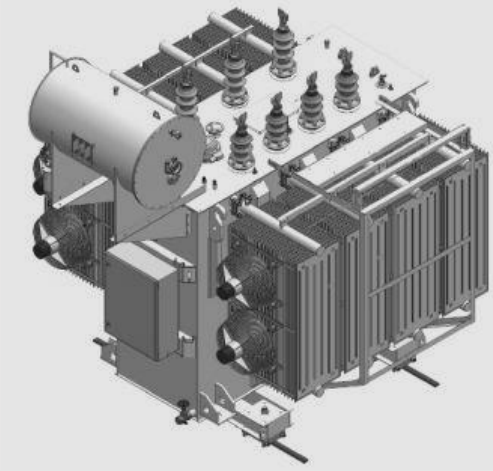


Figura 16: Adhesivo con el número de serie

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

Tenga en cuenta el peso del producto 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 producto utilizando las orejas de levante o la base del embalaje.

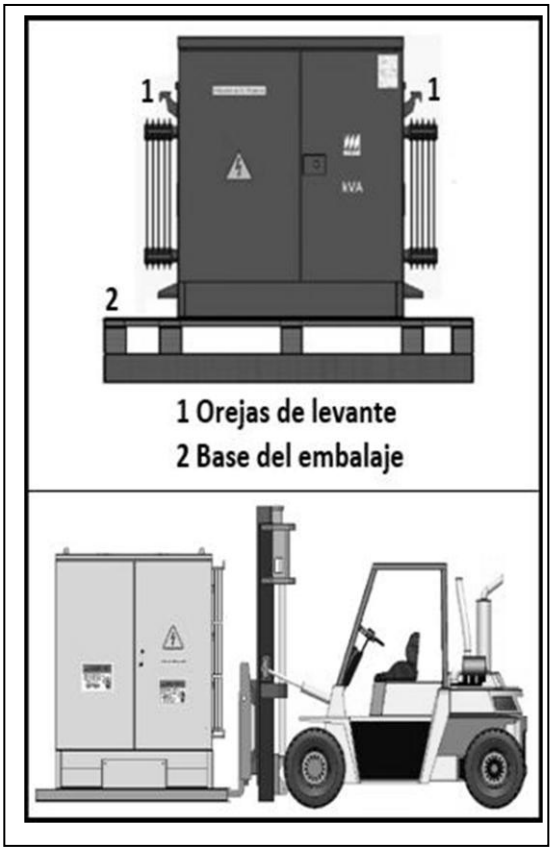


Figura 17: Partes para levantar el producto.

Al elevar el producto de las orejas de levante, asegúrese de no rozar o tocar cualquier componente (accesorios, gabinete, etc.) con las eslingas o estrobos.

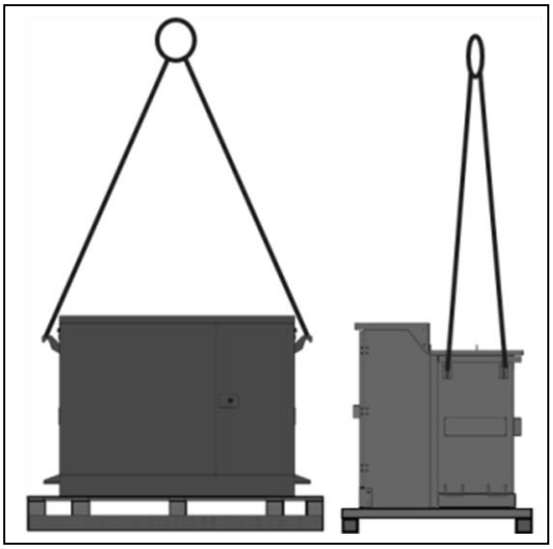


Figura 18: Elevación del producto desde las orejas de levante

7.1 Distribución da la carga:

7.1.1 Productos sin huacal

Debido a su tamaño, las cajas de maniobra y los transformadores tipo pedestal, se deben cargar en la parte central del camión, con esto, se garantiza que la carga queda balanceada.

Estos productos se aseguran al camión sujetándolos con eslingas entre las orejas de levante y la carrocería del mismo.

Las cajas de conexiones, al ser más pequeñas, se pueden distribuir dentro del camión para optimizar la carga.

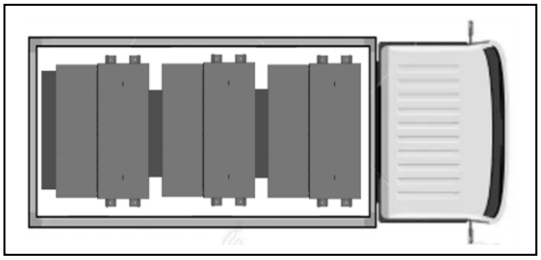


Figura 19: Cargue y uso de cuñas

Figura 20: Ejemplo para asegurar el producto con eslingas

La base del producto 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 del producto cuando el transporte está en movimiento.

Cuando se cargan pocas unidades debido al tamaño del producto, tenga en cuenta lo siguiente:

- La carga se debe colocar centrada en la plataforma del camión o contenedor.
- Si el producto tiene radiadores, cárguelos intercalados en el camión o contenedor, esto asegura que la carga queda balanceada.
- Cuando la base del producto y el piso del camión son metálicos, se deben ubicar tablas de madera entre ellos para evitar desplazamientos.

  Además, si la base del producto es metálica, también se debe amarrar a la carrocería del camión.

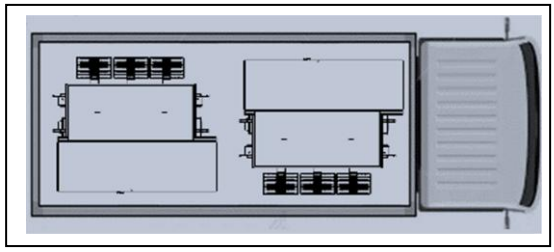


Figura 21: Radiadores intercalados para balancear la carga

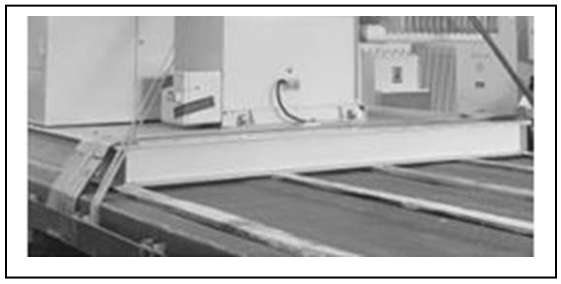


Figura 22: Tablas de madera entre la base metálica del producto y el piso metálico del camión

7.1.2 Productos con huacal

Estos productos se cargan y transportan siguiendo las mismas consideraciones de los productos sin huacal. Sin embargo, se hacen las siguientes observaciones:

- El embalaje (base y huacal) del producto hace las veces de separador, cuando quedan espacios entre ellos, se deben fijar cuñas de madera entre estas y el piso.

- Solo las cajas de conexiones y los transformadores tipo pedestal monofásicos se pueden cargar hasta en dos niveles, siempre y cuando el peso de la carga ubicada en el segundo nivel no supere los 400 kg.

  Adicional, cada conjunto se debe amarrar entre sí para formar una unidad sólida y entre ellos a las paredes del camión o contenedor (figura 19).

- El amarre de la carga a la carrocería del camión o contenedor se puede hacer de varias formas:

  - Pasando la eslinga por encima del huacal.

  - Pasando la eslinga por encima de la tapa y del gabinete del producto.

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

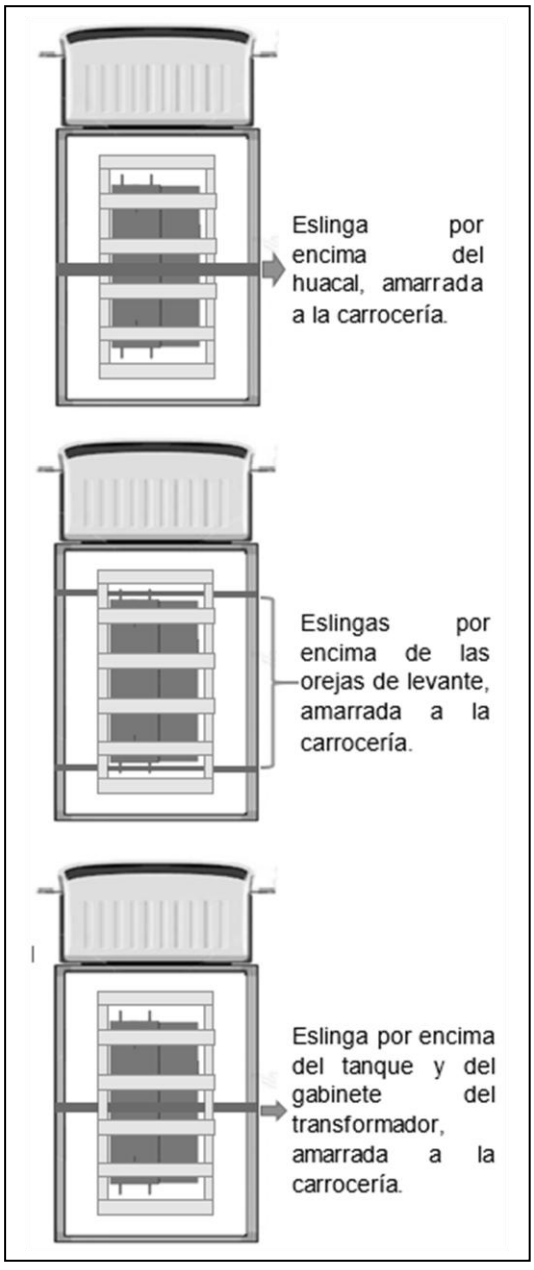


Figura 23: Formas de amarrar la carga enhuacalada al camión o contenedor

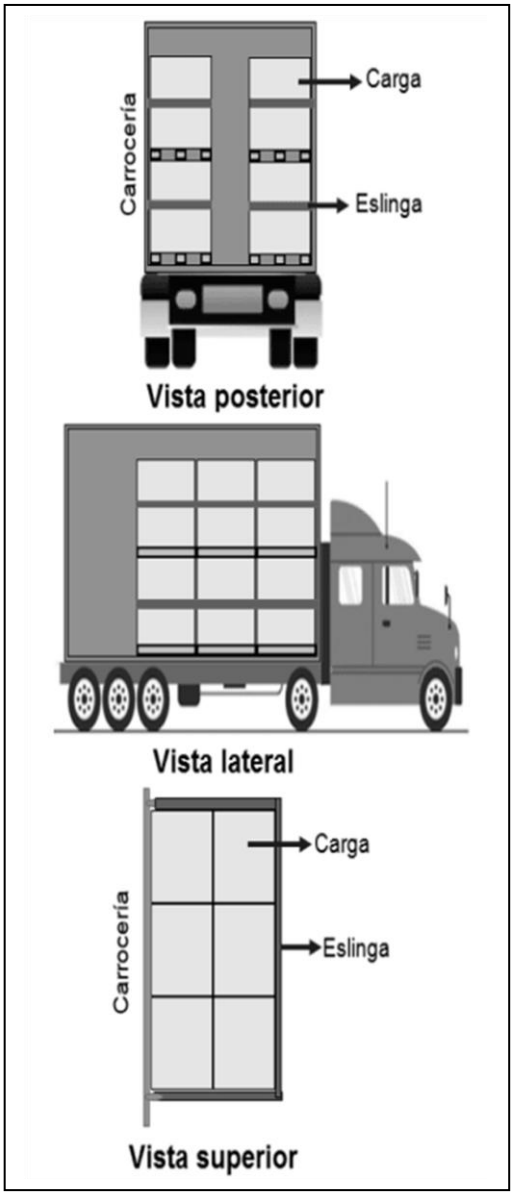


Figura 24: Forma correcta de cargar y amarrar el producto enhuacalado

7.1.3 Cargue camiones descapotados

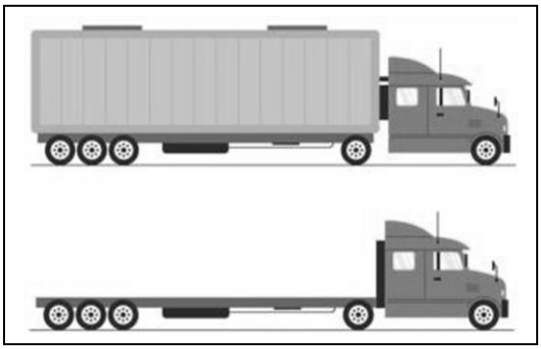


Figura 25: Camión normal y descapotado

Este tipo de carga se hace por solicitud del cliente o por las dimensiones del producto a transportar.

La carga en este tipo de camiones presenta varias ventajas:

- Al no tener la carpa, el envarillado y los laterales, se hace mejor uso del área total disponible de la plancha.
- Aplica para el producto con o sin huacal.
- La carga puede sobresalir +/- 15 cm a los costados de la plancha.

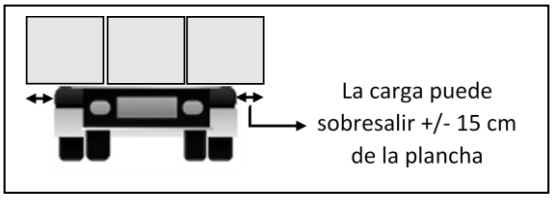


Figura 26: Tolerancia de la carga a los costados de la plancha

- Se incrementa el número total de productos en la carga.

- El cargue y descargue se hace por los costados del camión, disminuyendo el tiempo de estas operaciones.

- Al cargar productos enhuacalados (pedestales monofásicos y cajas de conexiones), se pueden apilar hasta en dos niveles, siempre y cuando el peso del producto del segundo nivel no supere los 400 kg.

Precaución: Para 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.

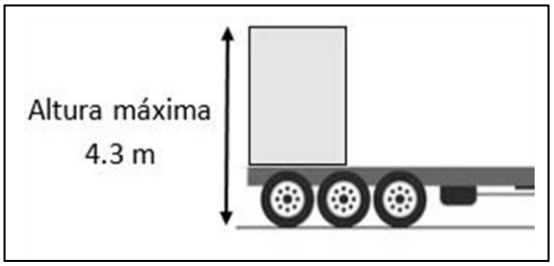


Figura 27: Altura máxima de la carga

➢ **Pasos para el cargue**

- La carga se debe hacer desde la parte frontal de la plancha (cerca de la cabina) hasta la parte posterior de la misma.

- Con la ayuda de los medios mecánicos adecuados (montacargas, grúa, etc.) cargue el primer producto, debe quedar centrado en la plataforma del camión.

- Repita el numeral anterior hasta completar la carga total del camión.

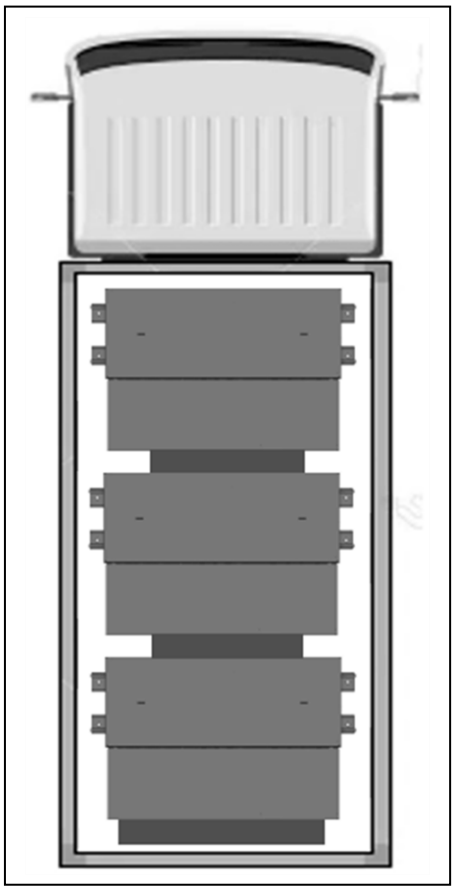


Figura 28: Cargue total del camión

- Todos los productos cargados se deben amarrar con eslingas a la carrocería del camión.

- Para evitar el desplazamiento de la carga durante el transporte, asegure con una eslinga el último producto cargado.

Figura 29: Amarre última fila cargada

Precauciones: Todas las filas se deben asegurar con eslingas, deben quedar bien tensionadas.

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

7.1.4 Unidad de cargue 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 30: Cargue contenedor sin techo

7.1.5 Descargue

Precauciones: Algunos productos cuentan con aditamentos para elevar la tapa, NUNCA los utilice para levantar el producto.

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

El descargue del producto corre por cuenta del cliente, salvo que se especifique algo diferente en el

contrato. Sin embargo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si tiene dudas con el peso bruto del producto, los elementos de elevación a utilizar, el método para descargar el producto o cualquier otra actividad, absténgase de maniobrar y comuníquese con MAGNETRON S.A.S.

- 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 producto.

- Eleve el producto solo por las orejas de levante o la base del embalaje.

- El personal que hace parte del descargue debe permanecer alejado del producto cuando este es elevado.

- El producto cargado en camiones descapotados se debe descargar en forma inversa al cargue.

- En contenedores o camiones con la carrocería instalada, los productos 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 pásela alrededor de la base del embalaje del producto.

    - Hale el producto hasta ponerlo al alcance del medio mecánico utilizado.

    - Descargue el producto.

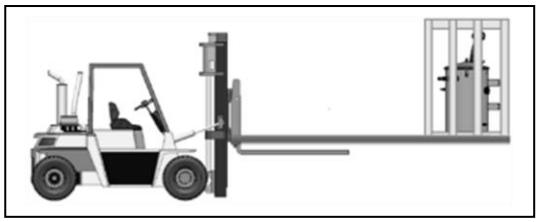
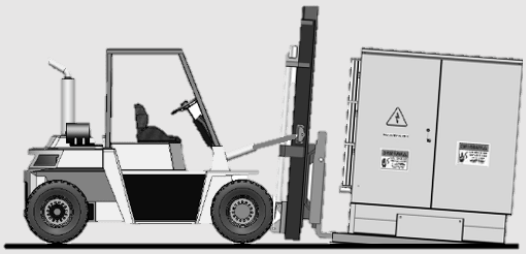


Figura 31: Forma adecuada de jalar el producto en el descargue.

Precauciones: El producto no debe moverse usando apoyo de arrastre o de amarre al tanque.



8. Recepción

Precaución: Antes de descargar el producto, debe inspeccionar visualmente del estado del mismo, cualquier anormalidad comuníquesela al transportador y deje registro de la misma.

Los productos cubiertos en este manual son probados en fábrica de acuerdo a normas, se entregan completamente ensamblados y listos para su instalación, 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 32: Sello de seguridad tapa-tanque

- 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 33: Sello de seguridad en partes removibles

- Revise el estado de los bujes tipo pozo, los bujes tipo inserto y los aisladores de baja tensión, no deben estar sueltos ni presentar daño.

- Revise el estado del tanque, no debe presentar golpes, grietas o daños en su pintura.

- Verifique el estado de los demás accesorios que hacen parte del producto (válvula de sobrepresión, pararrayos, conmutador, seccionador, etc.).

- Verifique que no se presenten fugas de líquido aislante.

- Inspeccione la base (madera o metálica) no debe presentar daño.

- Revise que las características del producto corresponden con lo solicitado (potencia, fases, voltajes, número de serie, etc.).

- En caso de encontrar daños en el producto, en lo posible, deje registro fotográfico de los hallazgos.

- Informe al transportador las anomalías encontradas.

- Comuníquese con MAGNETRON S.A.S. y notifique lo sucedido, suministrando la información completa del producto.

- Con el producto, si los lleva, deben llegar las ruedas orientables, los codos y la llave del gabinete.

Figura 34: Ruedas orientables

- Tenga presente lo establecido en el numeral 7 “**Transporte”** antes de descargar el producto.

9. Almacenamiento

Precaución: Conserve el producto 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 producto, la válvula de sobrepresión NO DEBE ser accionada por ningún motivo.

Si el producto no requiere instalación inmediata, 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 o el huacal, ocasionando con ello, daño o deterioro del producto.

- No lo almacene en lugares donde haya presencia de humedad, lodos, gases corrosivos o atmósferas explosivas.

- El almacenamiento del producto depende de su tamaño y de su embalaje, si el producto va enhuacalado y pesa 400 kg o menos, se pueden colocar a dos niveles (uno encima del otro) como máximo.

  Nota: Si el almacenamiento se hace a la intemperie, no se pueden colocar a dos niveles (uno encima del otro).

- El producto con un peso mayor a 400 kg se deben almacenar por unidades.

- No almacene el producto a dos niveles (uno encima del otro) cuando el almacenamiento es superior a seis (6) meses.

- Cuando el almacenamiento se prolonga por más de seis (6) meses, se debe inspeccionar periódicamente el estado de la base o el huacal.

10. Accesorios básicos

Los accesorios descritos en este numeral, obedecen a los accesorios básicos que hacen parte del transformador tipo pedestal, de las cajas de maniobra y de las cajas de conexiones; sin embargo, se hace referencia a algunos accesorios de protección o de control.

También, es de aclarar, existen muchas referencias por cada tipo de accesorio, solo se hace referencia al accesorio como tal.

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

10.1 Buje pozo

Se trata de un elemento con una cavidad para insertar otro componente, por ejemplo, el buje inserto.

Su función es servir como interfaz entre la parte activa del transformador y los accesorios con los cuales se hará la conexión al sistema.

El buje pozo va instalado en el producto.

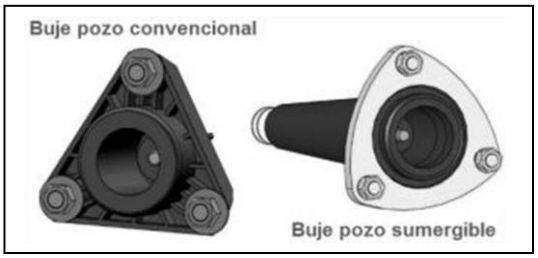


Figura 35: Buje pozo

10.2 Buje inserto

Este conector se instala dentro del buje pozo y se acopla con terminales tipo codo o con otros accesorios.

El buje inserto permite obtener una conexión completamente aislada para operación bajo carga, además, su forma constructiva lo hace fácil de instalar y reemplazar en el campo.

El buje inserto viene sencillo y doble.

Figura 36: Buje inserto

➢ **Instalación buje inserto**

- Retire la cubierta protectora del buje inserto y la del buje pozo.
- Con un paño limpio y seco, retire toda impureza del buje inserto y del buje pozo.
- Aplique uniformemente el lubricante de silicona (incluido) en el buje inserto y en la cavidad del buje pozo.
- Ubique el buje inserto en el buje pozo y ajústelo utilizando uno de los siguientes métodos:
  - ✓ Si se instala utilizando una herramienta de torsión, ajústelo a 15 lb-ft.
  - ✓ Si no se usa una herramienta de torsión, gire el inserto manualmente en el sentido de las manecillas del reloj, hágalo hasta que el inserto toque el fondo del buje pozo (más o menos 7 a 7-1/2 vueltas).
- Coloque de nuevo la cubierta protectora del buje inserto.

El buje inserto doble, facilita la conexión del codo que energiza el transformador y el pararrayos (DPS) que protege el transformador.

10.3 Buje integral

Este elemento resume el buje pozo y el inserto. Se utiliza para conectar los cables de MT a los terminales del devanado primario del transformador, por medio de los codos.

Están diseñados para operar sumergidos en aceite, se entrega instalado en el producto.

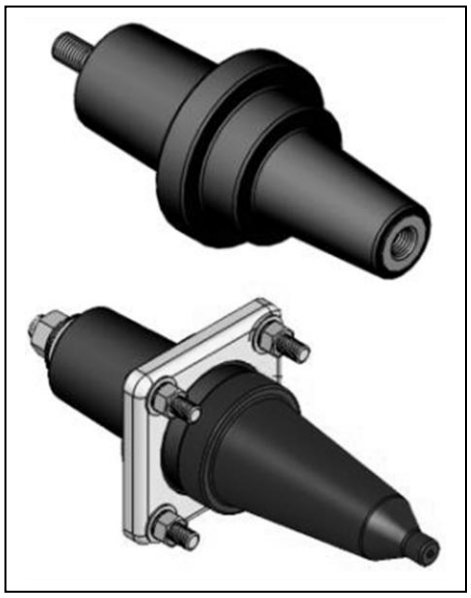


Figura 37: Buje integral

10.4 Conector tipo codo

El conector tipo codo es un conector de operación bajo carga para 15 kV, 25 kV o 35 kV y para 200 A y 600 A.

El conector tipo codo provee una interfaz entre cable seco de la línea de media tensión y el transformador para conectarlo y desconectarlo con la línea energizada utilizando la herramienta adecuada.

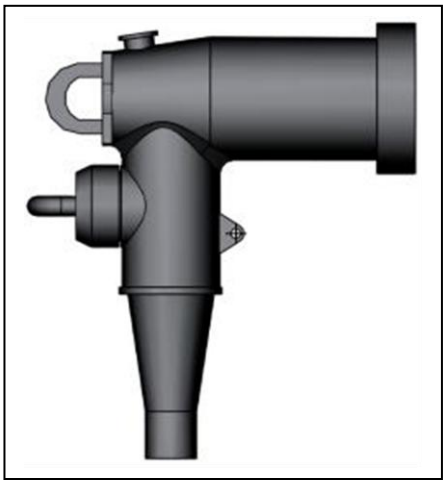


Figura 38: Conector tipo codo

➢ **Instalación conector tipo codo**

- Retire la cubierta protectora del buje inserto.
- Con un paño limpio y seco, retire toda impureza del buje inserto y del conector tipo codo.
- Aplique uniformemente el lubricante de silicona (incluido) en el buje inserto.
- Ubique el conector tipo codo en el buje inserto y presiónelo hasta que ingrese por completo en el buje inserto.

Nota: En el anexo A, se ilustra la conexión del cable seco al codo.

10.5 Buje de parqueo

Permite aislar eléctrica y mecánicamente un conductor de media tensión empalmado en un codo e instalarlo de manera temporal o permanente sobre él.
El buje de parqueo se utiliza especialmente, cuando se realizan trabajos de instalación o mantenimiento.

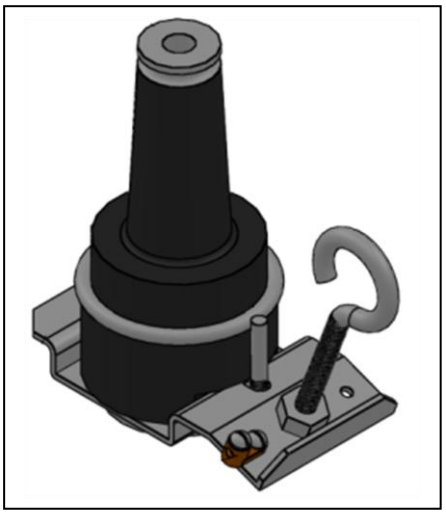


Figura 39: Buje de parqueo

10.6 Adaptador de pantalla

Se utiliza para realizar de una manera fácil y segura el aterrizaje en instalaciones subterráneas de media tensión (cable seco).

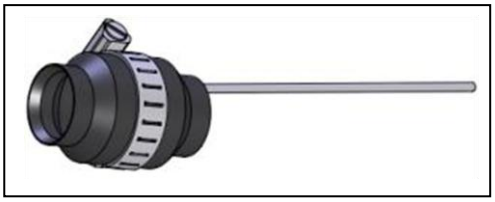


Figura 40: Adaptador de pantalla

10.7 Loadbreak junction (caja de conexiones)

Las uniones de apertura con carga se utilizan en aparatos montados en pedestal, bóvedas subterráneas y otros aparatos para seccionar, establecer lazos, derivaciones o empalmes, y para facilitar los cambios de aparatos.

Seccionar un tendido de cable para encontrar y aislar una falla en el

cable es más fácil cuando se usa una unión de apertura con carga.

Figura 41: Loadbreak junction

10.8 Conjunto BAY-O-NET fusible

Este fusible protege de sobrecargas, fallas secundarias y temperaturas potencialmente altas dependiendo del fusible seleccionado.

Están diseñados para permitir que el fusible sea fácilmente reemplazable en el campo sin tener que acceder al compartimento de aceite principal.

El fusible está alojado en una BAY-O-NET (porta fusible), montado en el frente del transformador e inmerso en líquido aislante.

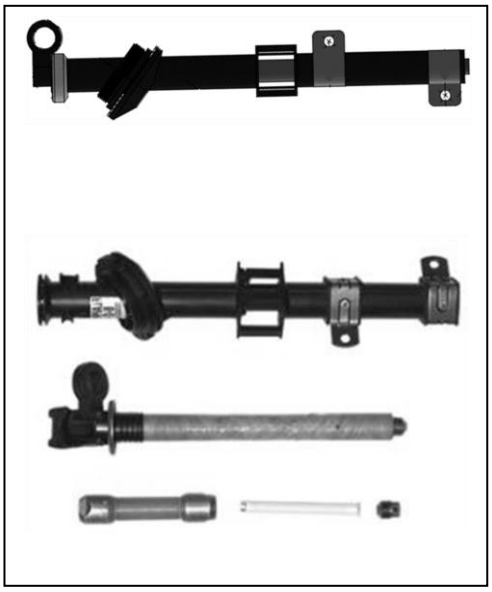


Figura 42: Conjunto BAY-O-NET Fusible

10.9 Fusible limitador de corriente o de respaldo (ELSP)

El fusible ELSP se utiliza en transformadores para proteger y aislar equipos defectuosos. Cuando se conecta en serie con un dispositivo de protección primaria de baja corriente, el fusible se convierte en un elemento de un sistema de protección de dos partes que brinda una gama completa de protección contra fallas.

Este sistema de dos partes brinda protección contra corriente baja con el fusible de expulsión reemplazable y agrega la protección de limitación de energía de un interruptor de limitación de corriente.

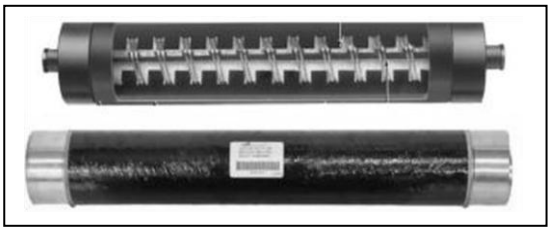


Figura 43: Fusible limitador de corriente (ELSP)

10.10 Enlace de aislamiento LINK

Este elemento brinda protección adicional durante las operaciones de rechazo y conmutación cuando se usa en serie con un fusible tipo Bay-O-Net.

Los enlaces de aislamiento no son fusibles y no tienen clasificación de interrupción.

Durante una falla, el enlace de aislamiento se derretirá de modo que el circuito primario abierto de un transformador con falla no pueda ser reenergizado.

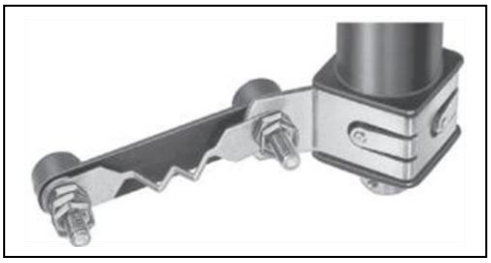


Figura 44: Enlace de aislamiento montado en un conjunto de fusible BAY-O-NET

10.11 Seccionador

Es un interruptor giratorio inmerso en líquido aislante, se opera uniendo una herramienta para línea viva a la argolla externa y girándola a la posición deseada.

Se utilizan de dos o cuatro posiciones de acuerdo a las características del producto.

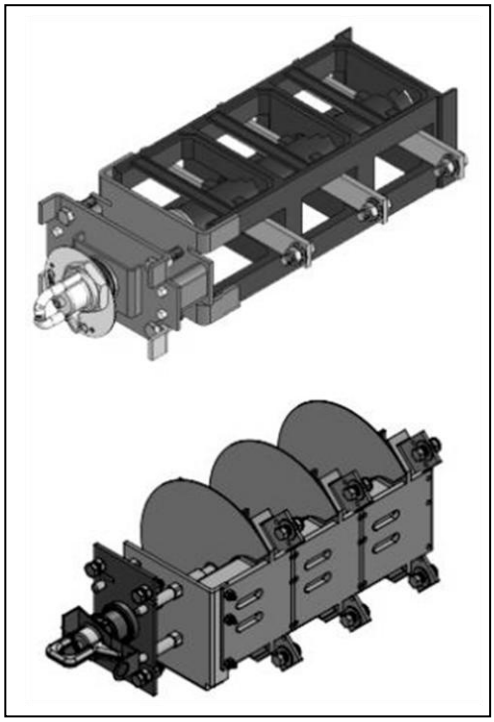


Figura 45: Seccionadores de 2 y 4 posiciones

10.12 Conmutador de derivaciones

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

Los conmutadores realizan 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.

En este tipo de transformadores, se utilizan dos tipos de conmutadores:

- Circulares (3 cuerpos)
- Lineales

10.12.1 Pasos para maniobrar el conmutador CIRCULAR

- Desconecte el transformador de la fuente de alimentación (MT).

- 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.

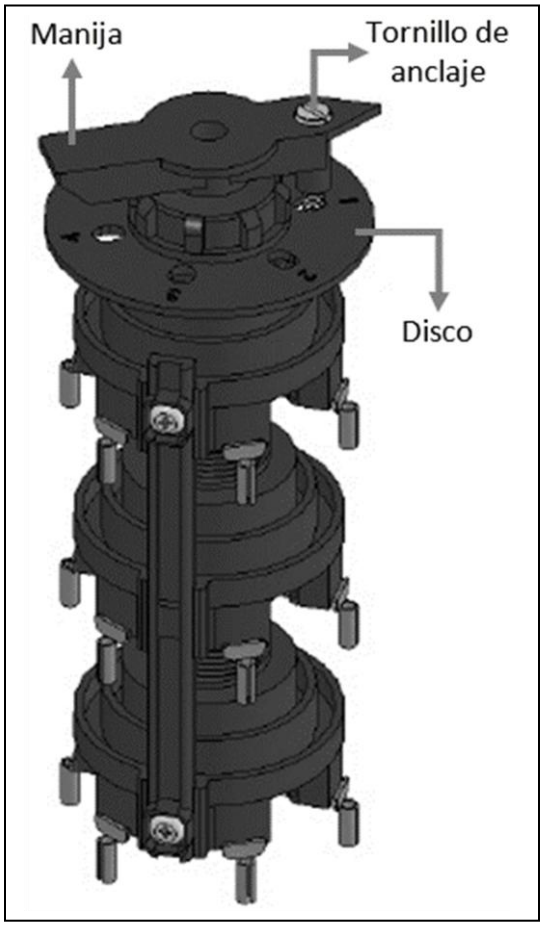


Figura 46: Conmutador CIRCULAR

10.12.2 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 47: Conmutador LINEAL

10.13 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 48: Ejemplo placa de características

10.14 Sistema de puesta a tierra

El producto está provisto de dos tornillos con sus respectivos accesorios o platinas de cobre 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.

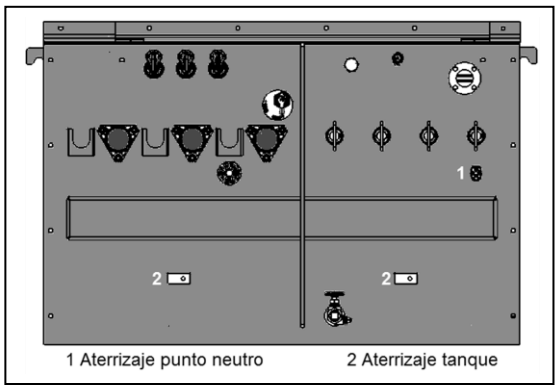


Figura 49: Puntos de aterrizaje

10.15 Orejas de levante

Dispositivos para levantar o izar el producto 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 y no para transportar.

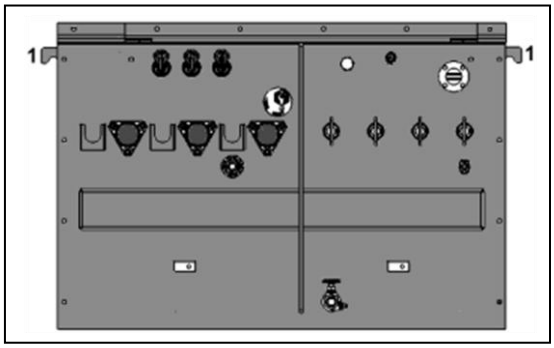


Figura 50: Orejas para levantar o izar

10.16 Indicación externa del nivel del líquido aislante

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

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 producto 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 producto.

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.

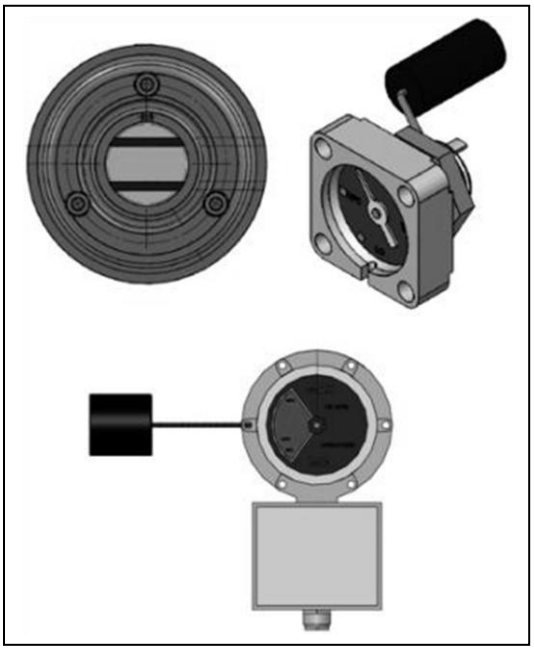


Figura 51: Indicadores del nivel del líquido aislante

10.17 Indicador de temperatura (termómetro)

Es un instrumento que mide la temperatura del líquido en grados centígrados e incluye un indicador reiniciable 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 52: Indicador de temperatura

10.18 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.

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

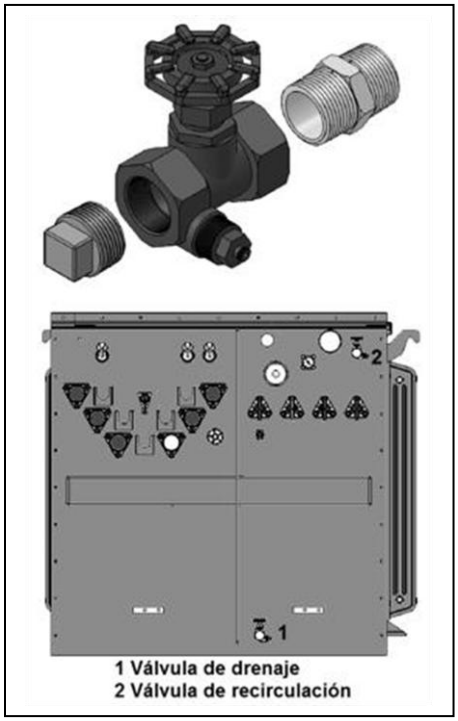


Figura 53: Válvula de drenaje

10.20 Dispositivos izaje tapa

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

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

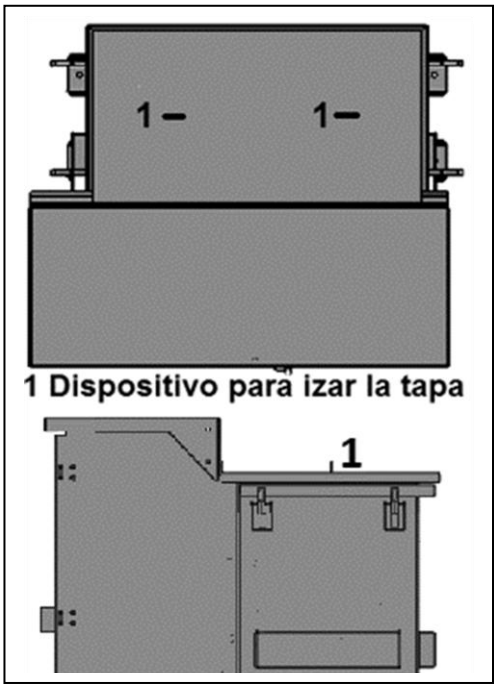


Figura 54: Dispositivos para izaje de la tapa

11. Marcación terminales

La marcación de los terminales de MT y BT en este tipo de productos, depende de la norma (NTC o ANSI).

Las marcaciones en los terminales de MT se realizan con letras MAYÚSCULAS y para los terminales de BT se realizan con letras MINÚSCULAS.

La marcación presenta algunas variaciones de acuerdo a la distribución de los terminales y la adición de accesorios especiales (pararrayos, etc.); a continuación, se ilustran algunas marcaciones.

11.1 Marcación norma NTC

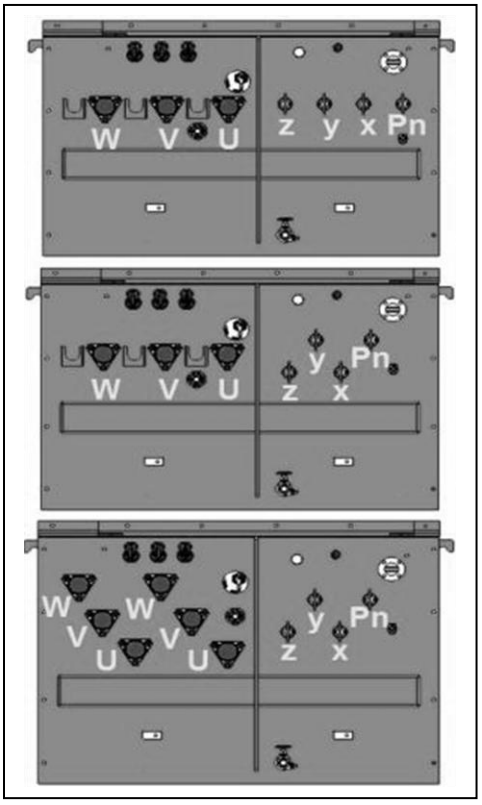


Figura 55: Ejemplos de marcación NTC en pedestales radiales trifásicas

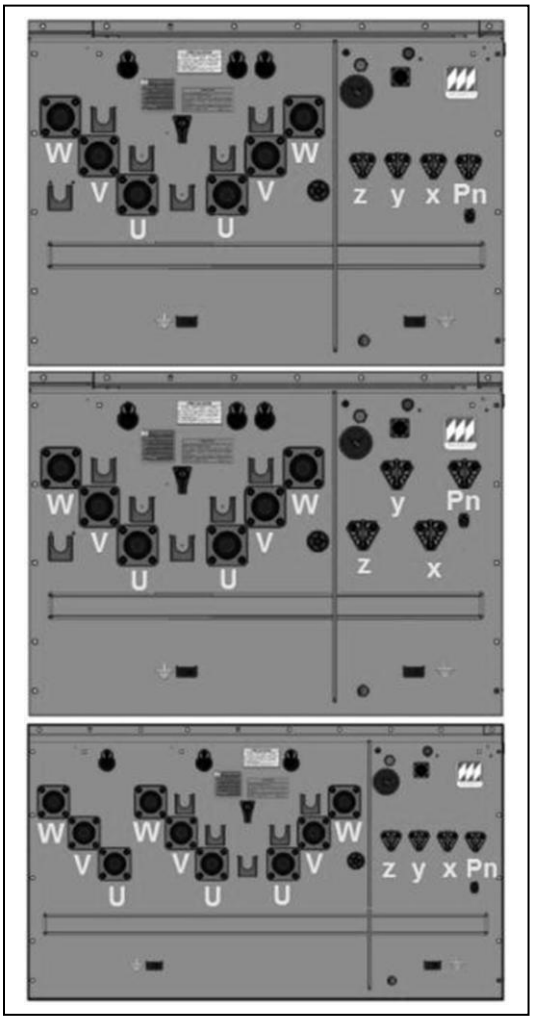


Figura 56: Ejemplos de marcación NTC en pedestales mallas trifásicas

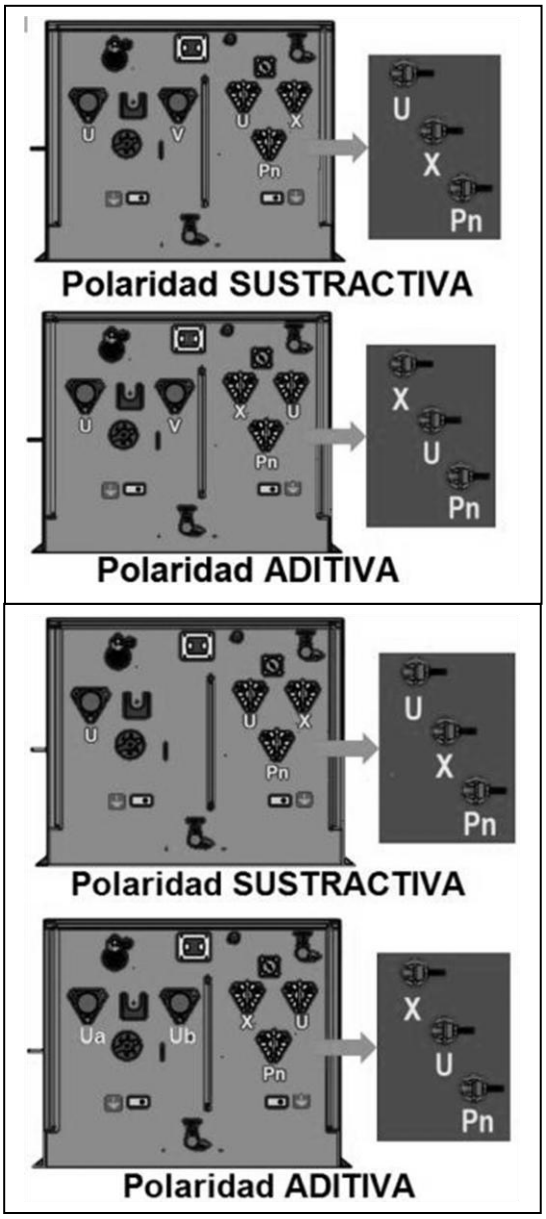


Figura 57: Ejemplos de marcación NTC en pedestales Monofásicas

11.2 Marcación norma ANSI

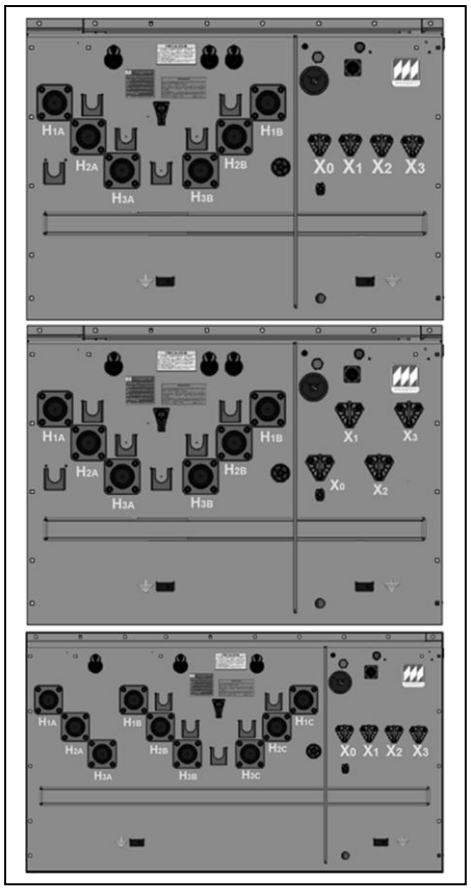


Figura 58: Ejemplos de marcación ANSI en pedestales MALLAS trifásicas

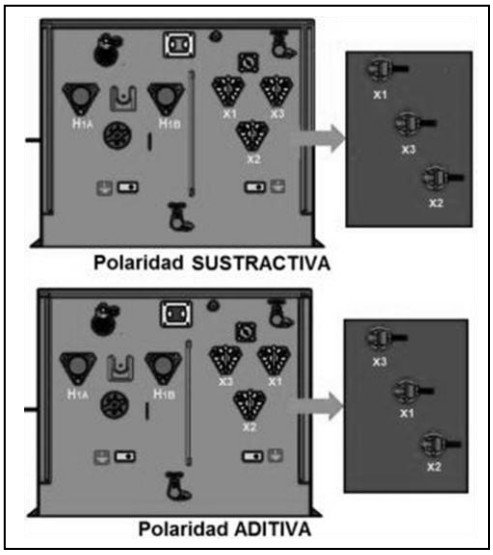


Figura 59: Ejemplos de marcación ANSI en pedestales Monofásicas

11.3 Cajas de maniobra

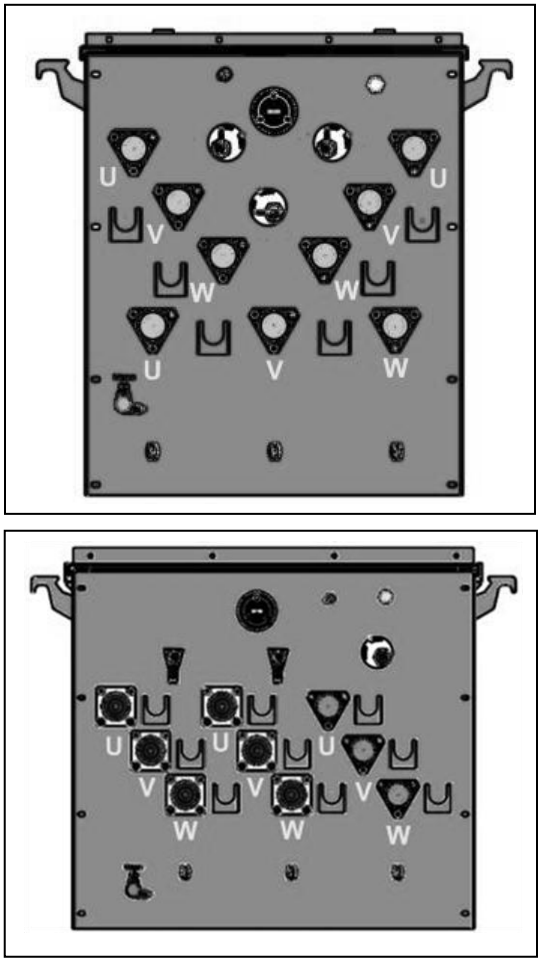


Figura 60: Ejemplo de marcación NTC para cajas de maniobra

11.4 Cajas de conexiones

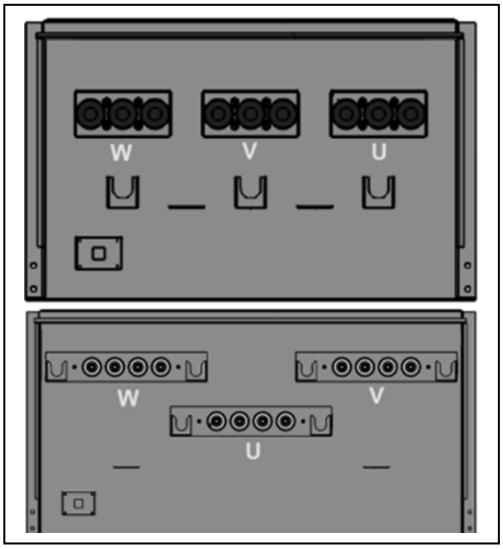


Figura 61: Ejemplo de marcación NTC para cajas de conexiones

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

- Grupo de conexión
- Índice horario

11.5 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 30º.

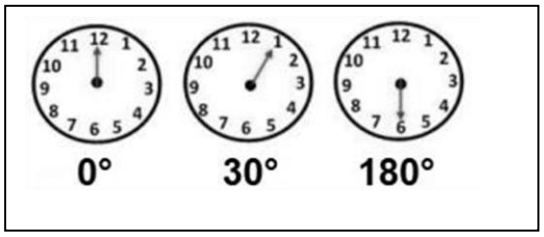


Figura 62: Ejemplos índice horario

11.6 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°).
- 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°)

12. Revisión y pruebas antes de la instalación

12.1 Revisión

Antes de instalar el producto, verifique lo siguiente:

- Remueva todo rastro de suciedad y materiales extraños de los terminales de media y baja tensión.
- Limpie el tanque del producto.
- Revise que los accesorios estén en buen estado y debidamente ajustados.
- Verifique que no se presenten fugas de líquido aislante.
- Compruebe que el nivel del líquido aislante está en el punto correcto, hágalo revisando el indicador de nivel externo (si lo tiene).
- Asegúrese que el producto 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 producto.
- Verifique que el conmutador este bien anclado y en la posición de voltaje requerido.
- Cerciórese que el punto neutro de baja tensión está correctamente aterrizado al tanque.

12.2 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:

12.2.1 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 63: TTR análogo o de manivela

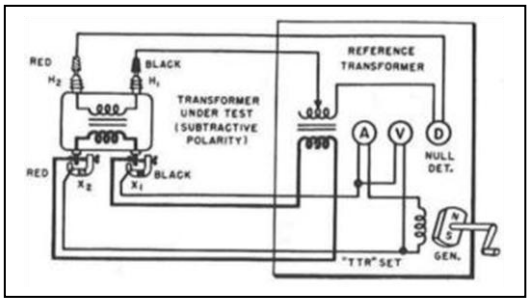


Figura 64: Conexión TTR al transformador bajo prueba

- **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 65: 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	Ii0 - Ii6	$RT = \frac{\text{Voltaje AT}}{\text{Voltaje BT}}$
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 66: Fórmulas para calcular la relación de transformación

12.2.2 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 la media tensión, conecte el medidor entre cada par de terminales de media tensión (U-V, U-W y V-W o H1-H2, H1-H3 y H2-H3 y en monofásicos U-V o H1-H2).

  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 baja tensión (x-y, x-z, y-z o x1-x2, x1-x3, x2-x3 y en monofásicos u-x o x1-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%.

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.
- Al medir el devanado de MT, el medidor no registra un valor de medición.
- Al medir el devanado de BT, el medidor no da continuidad.

EJEMPLO

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	61,0	30,4	30,6
2	60,6	30,1	30,2
3	59,6	29,6	29,7
4	59,0	29,3	29,4
5	58,2	29,0	29,2

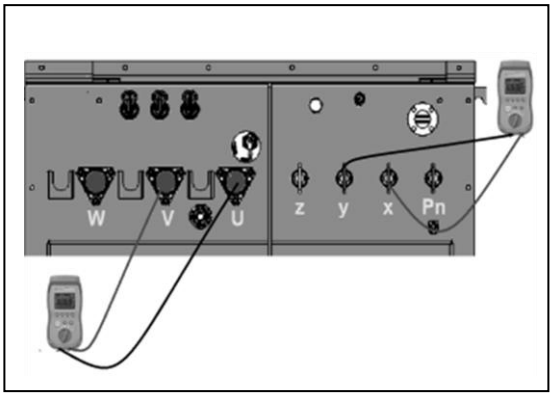


Figura 67: Medición continuidad en MT y BT

12.2.3 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 media tensión (U-V-W o H1-H2-H3 o U-V o H1-H2).

  - Cortocircuite los terminales de baja tensión (Pn-x-y-z o x0-x1-x2-x3 o Pn-u-x – x2-x1-x3).

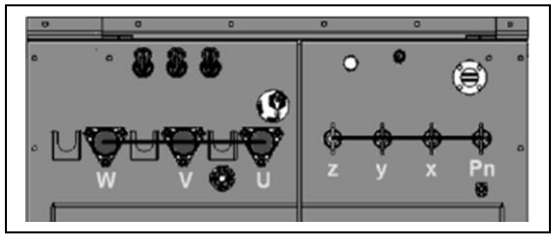


Figura 68: Cortocircuito terminales de MT y BT

- 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 20ºC del aislamiento medido en 1 min.
C = Constante para medidas a 20ºC
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 producto, comuníquese con MAGNETRON S.A.S.

12.2.4 Pruebas al líquido aislante

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

- 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 producto puede ser energizado.

Las pruebas mínimas requeridas son:

12.2.4.1 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.

12.2.4.2 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.

12.2.4.3 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.

12.2.4.4 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.

12.2.4.5 Otras pruebas

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

- Tensión interfacial
- Gravedad específica
- Número de neutralización
- Factor de potencia
- 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.

12.2.4.6 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	≤ 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	≤ 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.

12.2.5 Aclaraciones

Las pruebas mencionadas anteriormente, se ejecutan dependiendo del tipo de producto:

- **Transformadores tipo pedestal**
  - Aplican todas las pruebas.
- **Cajas de maniobra**
  - Prueba de continuidad,
  - Resistencia de los aislamientos,
  - Pruebas al líquido aislante.
- **Cajas de conexiones**
  - Prueba de continuidad,
  - Resistencia de los aislamientos.

13. Instalación y puesta en servicio

Precaución: Para Colombia, la instalación del producto 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 producto 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 producto 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 producto.

- El producto debe estar montado en una plataforma lisa y nivelada (pedestal), lo suficientemente fuerte para soportar el peso del producto.

- La unidad no debe estar inclinada en ninguna dirección a más de 1.5 grados, una inclinación mayor causará deviaciones en el nivel de líquido aislante cerca de los fusibles, dispositivo de alivio u otros accesorios ubicados cerca del nivel del líquido.

Precaución: Inclinaciones por fuera del límite especificado, hace que partes energizadas queden por fuera del nivel del líquido aislante, ocasionando salto entre partes vivas o daño del producto.

- El producto debe quedar instalado en un lugar con área suficiente que permita la apertura de las puertas del gabinete del producto, las cuales deben alcanzar un ángulo mayor de 135°.

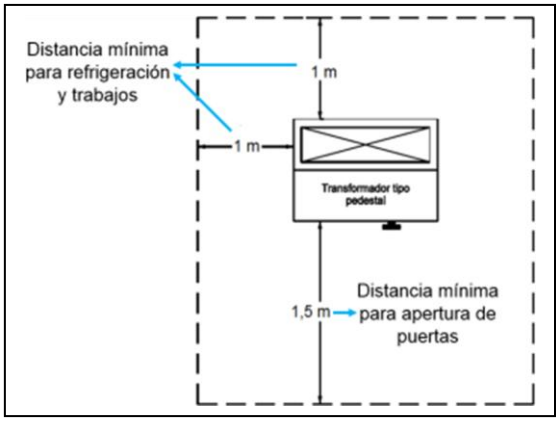


Figura 69: Distancias mínimas

- El producto se anclará sólidamente a la base o pedestal de concreto a través de los pernos instalados para tal fin. Los dispositivos de anclaje deben ser accesibles solamente desde el interior de los compartimentos.

- El producto no se puede instalar en lugares obligados de tránsito de las personas o en rutas peatonales obligadas.

- Si el producto queda cercano a zonas de tráfico vehicular se deben instalar barreras de contención.

- En el montaje del producto se deben garantizar unas distancias mínimas a edificaciones, muros, vías y árboles.

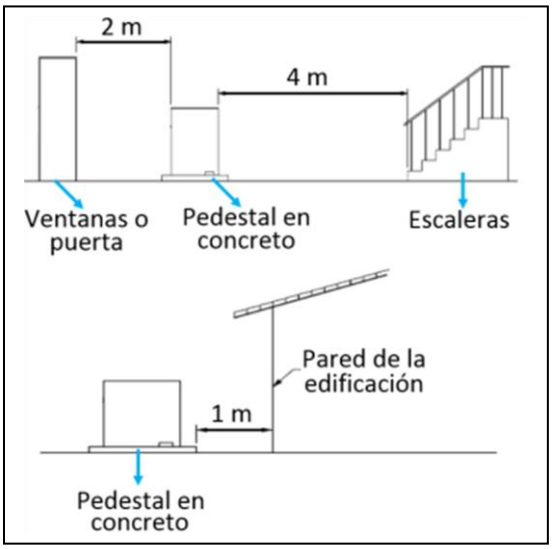


Figura 70: Distancias de seguridad

13.2 Sistema de puesta a tierra

Conecte sólidamente a tierra:

- El punto neutro de BT o MT,
- El tanque,
- Los cables de alimentación (cable seco),
- Los DPS,
- Los accesorios que lo requieran (bujes tipo inserto, codos, adaptadores de pantalla, etc.).

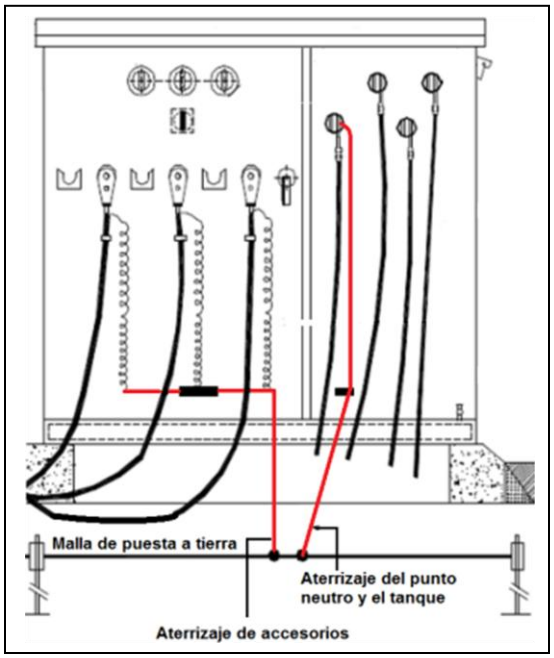


Figura 71: Puesta a tierra del punto neutro, del tanque y accesorios.

- El sistema de puesta a tierra tiene los siguientes objetivos:

  - Garantizar la seguridad a los seres vivos,

  - Proteger 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.
- Asegúrese que los cables de MT y BT queden rectos y no queden tensionados.

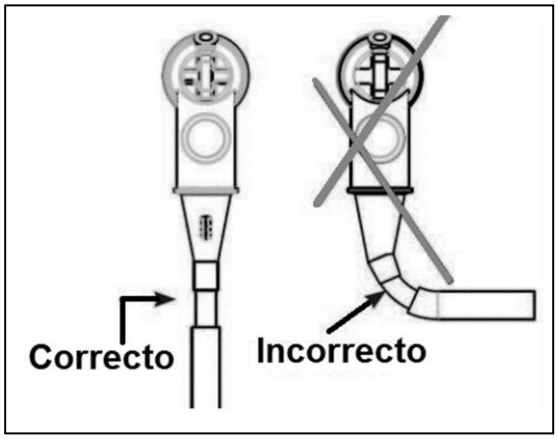


Figura 72: Configuración adecuada cables de BT y MT

Precaución: Limpie y aplique lubricante en silicona a los bujes tipo inserto antes de conectar los codos.

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 12 horas para transformadores con aceite mineral y mínimo 18 horas para

transformadores con aceite vegetal.

- En los transformadores provistos con seccionadores, déjelos de la siguiente manera:

- De dos (2) posiciones: en posición “abierto” (open).

- De cuatro posiciones: En la posición que deja fuera de servicio el transformador.

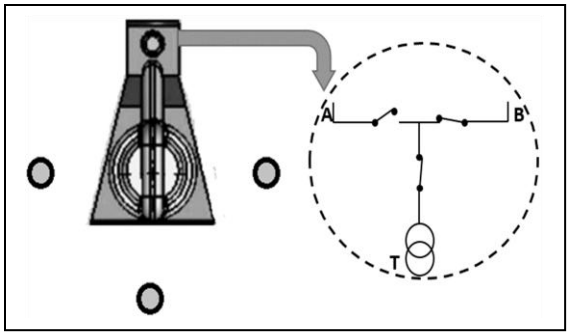


Figura 73: Transformador y anillo abierto-desenergizado

- Suba las protecciones de la línea de alimentación, para dar paso al voltaje que energizará el transformador.

- Revise que el voltaje de alimentación llegue a la entrada del transformador.

- Energice el transformador en vacío, para esto, con la ayuda de una pértica, accione el seccionador de tal modo que se realice una energización trifásica, evitando así la generación del fenómeno de ferroresonancia que es muy nocivo para el transformador:

- El de dos (2) posiciones debe quedar en posición “cerrado” (close).

- El de cuatro (4) posiciones debe quedar en la posición que mejor se ajuste a la necesidad (3 opciones).

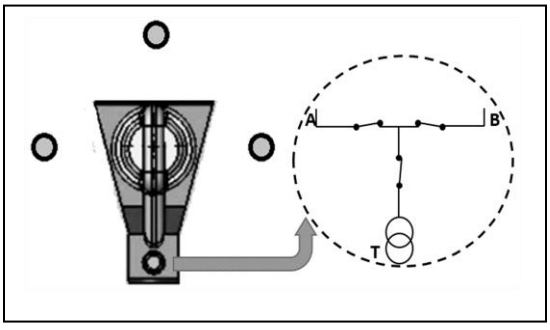


Figura 74: Transformador y anillo cerrado-energizado

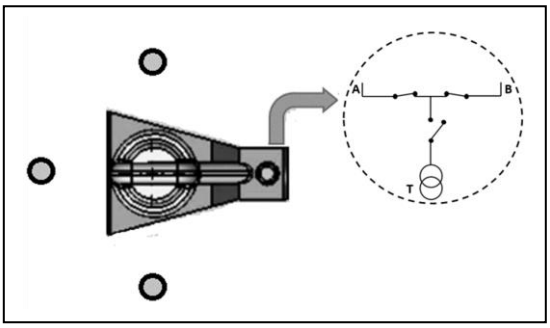


Figura 75: Transformador abierto-desenergizado y anillo cerrado-energizado

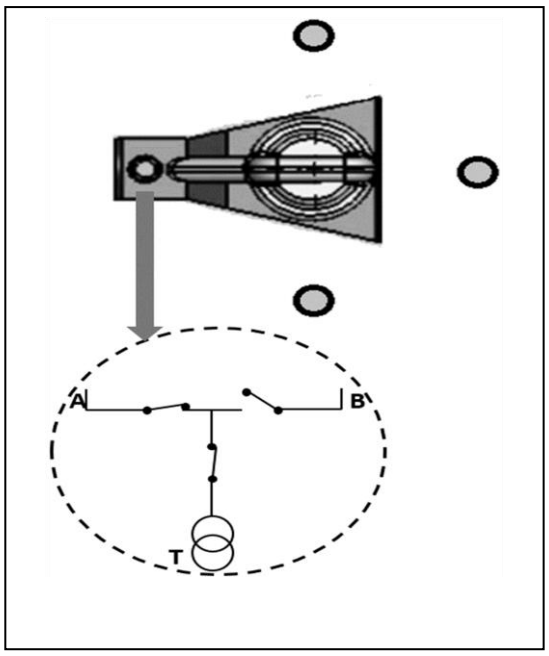


Figura 76: Transformador cerrado-energizado y anillo abierto-desenergizado

- Asegúrese que el producto 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 producto.
- 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 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 energizarlos (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.

Para mayor información, puede consultar las siguientes normas:

- C57.12.93, C.57.106 y 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
6	25
12	50
18	75
24	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 ¿Qué revisar?	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
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: Para intervenir el producto, desconecte las fuentes de tensión de MT y BT con el fin de dejarlo fuera de servicio.

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

Desconecte los terminales de BT, cortocircuítelos 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 producto es el responsable de inspeccionarlo, mantenerlo y conservarlo en buenas condiciones.

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

15.1 Mantenimiento preventivo

- Durante el periodo de garantía reporte todas las fallas o eventualidades a MAGNETRON S.A.S.
- Una vez al año, se debe inspeccionar el producto, verificando lo siguiente:
  - Estado y limpieza del tanque.
  - Estado y limpieza de los aisladores de BT.
  - Estado y limpieza de los bujes tipo pozo, bujes tipo inserto, codos, etc.
  - Estado y limpieza de los pararrayos (DPS).
  - Estado y limpieza de los empaques.
  - Estado y limpieza de la válvula de sobrepresión.
  - Ajuste de las conexiones.
  - Estado de la pintura.
  - Que no se presenten fugas del líquido aislante.
  - Funcionamiento y correcto enclavamiento del conmutador de derivaciones.
  - Estado y ajuste de los accesorios para conexiones a tierra.
  - Estado, limpieza y funcionamiento de los

demás accesorios de control o protección.

- Estado de las cajas de conexiones, verificando que no presenten señales de oxidación, presencia de agua o terminales sueltos o desajustados.

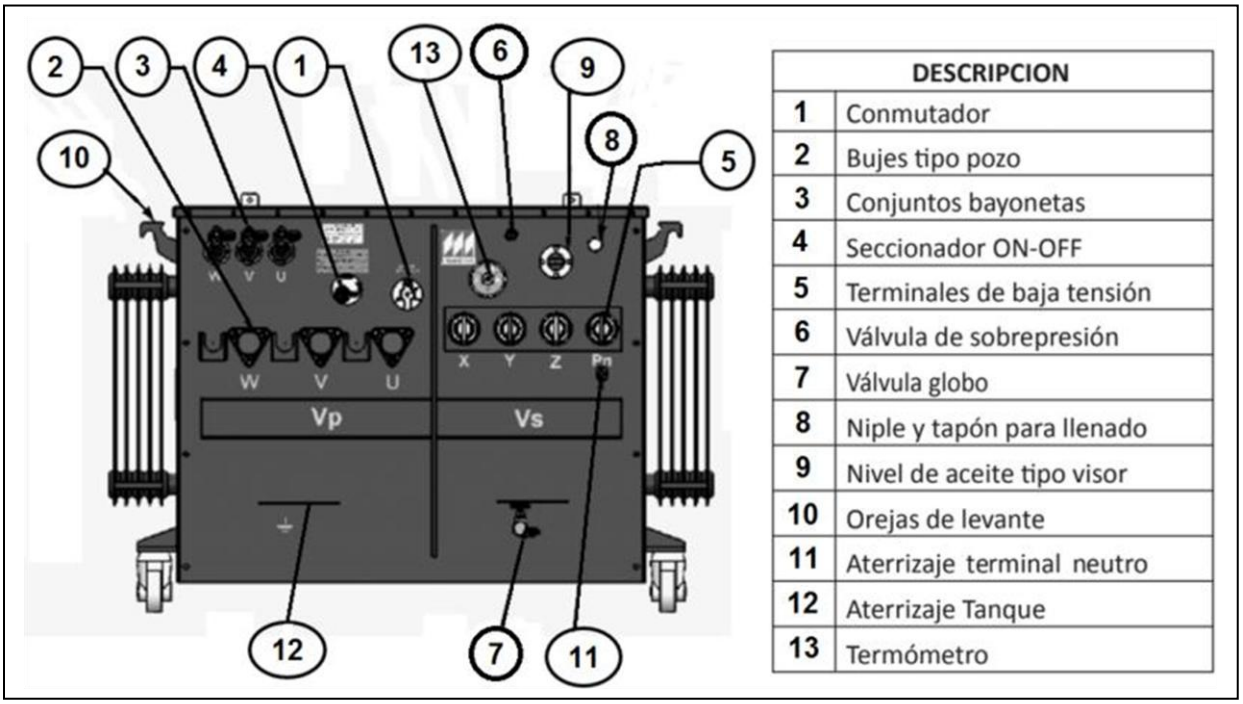
- Pruebas de rigidez dieléctrica y contenido de agua al líquido aislante.

- Realizar cromatografía de gases (análisis de gases disueltos - AGD) al líquido aislante.

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 producto.

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



	DESCRIPCION
1	Conmutador
2	Bujes tipo pozo
3	Conjuntos bayonetas
4	Seccionador ON-OFF
5	Terminales de baja tensión
6	Válvula de sobrepresión
7	Válvula globo
8	Niple y tapón para llenado
9	Nivel de aceite tipo visor
10	Orejas de levante
11	Aterrizaje terminal neutro
12	Aterrizaje Tanque
13	Termómetro

Figura 77: Partes externas del transformador

16. Reparación

- El propietario del producto 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 producto.

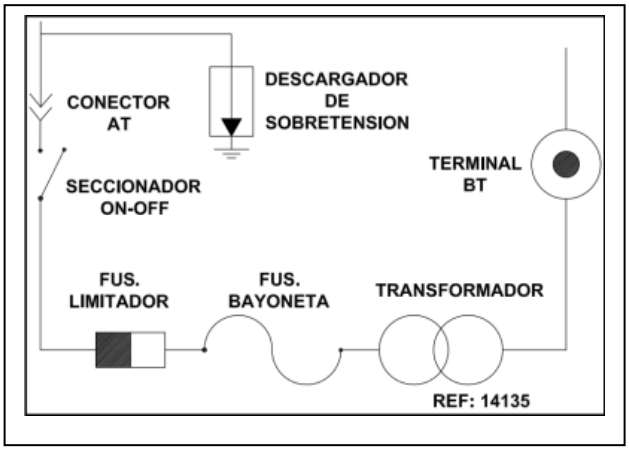
- Todas las reparaciones bajo garantía debe hacerlas MAGNETRON S.A.S. o un taller de servicio autorizado.

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

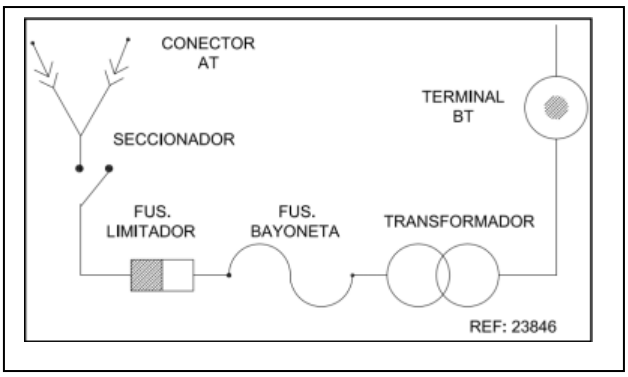
17. Diagramas unifilares

Los diagramas que se ilustran a continuación, son solo de referencia, estos pueden variar de acuerdo al tipo de producto y las protecciones utilizadas.

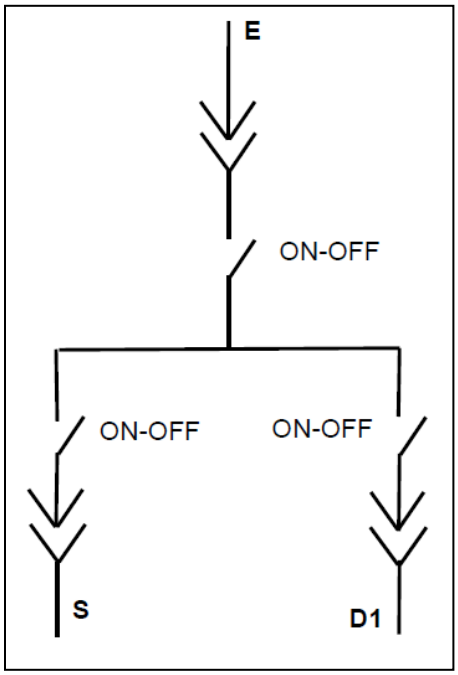
17.1 Transformador tipo pedestal radial



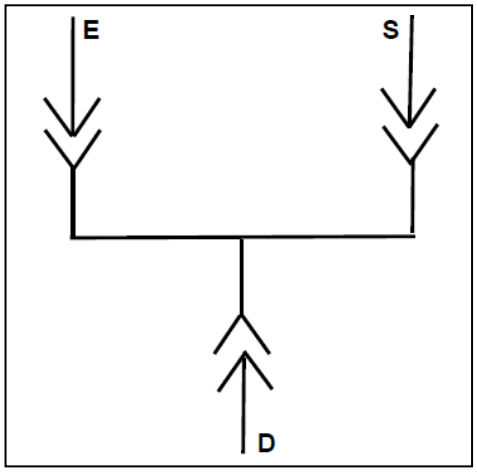
17.2 Transformador tipo pedestal malla o anillo



17.3 Caja de maniobra



17.4 Caja de conexiones



18. Problemas y posibles soluciones

- Recuerde cumplir a cabalidad los numerales de "R**evisión 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 **19 "Torque 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 / **¿Qué revisar?**	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
Conexión del transformador a la línea de AT	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		
Limpiar 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 / ¿Qué revisar?	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
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

19. Torques de ajuste

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

19.1 Tornillería en general

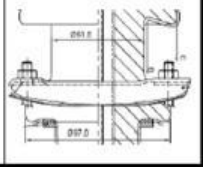
Torque (lbf * ft)						
Hierro				Acero inoxidable		
Diámetro	Grado 2	Grado 5	Grado 8	Diámetro	A304	A316
1/4	5,5	8	12	1/4	6	7
5/16	11	17	25	5/16	11	12
3/8	20	31	44	3/8	20	21
7/16	32	49	70	7/16	31	33
1/2	49	75	107	1/2	43	45
9/16	70	109	154	9/16	56	59
5/8	97	150	212	5/8	92	96
3/4	173	266	376	3/4	127	131
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).

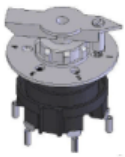
19.2 Ajuste tornillería Tapa-Tanque

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

19.3 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	

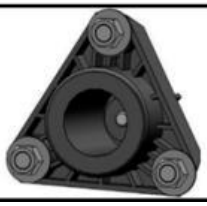
19.4 Conmutador de derivaciones

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

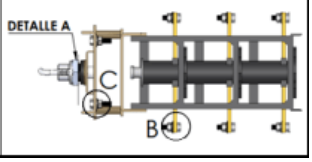
19.5 Válvulas de sobrepresión

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

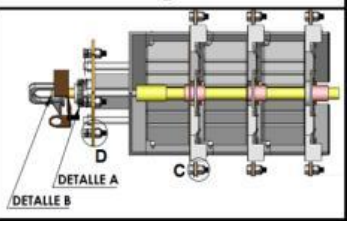
19.6 Buje pozo

Accesorio	Lbf.ft	Imagen
Buje pozo Sujeción al tanque Tornillo inoxidable 3/8"	7,5	

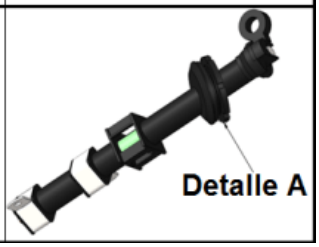
19.7 Seccionador ON-OFF tripolar 300 A

Accesorio	Lbf.ft	Imagen
Seccionador ON-OFF tripolar 300 A		
Detalle A – Tuerca	15	
Detalle B-C Fe 3/8"	20	

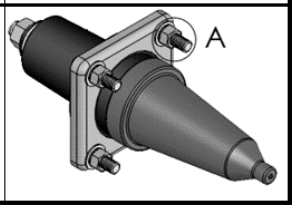
19.8 Seccionador tripolar 4P 200 A

Accesorio	Lbf.ft	Imagen
Detalle A - Tuerca	50	
Detalle B – Perno perilla de accionamiento	4	
Detalle C-D – Fe 3/8"	20	

19.9 Portafusible BAY-O-NET

Accesorio	Lbf.ft	Imagen
Detalle A - Tuerca	15 - 18	

19.10 Buje integral

Accesorio	Lbf.ft	Imagen
Detalle A - Inox 7/16"	4 - 8	

20. Medio ambiente

MAGNETRON S.A.S. es una empresa comprometida con el medio ambiente, por tal motivo, nuestros productos 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 producto.

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 producto 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.

- Si se ha derramado líquido aislante sobre el suelo, límpielo con un material absorbente (ejemplo: aserrín).
- 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.

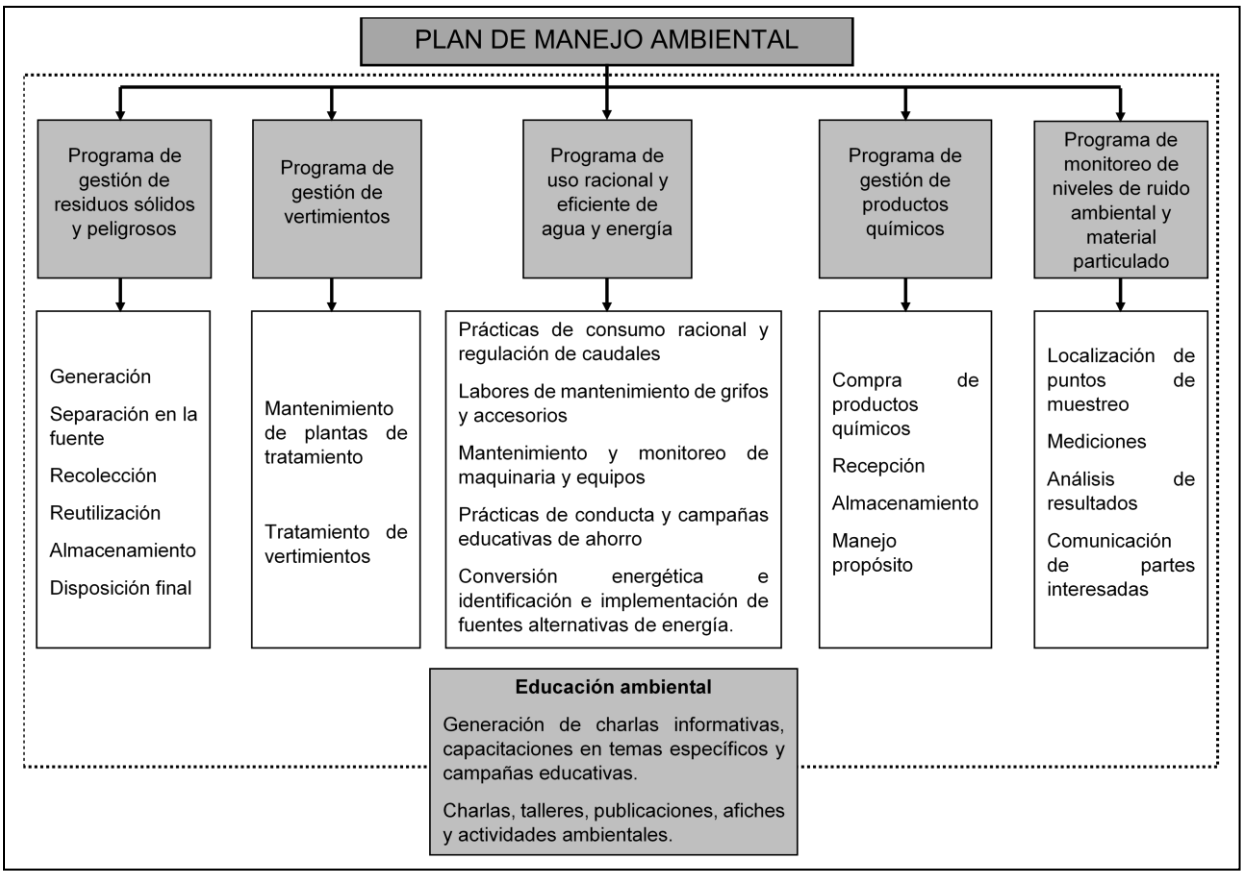


Figura 78: Plan de manejo ambiental MAGNETRON S.A.S.

21. Términos y condiciones de garantía

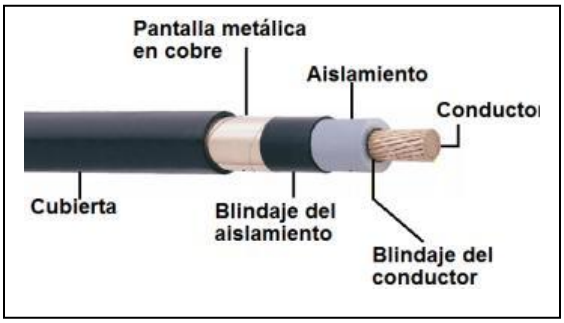
Remítase al certificado de garantía que se entrega con cada producto; al respaldo de la misma, se encuentran las instrucciones que se deben seguir para hacer efectiva la garantía y las condiciones que la invalidan.

22. Anexo A “Conexión cable seco al conector tipo codo”

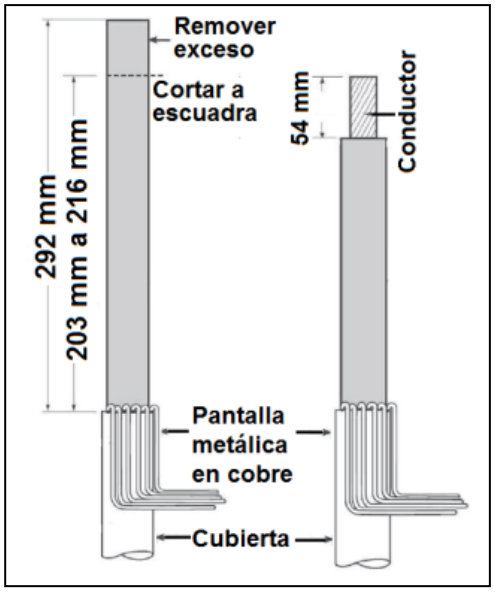
Precaución: El cable seco debe quedar con buena holgura para facilitar la conexión y desconexión del conector tipo codo en el buje inserto del transformador.

El cable seco debe entrar de forma recta en el conector tipo codo.

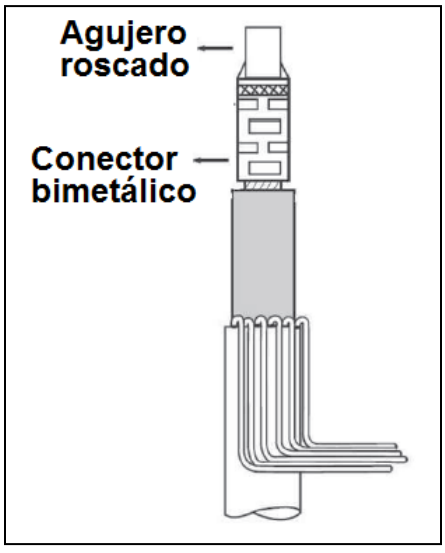
- Partes del cable seco



- Mida 292 mm desde el extremo del cable hacia abajo.
- Retire la cubierta del cable para exponer la pantalla metálica en cobre.
- Desenrolle la pantalla metálica en cobre y mida entre 203 mm a 216 mm de abajo hacia arriba.
- Corte a escuadra el exceso de cable.
- Mida 54 mm desde la parte superior del cable hacia abajo.
- Retire todas las capas del cable seco hasta exponer el conductor, tenga precaución de no cortarlo o cizallarlo.
- Limpie el conector expuesto con un cepillo de alambre.



- Ubique el conector bimetálico en el conductor, asegúrese que el agujero roscado en el conector quede dirigido hacia arriba.

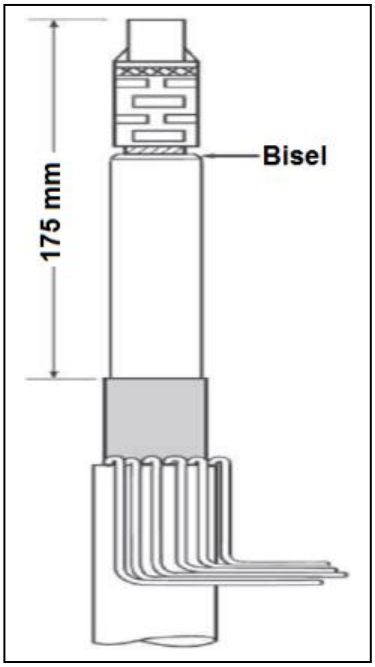


- Ponche el conector justo debajo de la línea de intersección de los dos metales y haga varios ponchados, rote el conector de tal manera que no se sobrepongan los ponchados.

- Lime cualquier aspereza resultante.

- Mida desde la parte superior del conector bimetálico 175 mm y remueva el blindaje del aislamiento, tenga cuidado de no cortar o cizallar el aislamiento.

- Bisele el aislamiento aproximadamente 3 mm para facilitar la instalación del codo.

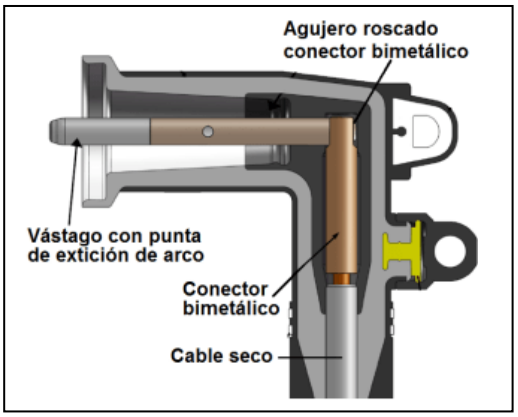


- Limpie el aislamiento con un paño libre de pelusas y aplique una capa fina del lubricante suministrado con el codo.

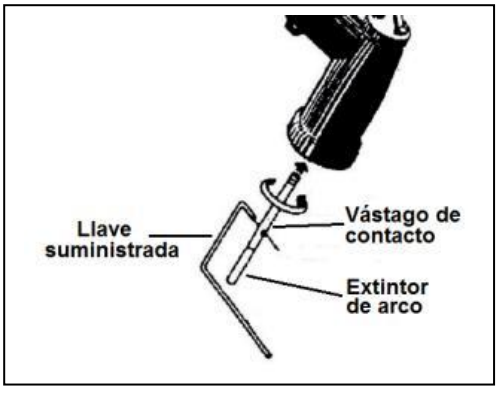
- Limpie y lubrique la entrada del cable en el codo.

- Ubique el codo en el cable seco y empújelo con un movimiento giratorio hasta que el ojo roscado del conector bimetálico quede bien alineado.

- Instale el vástago de contacto al conector bimetálico.



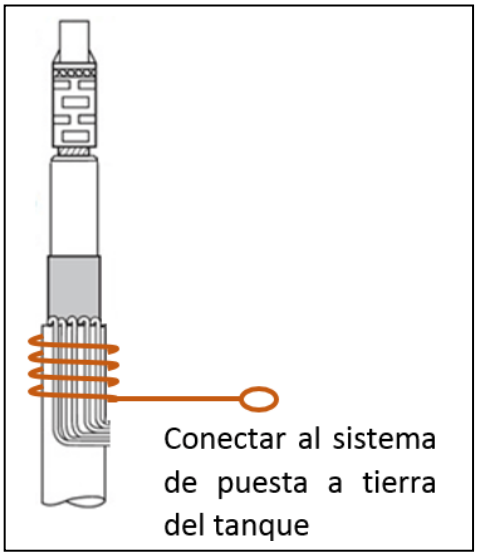
- Enrosque el vástago dando algunas vueltas con la mano, finalice el ajuste del vástago con la llave suministrada hasta que esta sufra una deformación permanente.



Nota: Si utiliza otra herramienta para dar el torque de ajuste, asegúrese de no sobrepasar 8 lbf.ft.

- Utilice alambre de cobre desnudo (+/- calibre 14), conéctelo a la pantalla metálica de cobre del cable seco y aterrícelo a la puesta a tierra del tanque.

  Las conexiones deben quedar bien ajustadas para garantizar un buen aterrizaje.



- Ubique el conector tipo codo en el buje inserto y presiónelo hasta que ingrese por completo en el buje inserto.

.

23. 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 109

MAGNETRON®

TRANSFORMAMOS
LA ENERGÍA
EN DESARROLLO
SOSTENIBLE

GENERANDO
RIQUEZA CON
SENTIDO SOCIAL

WWW.MAGNETRON.COM.CO