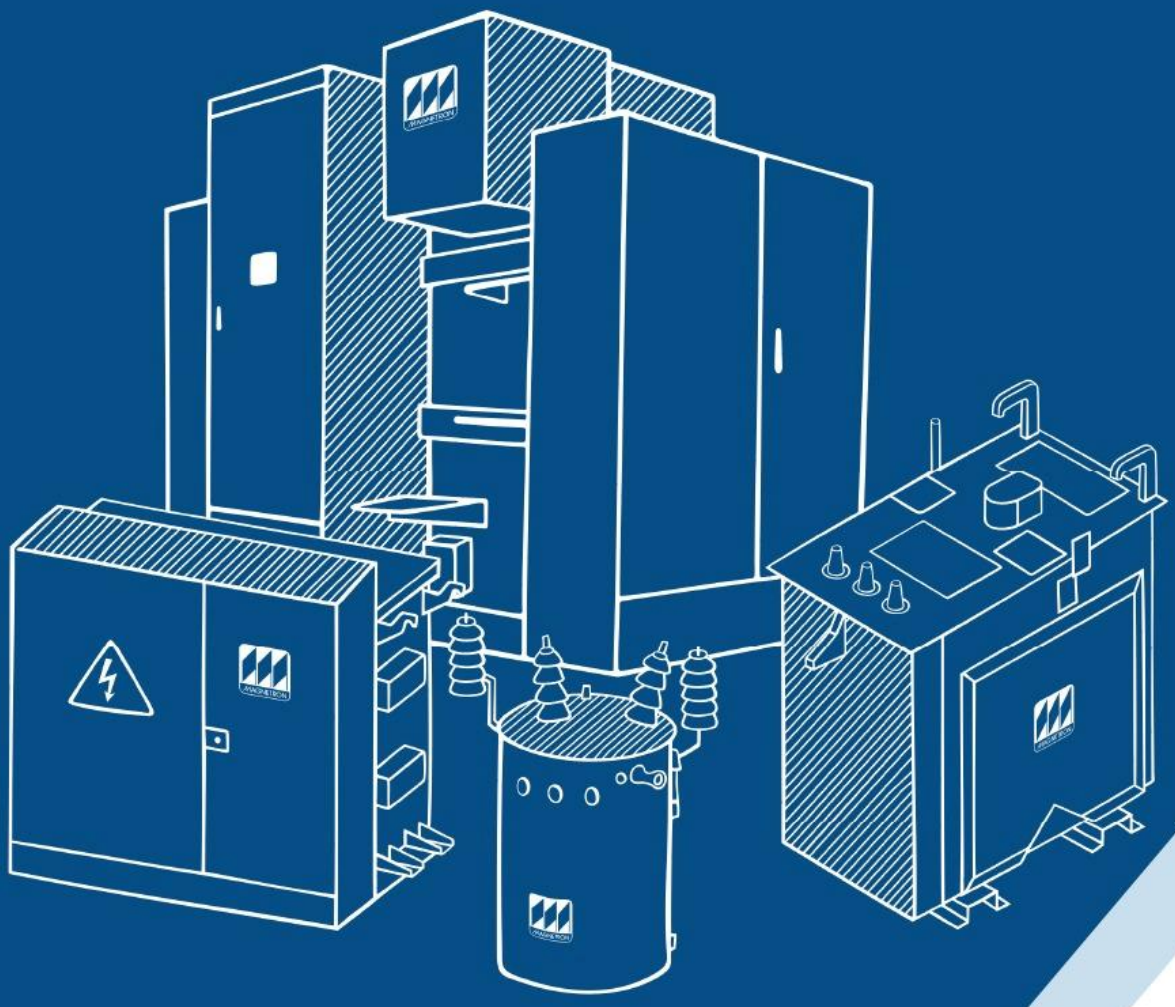
TRANSFORMAMOS
LA ENERGÍA
EN DESARROLLO
SOSTENIBLE

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 6
2. Introducción 8
2.1 Principio de funcionamiento 8
2.1.1 Limitación térmica 8
2.1.2 Limitaciones económicas 9
2.2 Tipos básicos de transformadores de distribución autoprotegidos 9
2.2.1 Protección contra sobretensiones (SP) 9
2.2.2 Protección contra sobrecorrientes (CP) 9
2.2.3 Autoprotegido por completo (CSP) 9
2.3 Generalidades de la autoprotección 9
2.3.1 Protección contra sobretensiones 9
2.3.2 Protección contra sobrecorrientes 10
2.3.3 Protección contra sobrecargas 10
2.3.4 Protección contra cortocircuito externo 10
2.3.5 Protección contra cortocircuitos internos 10
3. Definiciones 12
3.1 Transformador 12
3.2 Transformador completamente autoprotegido 12
3.3 Condición de trabajo de emergencia 12
3.4 Condición de trabajo normal 12
3.5 Función de autoprotección 12
3.6 Función de desconexión 12
3.7 Eslabón de aislamiento (Isolation link) 12
3.8 Interruptor 12
3.9 Corriente de sobrecarga 12
3.10 Sobrecorriente 13
3.11 Sobretensión 13
3.12 Devanado primario 13
3.13 Devanado secundario 13
3.14 Devanado de media tensión 13
3.15 Devanado de baja tensión 13
3.16 Embalaje 13
3.17 Base del embalaje 13
3.18 Pasatapas 13
3.19 Peligro 13
3.20 Riesgo 13
4. Abreviaciones 14
5. Manipulación 15
6. Embalaje 18
7. Transporte 20
7.1 Distribución da la carga 20

7.1.1 Transformadores sin huacal 20
7.1.2 Transformadores con huacal 21
7.1.3 Cargue camiones descapotados 22
7.1.4 Descargue 24
8. Recepción 25
9. Almacenamiento 27
10. Accesorios básicos 28
10.1 Aislador de media tensión 28
10.2 Aislador baja tensión 28
10.3 Válvula de sobrepresión 29
10.4 Conmutador de derivaciones 29
10.4.1 Pasos para maniobrar el conmutador CIRCULAR 29
10.4.2 Pasos para maniobrar el conmutador LINEAL 30
10.5 Placa de características 31
10.6 Sistema de puesta a tierra 31
10.7 Orejas de levante 31
10.8 Indicación interna nivel del líquido aislante 32
10.9 Soporte para colgar al poste 32
10.10 Dispositivo para el montaje de los DPS 32
10.11 Detector de fallas internas IFD 32
10.12 Indicador de temperatura (termómetro) 33
10.13 Indicador del nivel del líquido aislante (nivel) 33
10.14 Válvula de drenaje 34
10.15 Dispositivos izaje tapa 34
10.16 Pararrayos MT-BT (DPS) 34
10.17 Eslabón de aislamiento (Isolation link) 35
10.18 Breaker 35
10.19 Luz piloto para breaker 36
10.20 Magnex 36
10.21 Fusible de expulsión 37
10.22 Transformador de corriente 38
11. Marcación terminales 38
11.1 Polaridad 38
11.2 Marcación norma NTC y polaridad en transformadores monofásicos 39
11.3 Marcación norma NTC en transformadores trifásicos 39
11.4 Marcación norma ANSI y POLARIDAD en transformadores monofásicos 40
11.5 Marcación norma ANSI en transformadores trifásicos 40
11.6 Índice horario 40
11.7 Grupo de conexión 41
12. Revisión y pruebas antes de la instalación 42
12.1 Revisión 42
12.2 Pruebas 42
12.2.1 Relación de transformación (TTR) 42
12.2.2 Resistencia de los devanados de MT y BT 44
12.2.3 Resistencia de los aislamientos 45

12.3 Pruebas al líquido aislante 47
13. Instalación y puesta en servicio 50
13.1 Montaje en poste 50
13.2 Sistema de puesta a tierra 51
13.3 Secuencia de conexión 52
13.4 Puesta en servicio 52
13.4.1 Energización transformadores con aceite vegetal a temperaturas por debajo de -20°C 53
13.4.2 Energización transformadores con aceite mineral a temperaturas por debajo de -20°C 54
14. Transformadores con dos o más meses en almacenamiento 55
15. Mantenimiento 57
15.1 Mantenimiento preventivo 57
15.2 Mantenimiento correctivo 58
16. Reparación 60
17. Problemas y posibles soluciones 61
18. Torques de ajuste 63
18.1 Tornillería en general 63
18.2 Ajuste tapa en transformadores monofásicos 63
18.3 Ajuste tapa en transformadores trifásicos 63
18.4 Terminales de MT y BT 63
18.5 Conmutador de derivaciones 63
18.6 Válvulas de sobrepresión 64
18.7 Magnex 64
18.8 Breaker 64
18.9 Luz piloto 64
19. Medio ambiente 65
20. Términos y condiciones de garantía 67
21. Anexo A 68
21.1 Transformadores CSP antifraude o blindados 68
20.2 Esquemas de conexión transformadores autoprotegidos 70
22. Contáctenos 71

1. Seguridad y riesgos

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

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

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

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

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

1.1 Seguridad Personal

- Detenga cualquier actividad si las condiciones de trabajo no son seguras.
- Todos los integrantes del equipo deben conocer las instrucciones de este manual, las prácticas de seguridad establecidas en el lugar de trabajo y la legislación aplicable.
- Utilice ropa y elementos de protección personal acorde con el trabajo a realizar.

  - ✓ Camisa de algodón manga larga.
  - ✓ Botas de seguridad dieléctrica.
  - ✓ Guantes de carnaza o dieléctricos.
  - ✓ Guantes de látex (toma de muestras del líquido aislante).
  - ✓ Guantes de látex (manipulación de herramientas).
  - ✓ Lentes de seguridad.
  - ✓ Lentes oscuros para protección solar (actividades en campo).
  - ✓ Casco.
  - ✓ Evite el uso de ropa holgada.
  - ✓ No use anillos, relojes, cadenas, aretes o cualquier elemento personal que le pueda generar daño.
  - ✓ No utilice tenis, shorts, camisas de manga corta y audífonos.

1.2 Tipos de riesgos

➢ Riesgos físicos

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

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

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

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

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

- Instale iluminación localizada en aquellos puestos de trabajo que lo requieran, cuando la iluminación general sea moderada y pueda resultar insuficiente.
- Evite zonas de flujo muerto (donde el aire no circula).
- Utilice equipos de trabajo que generen bajos niveles de ruido.
- Ubique los equipos o fuentes ruidosas en lugares apartados, si es posible.
- Disminuya el tiempo de exposición.
- Establezca un sistema de rotación de lugares de trabajo.
- Utilice pantallas o blindaje de protección, para fuentes radiactivas.
- Aplique las 5 reglas de oro al trabajar con energía.

Figura 1: 5 reglas de oro

➢ **Riesgos mecánicos**

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

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

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

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

- Formar a los trabajadores en materia preventiva, de forma teórica y práctica, sobre los equipos de trabajo necesarios para su puesto de trabajo.

- Garantizar las condiciones y forma correcta de uso de maquinaria, en base a las instrucciones del fabricante.

- Promover la consulta y participación de los trabajadores en aspectos relacionados con los riesgos mecánicos.

- Garantizar la vigilancia periódica del estado de salud de los trabajadores.

- En caso de presentarse accidentes o enfermedades profesionales debidas a los riesgos mecánicos, se debe investigar y aplicar las medidas correctoras necesarias para que no vuelva a ocurrir.

Figura 2: Señales de riesgo mecánico

2. Introducción

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

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

Como se describe en el numeral 3, un transformador autoprotegido es aquel que posee internamente además de los accesorios normales de funcionamiento, elementos de protección contra sobretensiones, sobrecargas y cortocircuitos.

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

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

Los transformadores autoprotegidos fabricados por MAGNETRON S.A.S. son utilizados principalmente en cargas de servicios residenciales y donde las compañías de electricidad requieren un control de la carga.

2.1 Principio de funcionamiento

La carga máxima de un transformador está condicionada por dos tipos de limitaciones:

2.1.1 Limitación térmica

Es aquella carga que produce una elevación de la temperatura del transformador por encima de un valor crítico y trae como consecuencia el envejecimiento prematuro de los aislamientos y la reducción de la vida útil del transformador.

Debido a que los efectos de deterioro producidos por la temperatura son acumulativos, es posible obtener una vida satisfactoria del aislamiento del transformador con picos de temperatura que excedan a los valores permitidos bajo carga continua, siempre y cuando la duración de estas temperaturas sea suficientemente restringida.

Los elementos de protección deben controlar principalmente que la temperatura no supere el valor crítico, interrumpiendo el

servicio cuando las sobrecargas alcancen dicha temperatura

2.1.2 Limitaciones económicas

Es la carga a partir de la cual el costo de las pérdidas por efecto Joule aconseja la sustitución del transformador por otro de mayor potencia.

2.2 Tipos básicos de transformadores de distribución autoprotegidos

2.2.1 Protección contra sobretensiones (SP)

El esquema de protección SP incluye el montaje en el transformador de DPS y el fusible de expulsión. No incluye un interruptor en ninguno de sus devanados.

2.2.2 Protección contra sobrecorrientes (CP)

El esquema de protección CP está equipado con fusibles de protección en media tensión y un interruptor interno que puede estar instalado tanto en el circuito de media tensión como en el de baja tensión, dependiendo del requerimiento del cliente. No incluye montaje de los DPS.

2.2.3 Autoprotegido por completo (CSP)

En el esquema de protección CSP:

- El pararrayo protege el transformador de sobretensiones causadas por descargas atmosféricas y/o maniobras de suicheo.
- El fusible de protección opera para desconectar el transformador de servicio en caso que una falla interna.
- El interruptor provee al transformador un grado de protección de sobrecargas y corto circuito ya sea en media o baja tensión, dependiendo de la protección seleccionada

En este esquema existen dos tipos de configuración:

- Con BREAKER, para el devanado de baja tensión.
- Con MAGNEX, para el devanado de media tensión

Nota: Los transformadores autoprotegidos pueden suministrarse con un gabinete en baja tensión, por solicitud del cliente. Este gabinete es conocido como antifraude o blindado.

En el **ANEXO A**, se hace una descripción más detallada.

2.3 Generalidades de la autoprotección

2.3.1 Protección contra sobretensiones

Las sobretensiones son subidas de tensión que pueden causar graves problemas a los equipos conectados a la línea, desde su envejecimiento precoz a incendios o destrucción del equipo.

El transformador tiene incorporados elementos que brindan protección contra sobretensiones externas e internas que pueden presentarse durante su funcionamiento.

2.3.2 Protección contra sobrecorrientes

Un transformador CSP incorpora elementos que brindan protección ante los diferentes tipos de sobrecorrientes a los que puede estar expuesto durante su funcionamiento. Adicionalmente las protecciones de sobrecorrientes no deben operar cuando se produzcan corrientes de energización (Inrush), ya que corresponden a condiciones operativas normales, propias del transformador o del circuito que alimentan.

2.3.3 Protección contra sobrecargas

La finalidad de la protección contra sobrecarga es evitar un deterioro acelerado del aislamiento del transformador y por tanto de su vida útil.

El elemento encargado de la protección desconecta la carga que alimenta el transformador antes que la pérdida de vida útil supere la deseada por el operador de red.

Las causas de la sobrecarga suelen ser de tipo temporal, por lo tanto, el elemento de protección debe permitir la reconexión de la carga una vez estas desaparezcan y la temperatura al interior del transformador se reduzca.

2.3.4 Protección contra cortocircuito externo

El transformador cuenta con una protección que desconecta la alimentación del circuito de baja tensión, cuando se presentan corrientes de cortocircuito debidas a fallas en la red secundaria. Es decir, para todas aquellas corrientes de cortocircuito cuya magnitud sea igual o inferior a la corriente de cortocircuito nominal, determinada por la ecuación 1.

El elemento de protección permite reconectar la carga cuando la condición que originó la falla en la red secundaria se elimina.

2.3.5 Protección contra cortocircuitos internos

El transformador cuenta con una protección que los desconecta de la red, en caso de presentarse una falla interna en el mismo; es decir, opera la protección para todas aquellas corrientes de cortocircuito cuya magnitud sea superior a la calculada mediante la ecuación 1 y menor que la capacidad de corto circuito de la red.

Una vez el elemento de protección actúa, no debe permitir la reconexión del transformador para evitar las repercusiones ocasionadas por la conexión de un transformador en condiciones de falla.

$$I_{ccn}(p.u) = \frac{100}{Z_{cc}(\%)}$$

Ecuación 1: Corriente de cortocircuito en p.u

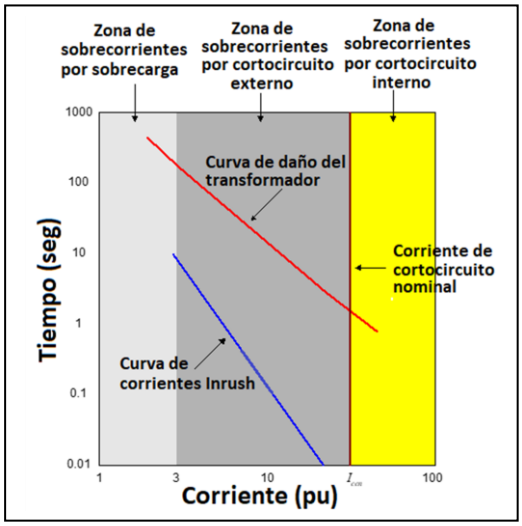


Figura 3: Zonas de protección de las autoprotecciones

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

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

3. Definiciones

3.1 Transformador

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

3.2 Transformador completamente autoprotegido

Dispositivo que tiene incorporados desde su etapa de diseño y su etapa de fabricación, elementos de protección contra sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos externos y elementos para aislarlo de la red en caso de falla.

3.3 Condición de trabajo de emergencia

Es aquella situación en la cual el transformador, aunque trabaja en condiciones de sobrecarga, debería suplir la demanda de energía eléctrica a los usuarios conectados a él. Esta condición de trabajo de emergencia disminuye la vida útil esperada del transformador en condiciones normales.

3.4 Condición de trabajo normal

Es aquella situación en la cual el transformador suministra la demanda de energía eléctrica a los usuarios dentro de los límites de su capacidad, conservando la mínima vida útil esperada del equipo.

3.5 Función de autoprotección

Función integrada en el transformador para prevenir consecuencias externas como resultado de un fallo en el mismo (explosión, rotura de cuba, arcos eléctricos, salpicaduras de sustancias, etc.).

3.6 Función de desconexión

Interrupción automática de la conexión entre los bornes de media tensión y la parte activa del transformador por operación del dispositivo de autoprotección y desconexión. El objeto de esta función, es eliminar tensión y corriente en el lado de baja tensión.

3.7 Eslabón de aislamiento (Isolation link)

Pieza que se funde al paso de corriente pero que no posee cámara de extinción y por tanto no puede utilizarse en solitario como fusible. Por esta razón, se debe conectar en serie y se coordina con un fusible para que ambos abran simultáneamente. Al dejar abierto el circuito y estar en serie con el fusible, esta pieza evita la re-energización del transformador.

3.8 Interruptor

Aparato diseñado para abrir y cerrar un circuito de forma manual o automática, interrumpiendo una corriente cuya magnitud sea inferior o igual a su capacidad de interrupción, sin daño en el mismo.

3.9 Corriente de sobrecarga

Corriente cuya magnitud está usualmente entre 1 y 3 veces la corriente nominal del transformador.

3.10 Sobrecorriente

Es toda corriente cuya magnitud sea superior a la magnitud de la corriente nominal del transformador

3.11 Sobretensión

Es cualquier tensión entre fase y tierra o entre dos fases del sistema, cuyo valor es mayor al máximo valor de tensión cuando el sistema opera en forma normal. Las sobretensiones se clasifican por su duración en temporales y transitorias.

3.12 Devanado primario

Devanado que se conecta a una fuente de alimentación.

3.13 Devanado secundario

Devanado al cual se conecta una carga.

3.14 Devanado de media tensión

Devanado que presenta el mayor voltaje.

3.15 Devanado de baja tensión

Devanado que presenta la menor tensión.

3.16 Embalaje

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

3.17 Base del embalaje

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

3.18 Pasatapas

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

3.19 Peligro

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

3.20 Riesgo

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

4. Abreviaciones

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
Pn	Punto neutro
psi	Libras por pulgada cuadrada
p.u	Por unidad
SPT	Sistema de puesta a tierra
T	Tierra
VSP	Válvula de sobrepresión

5. Manipulación

Precaución: El transformador debe ser manipulado en posición vertical.

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

También, se puede conservar sobre el huacal (si lo lleva) o los cuartones.

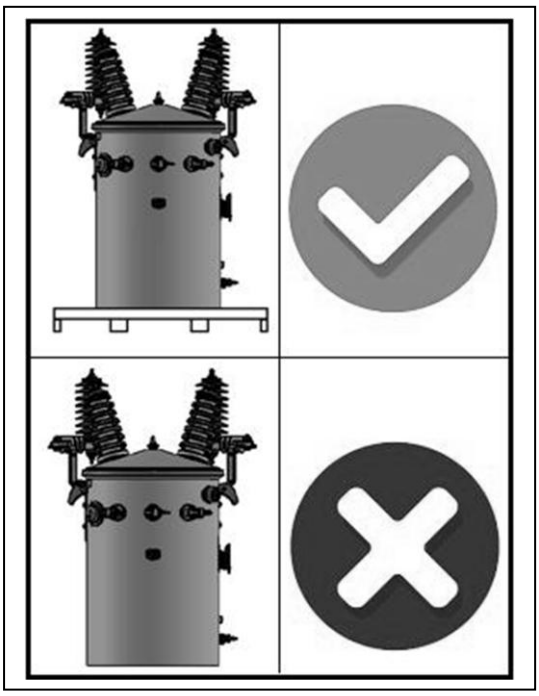


Figura 4: Transformador sobre la base y zunchado a la misma

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

El transformador no se debe levantar o mover sujetándolo por los terminales de media o baja tensión ni por cualquier accesorio que no sea las orejas de levante, debido a que son piezas muy frágiles y pueden sufrir averías.

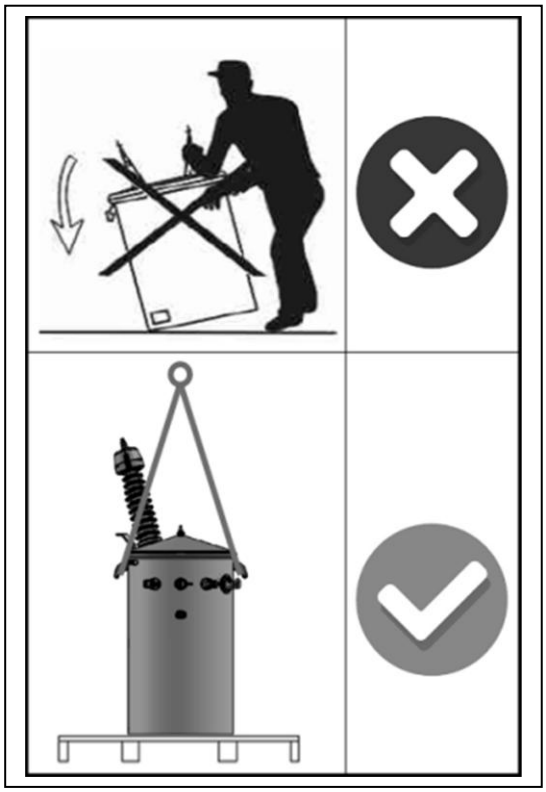


Figura 5: Manipulación transformadores.

No levante o mueva el transformador 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.

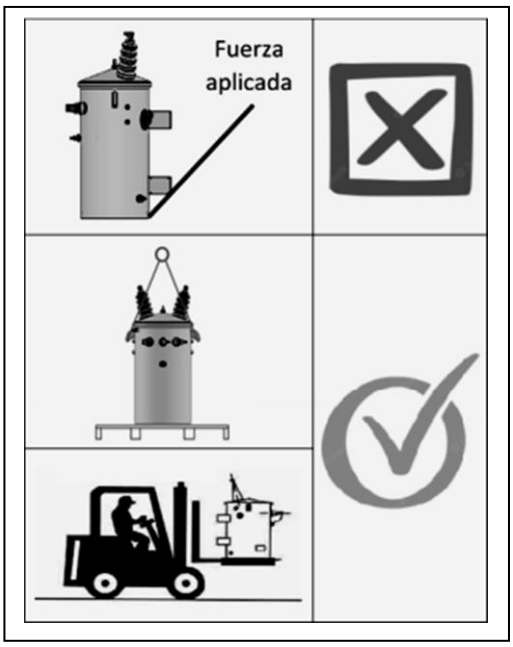


Figura 6: Palancas o movimientos no permitidos.

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

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

No permita que se incline (puede voltearse); además, tenga cuidado de no dañar la base.

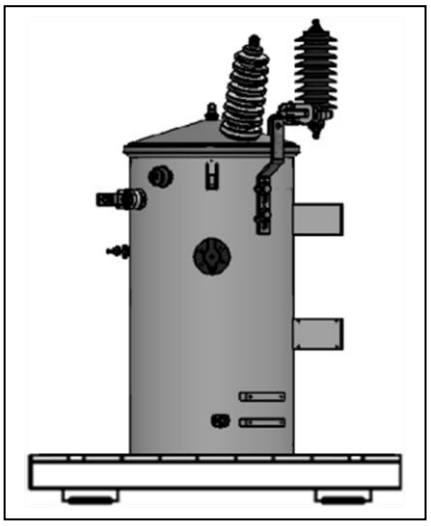


Figura 7: Uso de patines para transporte

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

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

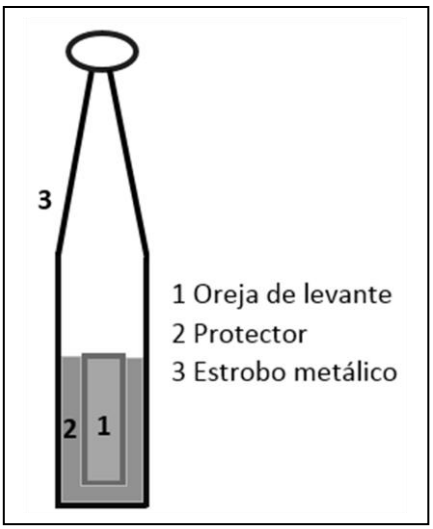
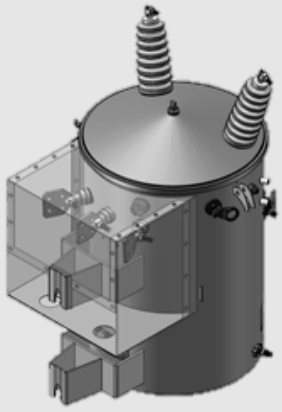


Figura 8: Protección pintura en las orejas de levante

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

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

Precaución: Por ningún motivo se debe apoyar o parar sobre los gabinetes del transformador, los terminales de BT, los aisladores de MT, o cualquier elemento de control o protección.



6. Embalaje

El embalaje de un 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 mismo.

La base del embalaje debe tener una altura mínima de 10 cm para permitir el ingreso de una monta carga o una porta estiba.

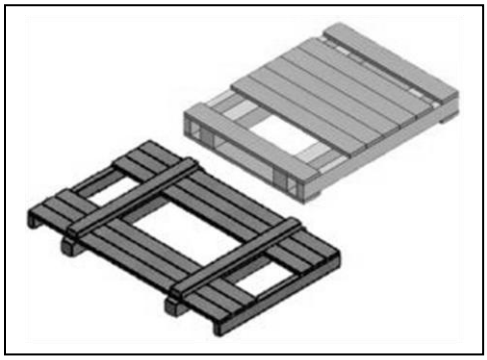


Figura 10: Bases de madera

El transformador debe estar acoplado a la base del embalaje, para evitar que sufra deterioro ocasionado por movimientos bruscos. El acople se puede realizar, dependiendo de la base del transformador; a través de zunchos, tornillería o cuñas en los soportes para colgar al poste.

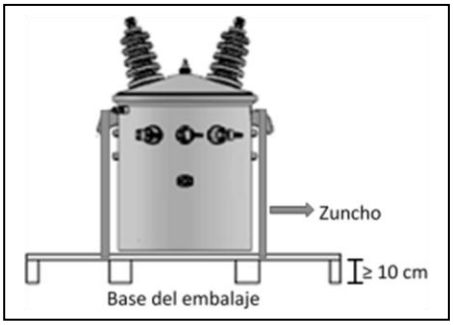


Figura 11: Acople transformador-base con zuncho

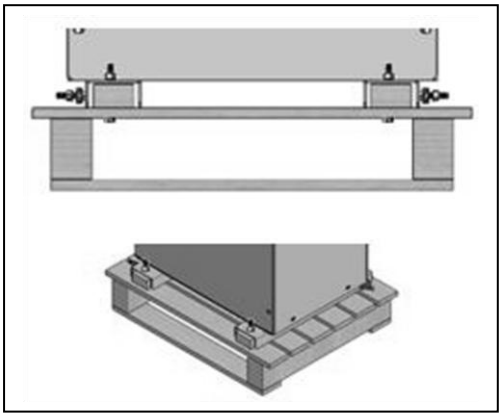


Figura 11-1: Acople transformador-base con tornillería

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.

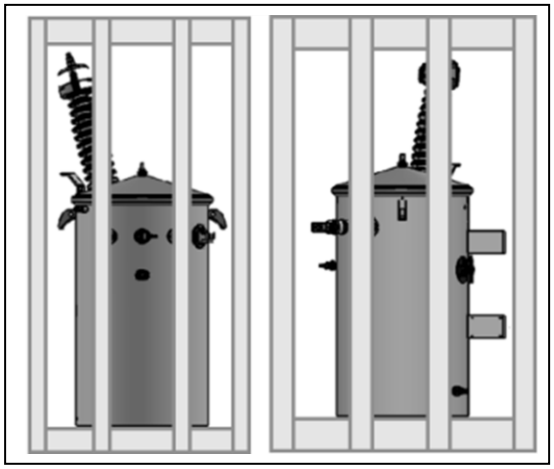


Figura 12: Orejas de levante de fácil acceso

El embalaje del transformador se debe disponer de tal manera que no obstruya el acceso a la información consignada en la placa de características, especialmente, cuando este va enhuacalado.

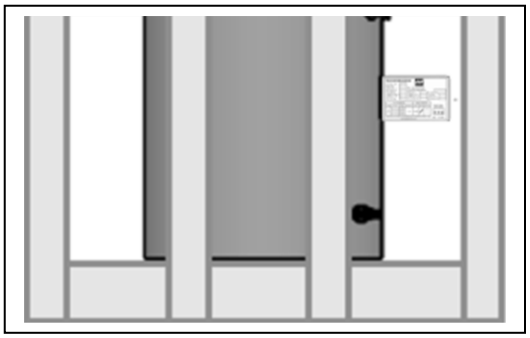
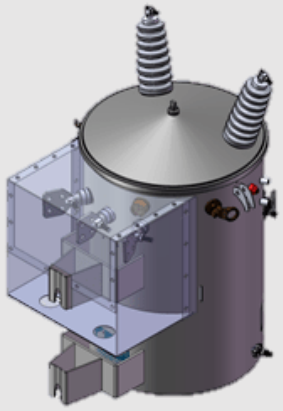


Figura 13: Placa de características visible

Precaución: Por ningún motivo se debe apoyar o parar sobre los gabinetes del transformador, los terminales de BT, los aisladores de MT, o cualquier elemento de control o protección.



7. Transporte

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

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

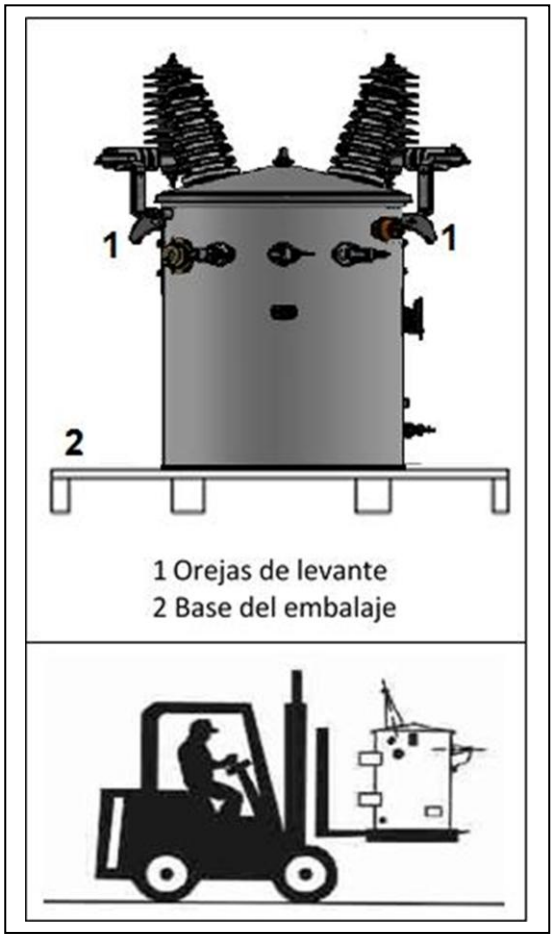


Figura 14: Partes para levantar el transformador.

Al elevar el transformador de las orejas de levante, asegúrese de no rozar o tocar los aisladores o cualquier accesorio con las eslingas.

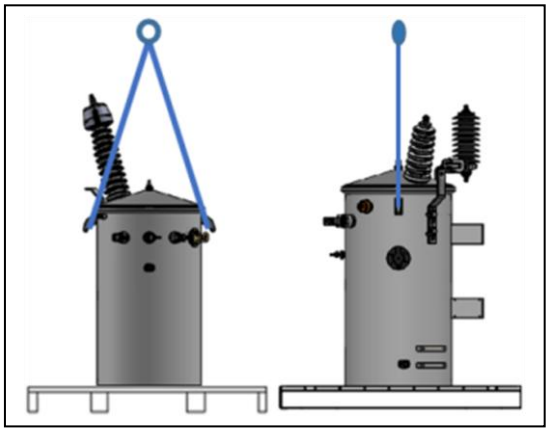


Figura 15: Elevación transformador desde las orejas de levante

7.1 Distribución da la carga

7.1.1 Transformadores sin huacal

Cuando se transporta un número considerable de transformadores, la carga debe distribuirse dentro del camión o contenedor.

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

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

Adicional, los transformadores se deben amarrar con eslingas a las paredes del camión o contenedor y entre ellos.

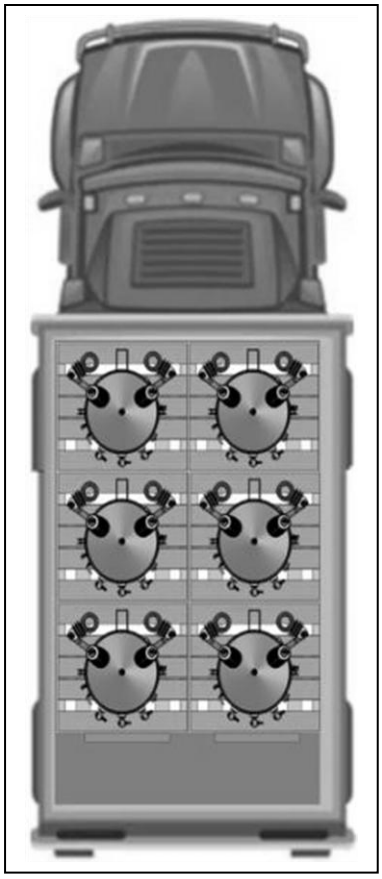


Figura 16: Cargue, distribución y uso de cuñas en los transformadores

7.1.2 Transformadores con huacal

Cuando se transporta un número considerable de transformadores, la carga debe distribuirse dentro del camión o contenedor en grupos separados entre sí.

La función de las cuñas de madera es evitar desplazamientos de los transformadores cuando el transporte está en movimiento.
El embalaje de los transformadores hace las veces de separador, cuando quedan espacios entre ellos, se deben fijar cuñas de madera entre estas y el piso.

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

Estos transformadores 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.

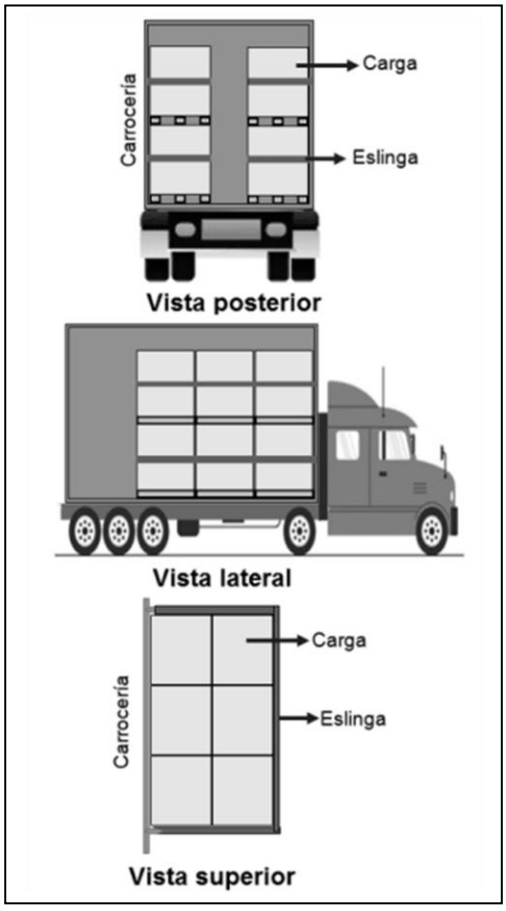


Figura 17: Forma adecuada de cargar y amarrar los transformadores enhuacalados.

7.1.3 Cargue camiones descapotados

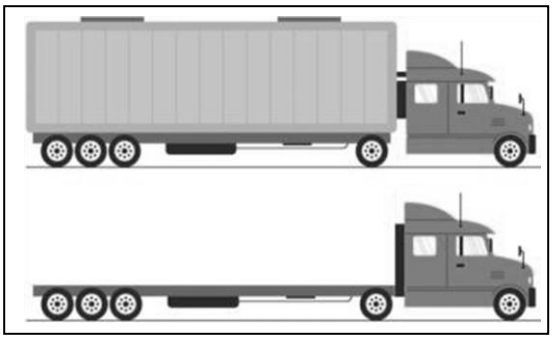


Figura 18: Camión normal y descapotado

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.
- La carga puede sobresalir +/- 15 cm a los lados de la plancha.

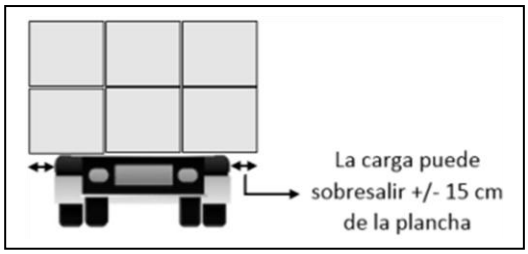


Figura 19: Tolerancia de la carga a los costados de la plancha

- Se incrementa el número total de transformadores en la carga.
- Disminuye los costos por fletes.
- El cargue y descargue se hace por los laterales del camión, disminuyendo el tiempo de cargue.
- Al cargar transformadores enhuacalados, se pueden apilar hasta en dos niveles, siempre y cuando el peso de los transformadores 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.

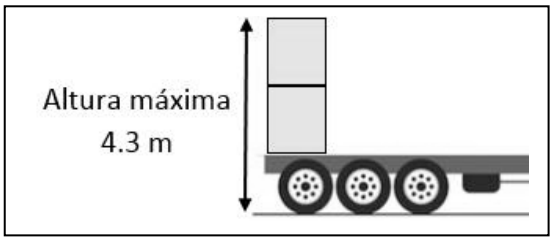


Figura 20: Altura máxima de carga

➢ **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 la primera fila de transformadores.
- Una vez ubicados y alineados los transformadores de la primera fila, asegúrelos con una eslinga, para ello, asegure la eslinga al chasís del camión

y pásela por encima de los huacales.

Figura 21: Cargue y aseguramiento de la primera fila

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

Figura 22: Cargue total del camión

- Para evitar el desplazamiento de la carga durante el transporte, asegure con una eslinga la última fila de transformadores cargados.

Figura 23: Aseguramiento última fila transformadores cargados

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

Cuando la carga se monte parcialmente en dos niveles, asegúrese que se haga en la parte central de la plancha.
.

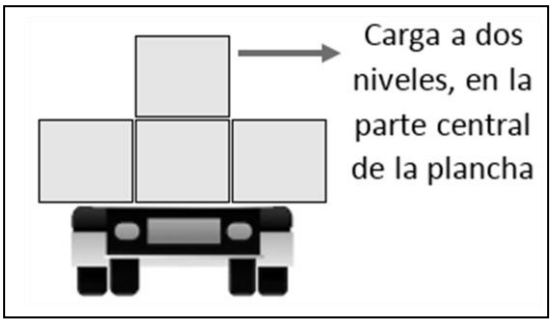


Figura 24: Dos niveles en la parte central de la plancha, nivelación carga.

7.1.4 Descargue

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

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

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

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

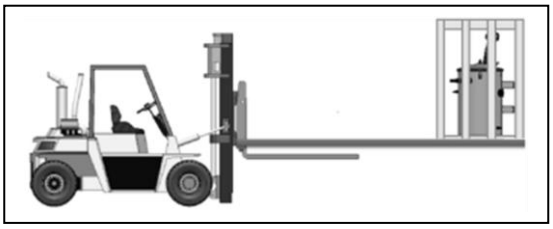


Figura 25: Forma adecuada de jalar un transformador en el descargue.

8. Recepción

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

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

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

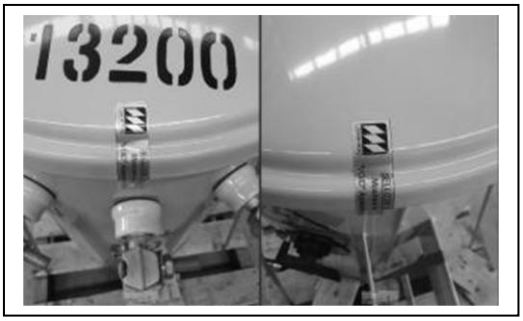


Figura 26: Sello de seguridad

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

Figura 26-1: Sello de seguridad en partes removibles

- Revise el estado de los aisladores de media y 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 transformador (válvula de sobrepresión, pararrayos, etc.).
- Verifique que el indicador luminoso (si lo tiene), no este reventado.
- Verifique que no se presenten fugas de aceite.
- Inspeccione la base de madera, no debe presentar daño.

- Revise que las ruedas orientables (si las lleva) lleguen con el transformador.

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

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

- Informe al transportador las anormalidades encontradas.

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

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

9. Almacenamiento

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

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

Si el transformador 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 del transformador, ocasionando con ello, daño o deterioro del mismo.

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

- El almacenamiento de los transformadores depende de su tamaño y de su embalaje, si el transformador va enhuacalado:

  - En transformadores monofásicos, si la potencia es menor o igual a 100 kVA, se pueden colocar a dos niveles (uno encima del otro) como máximo.

  - En transformadores trifásicos, si la potencia es menor o igual a 112,5 kVA, se pueden colocar a dos niveles (uno encima del otro) como máximo.

- Transformadores que superen estos criterios, se deben almacenar por unidades.

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

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

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

10. Accesorios básicos

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

Los accesorios descritos en este numeral, obedecen a los accesorios básicos que hacen parte de un transformador autoprotegido monofásicos o trifásico de distribución inmerso en líquido aislante, sin embargo, se hace referencia a algunos accesorios de protección o control.

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

10.1 Aislador de media tensión

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

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

Figura 27: Aisladores MT

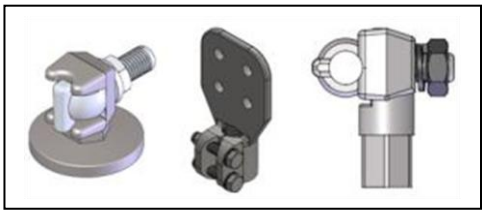


Figura 27-1: Ejemplos de conectores para MT

10.2 Aislador baja tensión

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

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

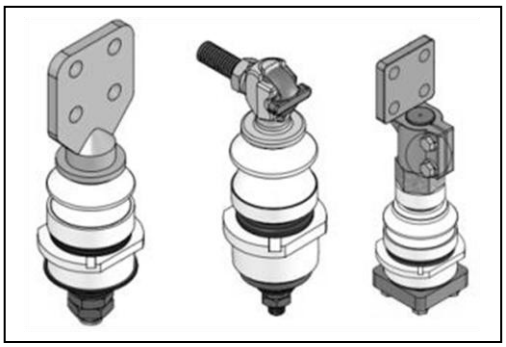


Figura 28: Aisladores BT con sus respectivos terminales

10.3 Válvula de sobrepresión

Ubicada en la parte superior del tanque en el lado de baja tensión. Se utiliza para aliviar la presión interna del tanque cuando esta rebasa los límites seguros de operación.

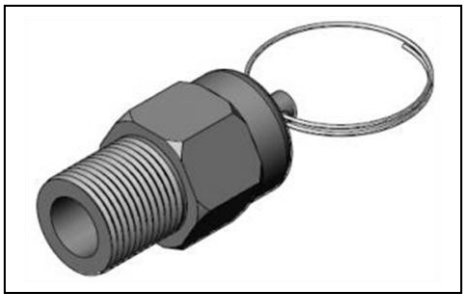


Figura 29: Válvula de sobrepresión

Nota: No debe ser operada manualmente, hacerlo implica el ingreso de humedad en el interior del transformador.

10.4 Conmutador de derivaciones

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

Este dispositivo realiza la variación de la relación de vueltas en el devanado primario hasta obtener en el secundario la tensión requerida, compensando las variaciones que se detectan en los puntos receptores de un sistema de transmisión o distribución de energía.

En los transformadores autoprotegidos, se utilizan dos tipos de conmutadores:

- Circulares (1 y 3 cuerpos)
- Lineales

10.4.1 Pasos para maniobrar el conmutador CIRCULAR

- Desconecte el transformador de la fuente de alimentación.
- Verifique la ausencia de voltaje en el transformador midiendo el devanado de BT con un voltímetro.
- Conecte a tierra los terminales de MT y BT.
- Con un destornillador, libere el tornillo de anclaje de la manija hasta que sobresalga del disco.
- Gire la manija y llévela a la posición deseada.
- Asegure nuevamente el tornillo de anclaje de la manija, hágalo hasta que ingrese en el disco.
- Retire las conexiones de

- puesta a tierra de los terminales de MT y BT.
- Mida continuidad en los terminales de MT para garantizar que el conmutador quedó bien enclavado.
- Energice nuevamente el transformador.
- Mida el voltaje en BT, valide que es el voltaje deseado.

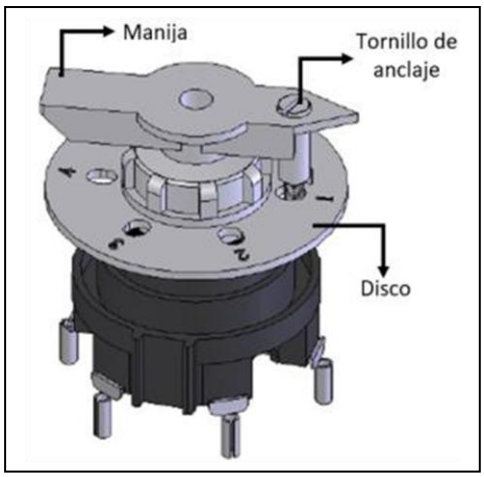


Figura 30: Conmutador de derivaciones de un cuerpo

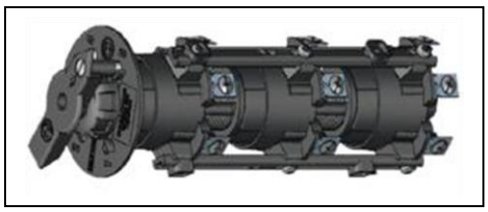


Figura 30-1: Conmutador de derivaciones de tres cuerpos

10.4.2 Pasos para maniobrar el conmutador LINEAL

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

Figura 31: Conmutador LINEAL

10.5 Placa de características

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

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

Figura 32: Ejemplo placa de características

10.6 Sistema de puesta a tierra

El transformador está provisto de dos tornillos con sus respectivos accesorios para permitir:

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

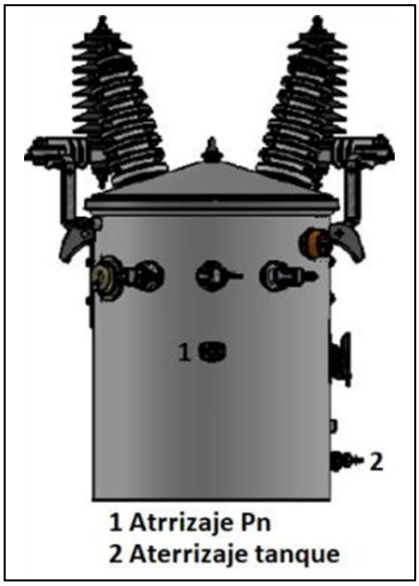


Figura 33: Puntos de aterrizaje

10.7 Orejas de levante

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

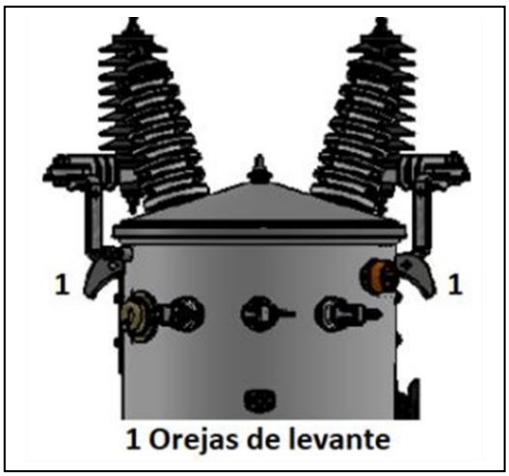


Figura 34: Orejas para levantar o izar

10.8 Indicación interna nivel del líquido aislante

Marcación interna que se hace por medio de pintura u otra marcación indeleble en un lugar visible para el usuario cuando el transformador está destapado.

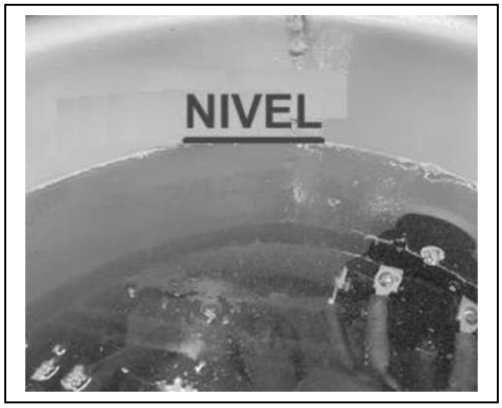


Figura 35: Nivel interno

10.9 Soporte para colgar al poste

Dispositivos diseñados con el tamaño y la resistencia mecánica adecuada para soportar el transformador completamente armado y lleno de líquido aislante e instalado al poste.

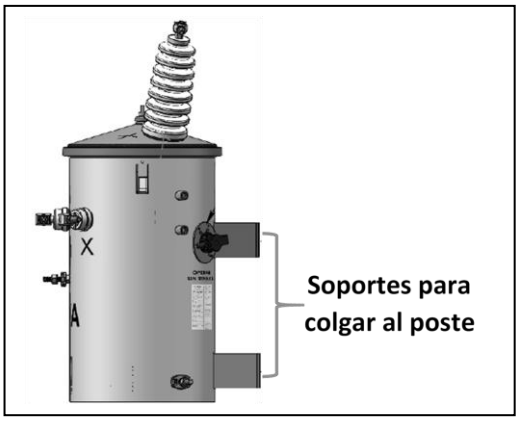


Figura 36: Soportes para colgar en poste

10.10 Dispositivo para el montaje de los DPS

Cada transformador cuenta con dos bujes de rosca interna o con dos espárragos soldados al tanque por cada aislador de MT, los cuales se utilizan para el montaje de los DPS.

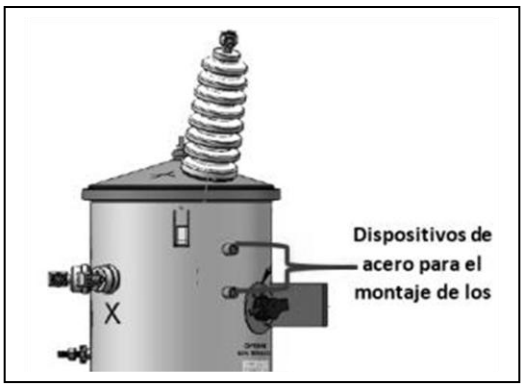


Figura 37: Dispositivos para el montaje de los DPS

10.11 Detector de fallas internas IFD

El IFDTM es un sensor que detecta fallas de arco interno en transformadores de distribución, su instalación se hace bajo pedido.

El IFD facilita rápidamente la identificación del transformador

que presenta falla desde +/-20 m de distancia del poste.

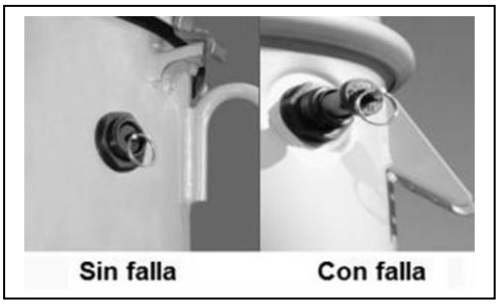


Figura 38: IFD en funcionamiento

Cuando ocurre una falla interna y la presión del tanque aumenta rápidamente a una velocidad de 0,5 psi durante 5 a 7 ms, se activa el dispositivo de señalización IFD, liberando una señal naranja altamente visible.

La señal alerta al operador o cuadrilla para que el transformador no sea energizado nuevamente.

El detector de fallas internas está equipado con una válvula de sobrepresión de 10±2 psi.

Figura 39: Partes del IFD

10.12 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 40: Indicador de temperatura

10.13 Indicador del nivel del líquido aislante (nivel)

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

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

Si el medidor indica un nivel de fluido "BAJO", entonces el transformador se debe desenergizar e inspeccionar para

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

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.

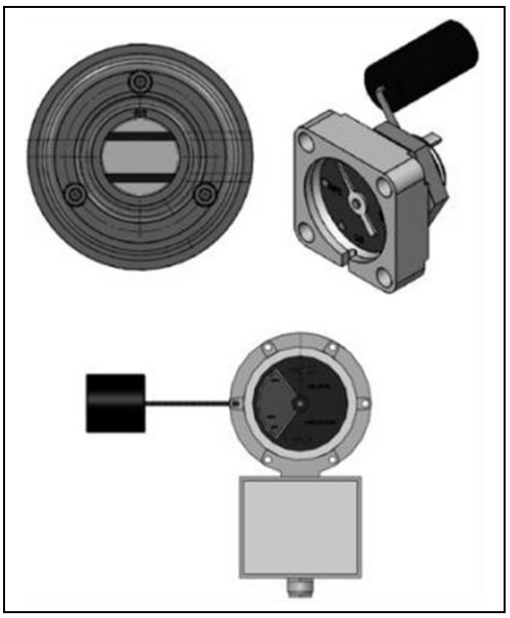


Figura 41: Indicadores del nivel del líquido aislante

10.14 Válvula de drenaje

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

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

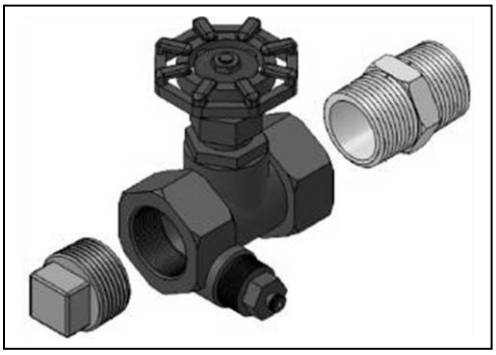


Figura 42: Válvula de drenaje

10.15 Dispositivos izaje tapa

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

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

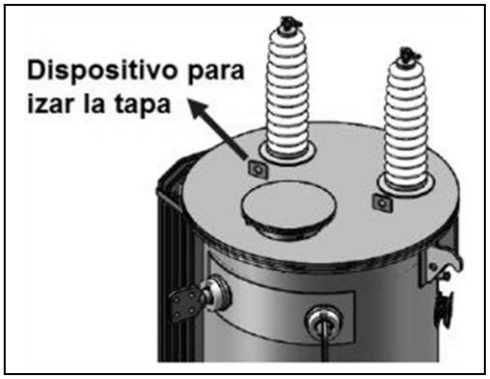


Figura 43: Dispositivos para izaje de la tapa

10.16 Pararrayos MT-BT (DPS)

Dispositivo cuya función es proteger al transformador de elevadas tensiones transitorias. Habitualmente, son resistores no lineales que una vez sometidos a

una sobretensión conducen corriente y limitan el valor de tensión entre sus extremos, disminuyendo el valor de las sobretensiones directas sobre el equipo protegido.

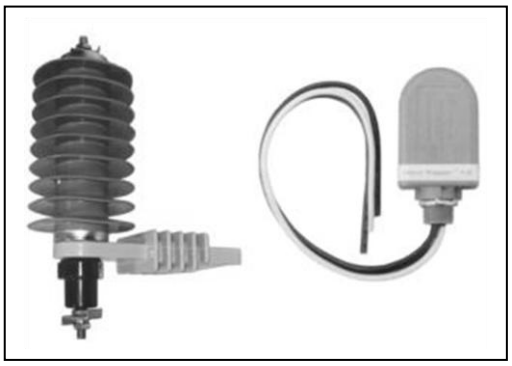


Figura 44: Pararrayos MT y BT

10.17 Eslabón de aislamiento (Isolation link)

Este elemento no es un fusible, ya que no tiene la capacidad de interrupción. Su función es fundirse ante fallas internas para evitar que el transformador fallado pueda ser energizado.

Opera para desconectar el transformador en caso que una falla interna ocurra.

El eslabón de aislamiento va conectado en serie con cada una de las fases a la salida del interruptor de media tensión.

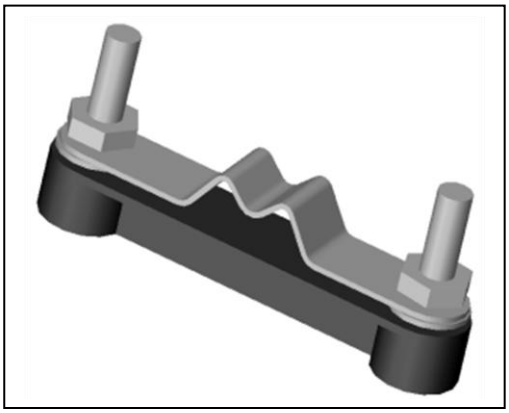


Figura 45: Eslabón de aislamiento

10.18 Breaker

Este accesorio protege el equipo contra sobrecargas y fallas en el circuito secundario (cortocircuitos), que pongan en peligro la vida útil del transformador.

Su función es emitir señales de alarma y/o disparo cuando la temperatura interna del transformador alcanza niveles peligrosos o cuando el líquido aislante alcanza niveles bajos, dejando descubierto el bimetálico.

El breaker realiza la misma función que un fusible, con la ventaja que puede ser restaurado manualmente en lugar de tener que ser reemplazado (para esto se utiliza una pértiga, la manija está ubicada al exterior del transformador).

Al existir un corto en el lado de la carga, el breaker opera al dispararse el interruptor

termomagnético. Una vez que se ha verificado y eliminado la condición de falla, podrá ser reconectado restableciendo el mecanismo del interruptor.

Dependiendo de la potencia del transformador, el breaker puede ser térmico o termomagnético.

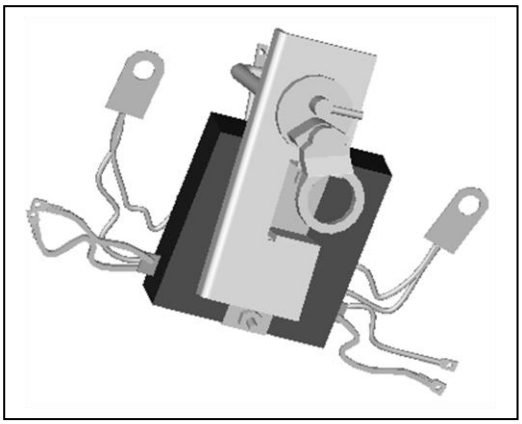


Figura 46: Breaker

10.19 Luz piloto para breaker

Opera como una alarma preventiva sin necesidad de desconectar al usuario. Indica a manera de alarma cuando el transformador se está aproximando a la temperatura de disparo del breaker.

Este sistema de autoprotección es una forma fácil y económica de detectar cualquier condición térmica anormal de operación sin necesidad de costosos métodos de medición y monitoreo.

La luz piloto apagada indica una situación normal en la red y en la carga. Si se encuentra encendida, indica una situación anormal, el transformador esta sobrecargado térmicamente.

El mecanismo de la luz no se reengancha por sí solo cuando la carga disminuye, la luz permanece encendida una vez los contactos se cierran, solamente pueden ser desconectados operando la manija exterior del breaker.

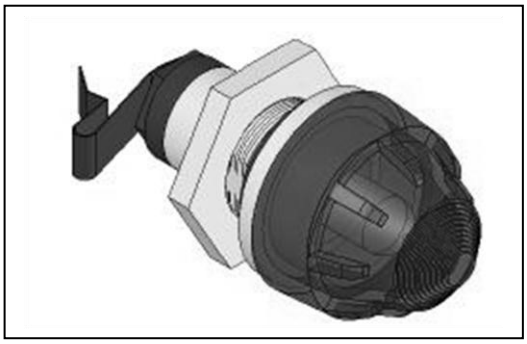


Figura 47: Luz piloto o señal luminosa

10.20 Magnex

Es un dispositivo de protección contra sobrecorrientes que protege a los transformadores de sobrecargas dañinas y fallas secundarias.

Como dispositivo de protección el Magnex combina seguridad y eficiencia con una operación económica.

Es un conjunto integral, que no utiliza un enlace problemático ni requiere calibración, lo que hace que la instalación y el

funcionamiento sean rápidos y sin problemas.

Las fallas secundarias y las sobrecargas dispararán el Magnex “ABIERTO”; sin embargo, el dispositivo se puede reiniciar una vez que se corrige la condición.

Las fallas primarias son eliminadas por el Magnex en coordinación con un enlace de aislamiento o un fusible limitador de corriente.

El Magnex se puede pedir con una función de sobrecarga de emergencia opcional (EO). Cuando el transformador se desmonta debido a una sobrecarga, la función EO puede permitir una carga adicional del 30% para restaurar rápidamente el servicio.

El interruptor Magnex también se puede usar como un interruptor principal para desconectar los devanados del transformador, no solo la carga. Esto elimina las pérdidas en el núcleo (sin carga) en los transformadores que no están en servicio.

Este dispositivo de autoprotección, emplea un mecanismo de señalización visual de apertura tipo bandera, con un color fácilmente observable, indicando que el interruptor ha operado y debe ser restablecido, una vez se ha verificado la causa de la falla.

Adicional, el Magnex tiene incorporado un flotador, el cual evita su operación manual en condiciones de bajo nivel del líquido aislante.

Figura 48: Magnex

10.21 Fusible de expulsión

Se instala inmerso en líquido aislante, bien sea dentro del aislador de media tensión o montado sobre un soporte aislante convenientemente fijado a la estructura metálica del transformador.

Su conexión se hace internamente entre el devanado y el aislador de MT, el cual tiene como función específica respaldar la operación del breaker y actuar únicamente en caso de falla interna del transformador con el objetivo de separarlo de la red.

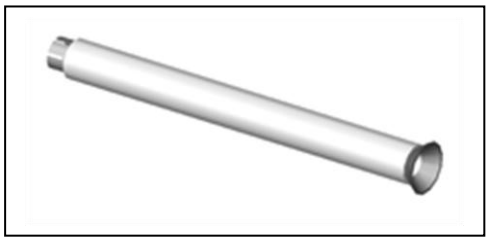


Figura 49: Fusible

10.22 Transformador de corriente

Su función es reducir a valores normales y no peligrosos las características de corriente en un sistema eléctrico, con el fin de transmitir una señal y permitir el empleo de instrumentos de medición o dispositivos de protección o control.

Figura 50: Transformador de corriente

11. Marcación terminales

Las marcaciones de los terminales de media y baja tensión en este tipo de transformadores dependen de dos factores:

- La norma (NTC o ANSI)
- La polaridad (aditiva o sustractiva)

11.1 Polaridad

La polaridad en los transformadores monofásicos está definida por norma (ANSI C57.12.70) de la siguiente manera:

Todo transformador monofásico con potencia ≤ 200 kVA **y** voltaje de MT ≤ 8660 V será **POLARIDAD ADITIVA,** los demás transformadores tendrán **POLARIDAD SUSTRACTIVA.**

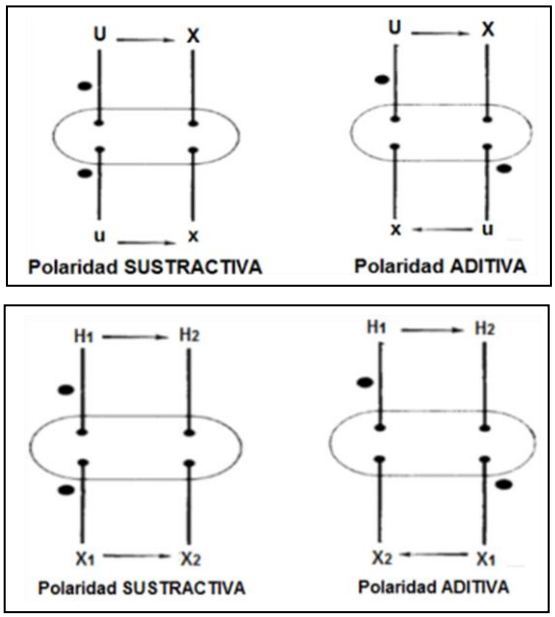


Figura 51: Polaridad según NTC y ANSI

- **Ejemplos de polaridad según las características del transformador monofásico**

Potencia (kVA)	Voltaje AT	Polaridad
5	19920	Sustractiva
5	4160	Aditiva
10	13200	Sustractiva
15	13200	Sustractiva
25	2400	Aditiva
37,5	7620	Aditiva
37,5	10000	Sustractiva
50	7620	Aditiva
75	13200	Sustractiva
100	11400	Sustractiva
167	2400	Aditiva
250	4160	Sustractiva
250	13200	Sustractiva
333	11400	Sustractiva
333	2400	Sustractiva
500	13200	Sustractiva

Notas:

- Un transformador monofásico puede cambiar de polaridad por requerimiento del cliente.
- La polaridad en los transformadores monofásicos es muy importante cuando estos son utilizados para armar bancos trifásicos.

11.2 Marcación norma NTC y polaridad en transformadores monofásicos

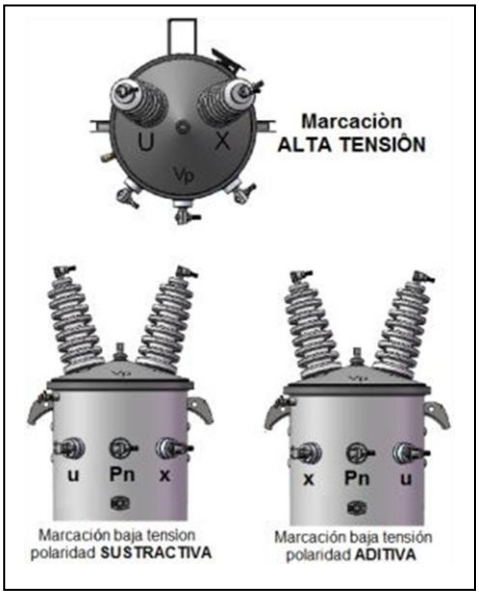


Figura 52: Marcación según NTC

11.3 Marcación norma NTC en transformadores trifásicos

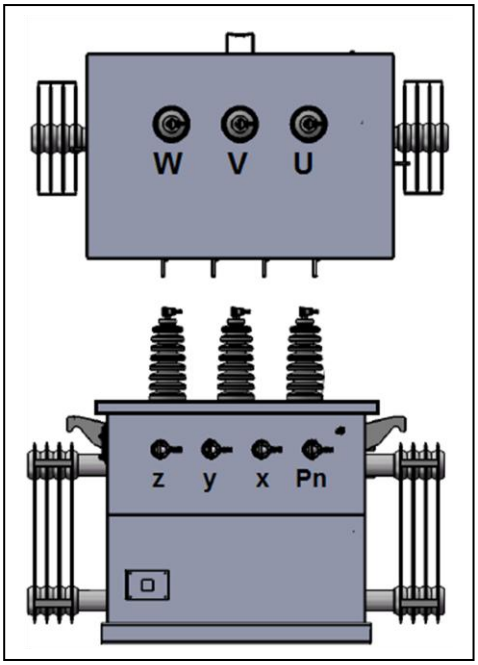


Figura 53: Marcación NTC

11.4 Marcación norma ANSI y POLARIDAD en transformadores monofásicos

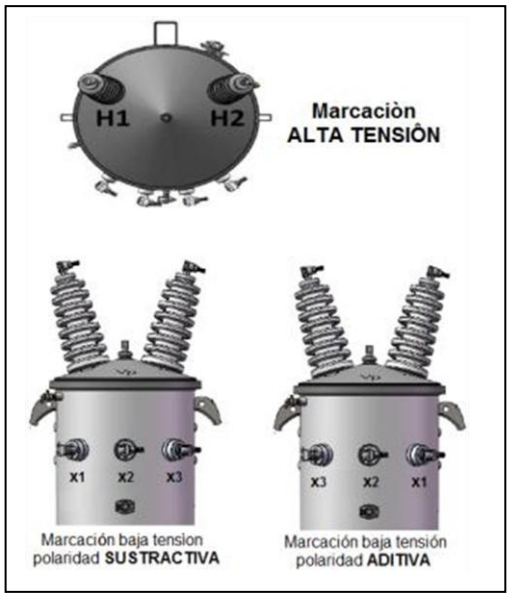


Figura 54: Marcación según ANSI

11.5 Marcación norma ANSI en transformadores trifásicos

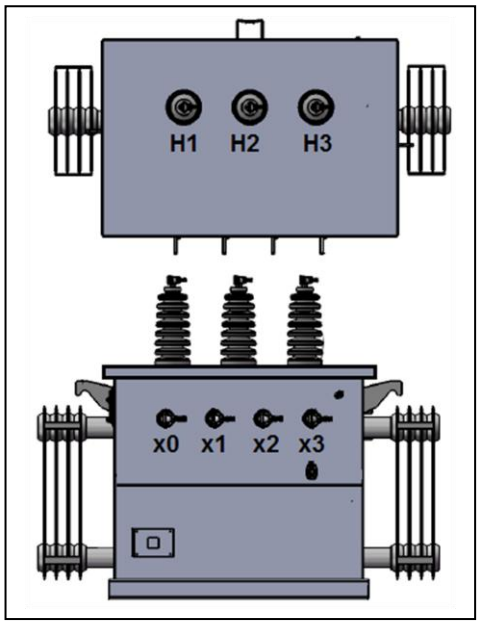


Figura 55: Marcación ANSI

- Las marcaciones en los terminales de media tensión se realizan con letras MAYÚSCULAS y para los terminales de baja tensión se realizan con letras MINÚSCULAS.

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

- Grupo de conexión
- Índice horario

11.6 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.

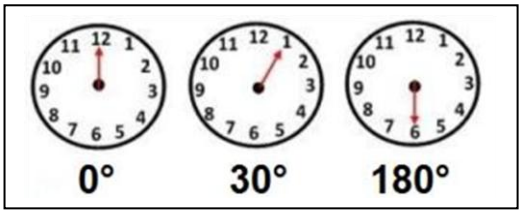


Figura 56: Ejemplos índice horario

11.7 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.

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 transformador, verifique lo siguiente:

- Remueva todo rastro de suciedad y materiales extraños de los aisladores de media y baja tensión.
- Limpie el tanque del transformador.
- Revise que los accesorios estén en buen estado y debidamente ajustados.
- Verifique que no se presenten fugas de líquido aislante.
- Asegúrese que el transformador no presente golpes o daños que puedan invalidar su buen funcionamiento.
- Revise la información consignada en la placa de características y verifique que está de acuerdo con los requerimientos (potencia, voltajes, etc.).
- Retire la base y el huacal (si lo tiene) del transformador.
- Verifique que el conmutador este bien anclado y en la posición requerida.
- Cerciórese que el punto neutro de baja tensión y los DPS están correctamente aterrizados 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 57: TTR análogo o de manivela

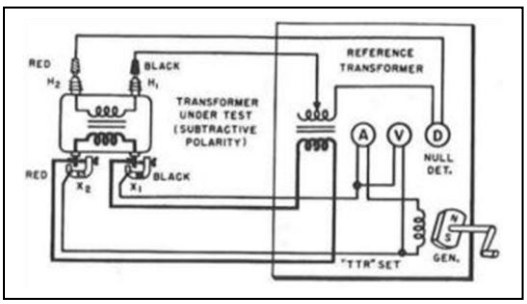


Figura 58: Conexión TTR al transformador bajo prueba

- **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 59: 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 60: 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 MT así:

- En transformadores trifásicos entre U-V, U-W, V-W, o H1-H2, H1-H3, H2-H3.

- En transformadores monofásicos entre U-X 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 BT, conecte el medidor entre cada par de terminales así:

- En transformadores trifásicos entre x-y, x-z, y-z o x1-x2, x1-x3, x2-x3.

- En transformadores monofásicos entre u-x o x1-x2

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

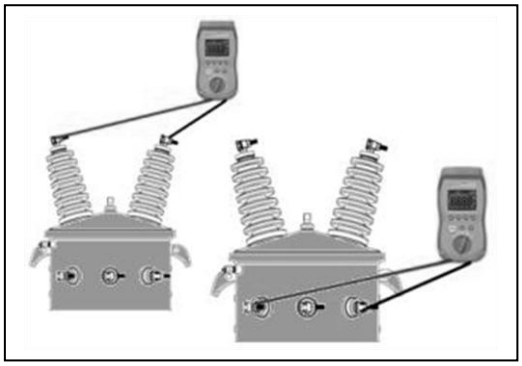


Figura 61: Medición resistencia devanados MT y BT

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

- Al medir el devanado de MT, alguno de los valores arrojados es más o menos el doble de lo consignado en el certificado de pruebas (figura 62).

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

- Al medir el devanado de BT, alguno de los valores arrojados es más o menos el doble de lo consignado en el certificado de pruebas o no registra ningún valor (figura 63).

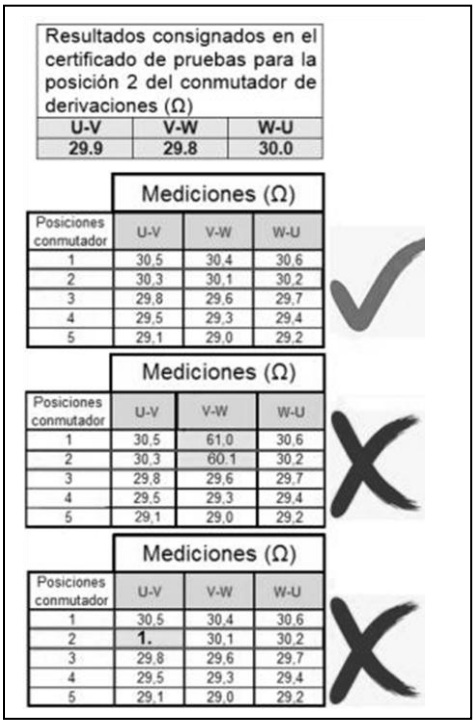


Figura 62: Ejemplos de medición en MT

Figura 63: Ejemplos de medición en 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 humedad o partículas metálicas

- 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).

- Proceda de la siguiente manera:

- En transformadores monofásicos, cortocircuite los terminales de MT (U-X o H1-H2) y los de BT (u-Pn-x o x1-x2-x3).

- En transformadores trifásicos, cortocircuite los terminales de MT (U-V-W o H1-H2-H3) y los de BT (Pn-x-y-z o x1-x2-x3).

- Se recomienda aplicar el voltaje de prueba, teniendo en cuenta

  la clase del devanado bajo ensayo:

Clase (kV)	Voltaje DC (kV)
⩽ 1.2	1
> 1.2	5

- Realice la prueba durante un (1) minuto por cada medición (MT vs BT, MT vs T y BT vs T).

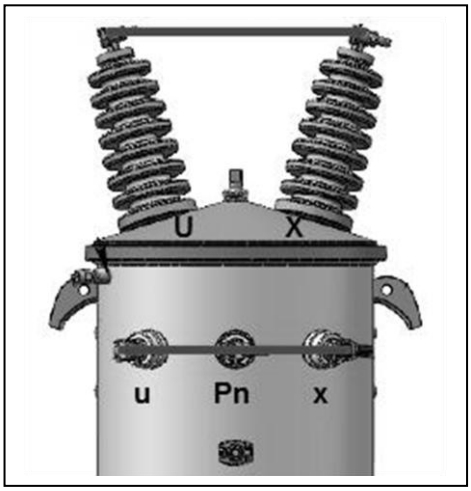


Figura 64: Cortocircuito terminales de media y baja tensión

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

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

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

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

➢ **Interpretación de los resultados**

Este ensayo no tiene correspondencia entre el valor de la potencia nominal, la tensión del transformador y la resistencia de aislamiento, razón por la cual, los valores mínimos se dejan a criterio del fabricante.

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

➢ Compare los resultados obtenidos contra los reportados por MAGNETRON S.A.S. en el certificado de pruebas, estos deberían dar muy cercanos o por encima de lo medido en fábrica.

➢ Tenga en cuenta los valores mínimos establecidos por MAGNETRON S.A.S. según la clase del transformador.

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

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

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

R = Resistencia a 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 transformador, comuníquese con MAGNETRON S.A.S.

12.3 Pruebas al líquido aislante

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

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

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

Las pruebas mínimas requeridas son:

12.3.1 Rigidez dieléctrica

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

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

12.3.2 Contenido de agua

Este método de prueba cubre la medición del agua presente en el líquido aislante mediante titulación coulométrica de Karl Fischer.

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

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

12.3.4 Aspecto (visual)

El líquido aislante debe tener un aspecto ópticamente transparente para permitir la inspección visual dentro del tanque del equipo.

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

12.3.5 Otras pruebas

A continuación, se listan otras pruebas que se pueden realizar al líquido aislante para corroborar su estado:

- 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.

12.3.6 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.

13. Instalación y puesta en servicio

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

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

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

13.1 Montaje en poste

- Se pueden instalar subestaciones con transformadores en poste, sin ningún tipo de encerramiento, siempre que la potencia no supere los 250 kVA ni pese más de 800 kgf teniendo en cuenta lo siguiente:

Potencia (kVA)	Peso máx (kgf)	UN POSTE resistencia de ruptura mín (kgf)
≤ 112,5	600	510
112.5 < kVA ≤ 150	700	750
150 < kVA ≤ 250	800	1050

- Se debe evitar el uso de estructuras con doble poste para la instalación de transformadores, ya que generan mayor impacto visual e incomodidad en la movilidad.

- En instalaciones rurales o pequeños caseríos, transformadores hasta 25 kVA pueden ser instalados en postes de madera con resistencia de ruptura menor o igual a 510 kgf.

- Toda subestación tipo poste debe tener por lo menos en el lado primario del transformador protección contra sobrecorrientes y contra sobretensiones (DPS).

- El DPS debe instalarse lo más cerca posible de los bujes del primario (+/- 50 cm).

- Los elementos de fijación del transformador deben soportar por lo menos 2.5 veces el peso de este.

- El transformador, al fijarse al poste, debe quedar con una inclinación de 90° +/- 2°.

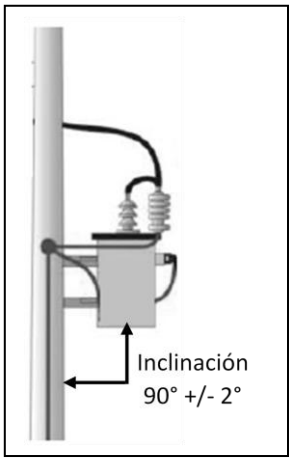


Figura 65: Grado de inclinación

Precaución: Un grado de inclinación 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 transformador.

13.2 Sistema de puesta a tierra

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

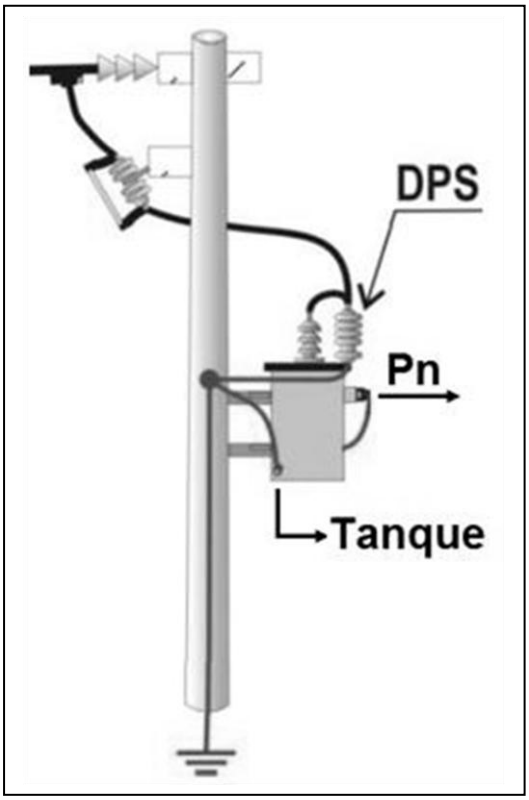


Figura 66: Sistema puesta a tierra

- El sistema de puesta a tierra tiene los siguientes objetivos:
  - Garantizar la seguridad a los seres vivos.
  - La protección de las instalaciones.
  - La compatibilidad electromagnética.
  - Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
  - Servir de referencia común al sistema eléctrico.

- Valores de referencia para el sistema de puesta a tierra.

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

13.3 Secuencia de conexión

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

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

13.4 Puesta en servicio

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

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

- Asegúrese que el interruptor (Magnex o breaker) está en posición "CERRADO (CLOSE)".
- Si el interruptor está equipado con palanca de emergencia (EO), asegúrese que esté en posición normal (N).
- Una vez instalado el transformador, déjelo en reposo mínimo 4 horas para transformadores con aceite mineral y mínimo 6 horas para transformadores con aceite vegetal.
- Energice el transformador en vacío (sin carga).
- Asegúrese que el transformador no produce ruidos anormales (zumbidos, chisporroteos, flameo, etc.).
- Verifique el voltaje de salida y compruebe que está balanceado y dentro de lo requerido.
- Instale gradualmente la carga y siga revisando el voltaje de salida.
- Una vez instalada toda la carga, revise por varias horas el funcionamiento del transformador.
- Lleve un registro escrito de las condiciones finales de instalación.
- Limpie y ordene el área de trabajo.

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

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

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

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

- Almacene los transformadores de manera que no se requiera ningún movimiento mecánico para energizar el transformador (es decir: El seccionador en posición CERRADO o CLOSE, el conmutador anclado en la posición de trabajo, etc.), adoptando este enfoque, no se debe requerir ningún movimiento mecánico para energizar el transformador.

- No accione los componentes móviles (seccionador, conmutador, magnex, breaker, etc.) antes o poco después de su energización; en condiciones extremas de temperatura, el líquido aislante se torna más viscoso (comienza a espesarse y, con el tiempo, puede gelificarse), dificultando la maniobra mecánica de los componentes y extinguir los arcos eléctricos más lentamente.

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

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

- Conecte gradualmente la carga.

- Una vez instalada toda la carga, observe el funcionamiento del transformador por un tiempo.

- Para cambiar algún componente dañado internamente (un fusible BAY-O-NET, por ejemplo), cuando la temperatura ambiente está por debajo de -30°C, se debe calentar el transformador para hacer más líquido el aceite vegetal.

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 12.3.5.

- Si y solo si los resultados son satisfactorios, prosiga de la siguiente manera:

  - ✓ Energice el transformador sin carga, durante 4 horas como mínimo para transformadores en aceite mineral y 6 horas como mínimo para transformadores en aceite vegetal.

  - ✓ Una vez cumplido el tiempo mínimo de energización sin carga, conecte gradualmente la carga, de acuerdo a la siguiente tabla:

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

- Una vez instalada toda la carga, revise periódicamente el funcionamiento del transformador.

- Lleve un registro escrito de las condiciones finales de instalación.

- Limpie y ordene el área de trabajo.

Si durante la ejecución de las pruebas descritas en esta guía, desde el numeral 12.2.1 hasta el numeral 12.3.5, 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 conexión del TTR al transformador, de acuerdo al grupo de conexión,	X				
Revisar que el magnex este en posición CERRADO (close)	X	X			
Revisar que el breaker este en posición CERRADO (close)	X	X			
Revisar correcto enclavamiento del breaker	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 transformador, desconecte las fuentes de tensión de MT y BT con el fin de dejarlo fuera de servicio.

Desconecte los terminales de MT (fuente de alimentación), cortocircuítelos y conéctelos al sistema de puesta a tierra.

Desconecte los terminales de BT (carga), 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 trabajo.

El dueño del transformador 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 transformador, verificando lo siguiente:

  - Estado y limpieza del tanque.
  - Estado y limpieza de los aisladores de MT y BT.
  - Estado y limpieza de los pararrayos (DPS).
  - Estado y limpieza de los empaques.
  - Estado y limpieza de la válvula de sobrepresión.
  - Ajuste de las conexiones.
  - Estado de la pintura.
  - Fugas del líquido aislante.
  - Funcionamiento y correcto enclavamiento del conmutador de derivaciones.
  - Funcionamiento y correcto enclavamiento del interruptor (Magnex o breaker).

- 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.

- Inclinación en el poste.

15.2 Mantenimiento correctivo

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

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

Ítem	Descripción
1	Aisladores y terminales de AT
2	Aisladores y terminales de BT
3	DPS + soportes
4	Conmutador
5	Válvula de sobrepresión
6	Nivel de líquido aislante
7	Dispositivos de izaje transformador
8	Dispositivos para izaje de la tapa
9	Puesta a tierra del tanque
10	Puesta a tierra del punto neutro
11	Placa de características
12	Interruptor (Magnex o breaker)
13	Luz piloto
14	Soportes para colgar al poste
15	Radiador
16	Protección BT (bajo pedido)

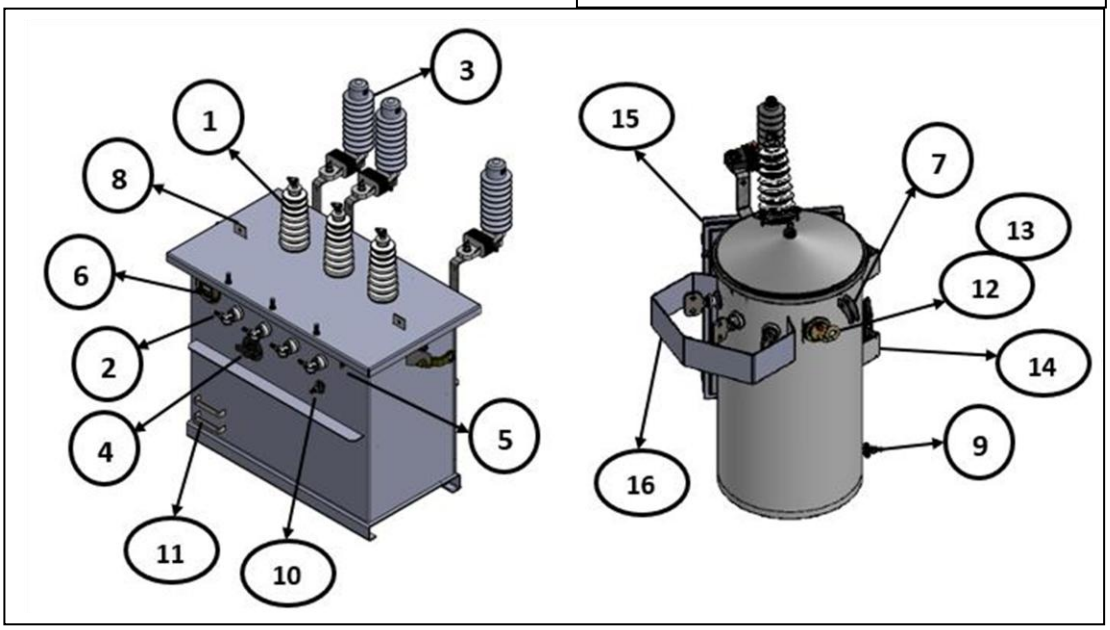


Figura 67: Partes externas del transformador

16. Reparación

- El dueño del transformador es el responsable de inspeccionarlo, mantenerlo y conservarlo en buenas condiciones.

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

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

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

17. Problemas y posibles soluciones

- Recuerde cumplir a cabalidad los numerales de **"Revisión y pruebas antes de la instalación" e "Instalación y puesta en servicio**" (numerales 12 y 13).
- El ajuste de los accesorios se debe hacer con un torquímetro, aplicando los torques listados en el numeral **18 "Torque de ajuste".**
- El ajuste de los accesorios se hace solo externamente, para los 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 MT	X			X		
Estado pararrayos	X					
Características del pararrayos	X					
Energizar sin carga	X	X				
Revisar estado de los fusibles		X				
Revisar que los fusibles sean los correctos (amperaje)		X				
Correcto aterrizaje del transformador (tanque)		X	X			
Correcto aterrizaje del Pn			X			
Revisar ajustes de las conexión del cableado			X	X		
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 conexión del TTR al transformador, de acuerdo al grupo de conexión,	X				
Revisar que el magnex este en posición CERRADO (close)	X	X			
Revisar que el breaker este en posición CERRADO (close)	X	X			
Revisar correcto enclavamiento del breaker	X	X			
Revisar equipo de medición, que este en el rango correcto		X			
Limpieza de los terminales de MT y BT			X		
Temperatura de la prueba			X		
Corrección resultados por temperatura			X		
Revisar que el punto neutro este desconectado de tierra				X	
Si tiene pantalla electrostática, que no esté conectada a tierra.				X	
Revisar proceso de toma de muestras					X
Tomar una segunda muestra para validar resultados					X
Tomar muestra cuando se ha cumplido el tiempo de energización sin carga					X

18. Torques de ajuste

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

18.1 Tornillería en general

T o r q u e (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).

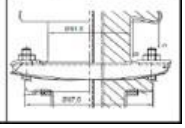
18.2 Ajuste tapa en transformadores monofásicos

Diámetro tanque (mm)	Torque (lb ft)	Tornillo viga
312	18	Corto
345	21	Corto
370		Corto
406	28	Corto
442	32	Corto
478		Largo
514	34	Largo
550		Largo
586		Largo

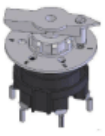
18.3 Ajuste tapa en transformadores trifásicos

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

18.4 Terminales de MT y BT

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

18.5 Conmutador de derivaciones

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

18.6 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	

18.7 Magnex

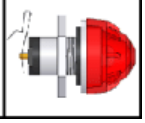
Marca	Sujeción	Torque ajuste (lbf.ft)	Imagen
COOPER	Externa	8 a 10	

18.8 Breaker

El torque de ajuste varía de acuerdo a la marca del dispositivo.

Marca	Sujeción	Torque ajuste (lbf.ft)	Imagen
ERMCO	Interna	18	
HINDÚ	Externa	30	

18.9 Luz piloto

Marca	Sujeción	Torque ajuste (lbf.ft)	Imagen
ERMCO	Interna	4 a 5	

19. Medio ambiente

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

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

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

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

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

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

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

- 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.

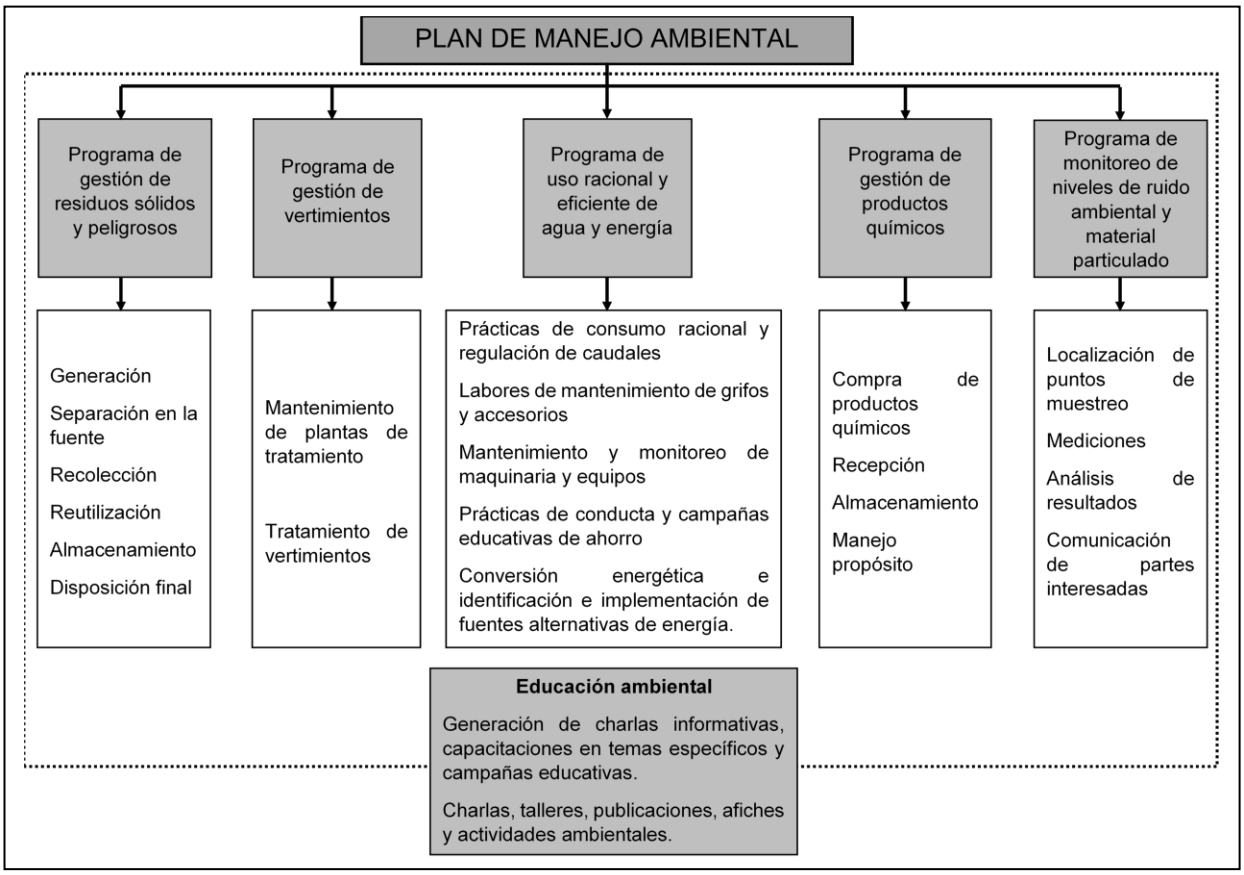


Figura 68: Plan de manejo ambiental MAGNETRON S.A.S.

20. Términos y condiciones de garantía

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

21. Anexo A

21.1 Transformadores CSP antifraude o blindados

Los transformadores autoprotegidos pueden suministrarse con un gabinete en baja tensión, bajo solicitud del cliente. Este gabinete es conocido como antifraude o blindado.

Los soportes para colgar al poste, pueden ubicarse en el mismo lado de los terminales de baja tensión u opuestos a ellos.

Para la instalación, se recomienda tener presente las siguientes instrucciones:

- Retire la tapa superior del gabinete antes de subirlo al poste.

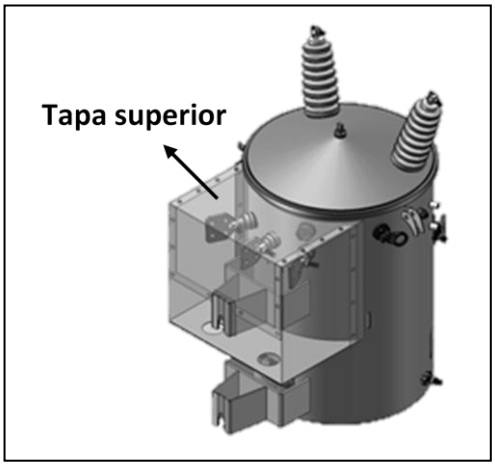


Figura 69: Tapa superior gabinete

- Instale el transformador en el poste.

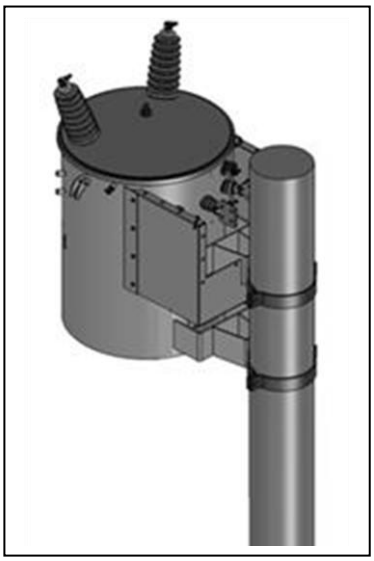


Figura 70: Transformador en poste

- Conecte la carga en los terminales de baja tensión.
-

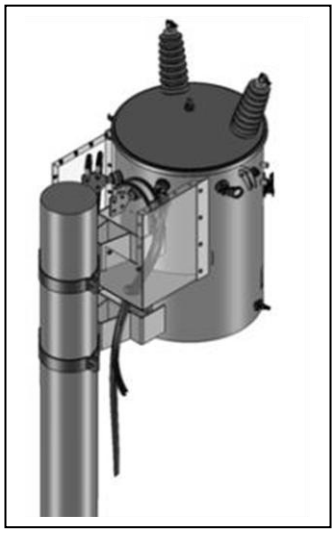


Figura 71: Conexión carga

Nota: Cuando los soportes para colgar al poste se encuentran en baja tensión, es muy importante que los cables de las conexiones de la carga no pasen en medio de

los soportes, esto puede inducir corrientes.

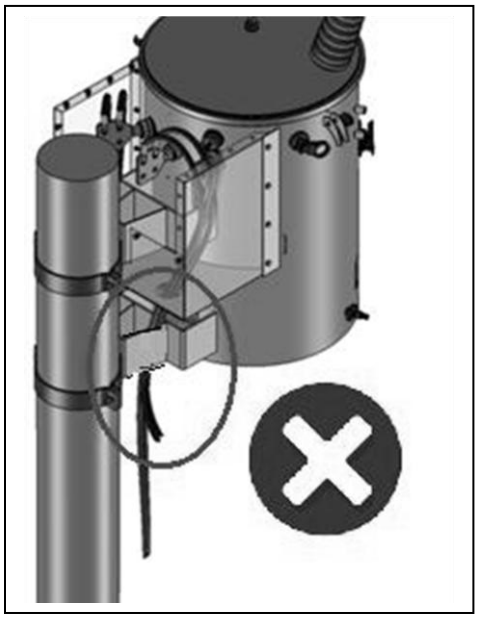


Figura 72: No permitido, cables en medio de los soportes para colgar al poste

- Los cables de la carga deben salir por las perforaciones inferiores del gabinete.

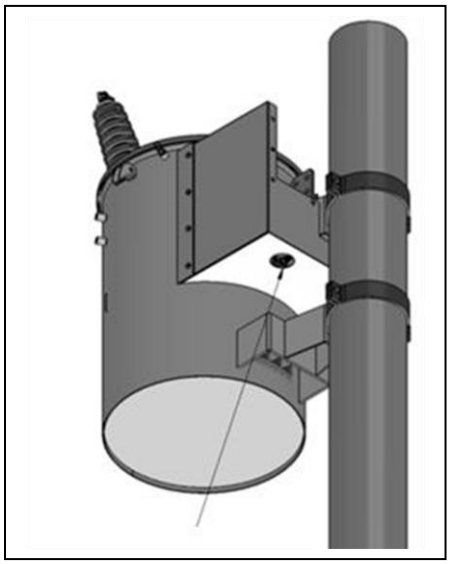


Figura 73: Perforaciones inferiores

- Coloque y asegure la tapa superior.

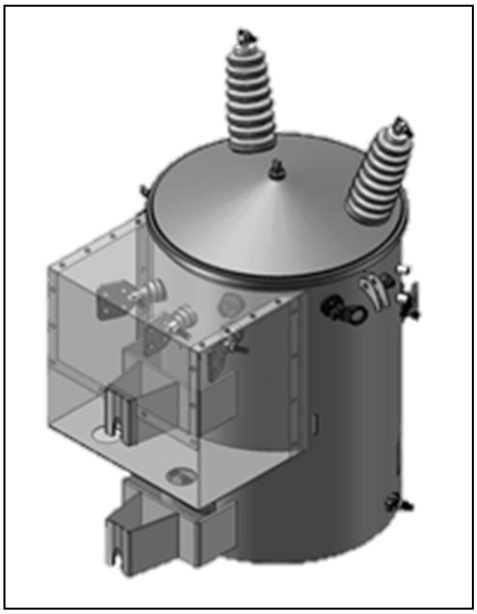


Figura 74: Blindado con soportes para colgar al poste en BT

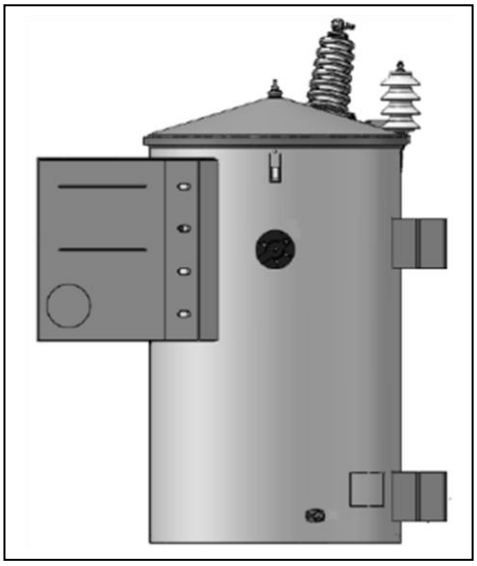


Figura 75: Blindado con soportes para colgar al poste en MT

20.2 Esquemas de conexión transformadores autoprotegidos

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

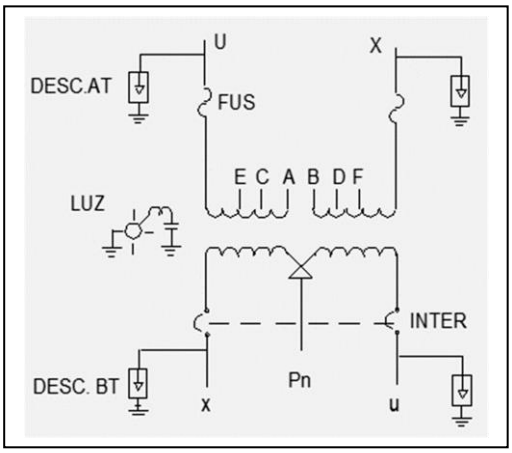


Figura 76: Transformador CSP con breaker, devanado de MT en conexión fase - fase

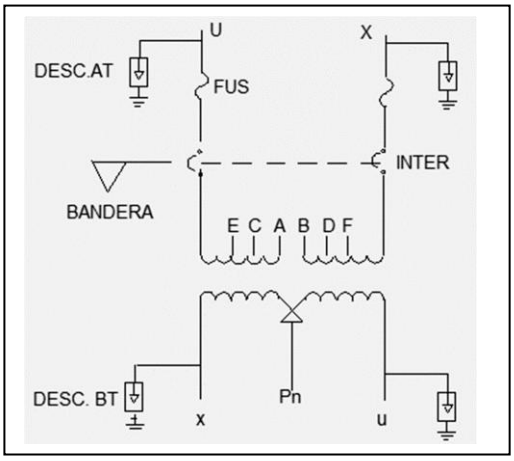


Figura 78: Transformador CSP con magnex, devanado de MT en conexión fase - fase

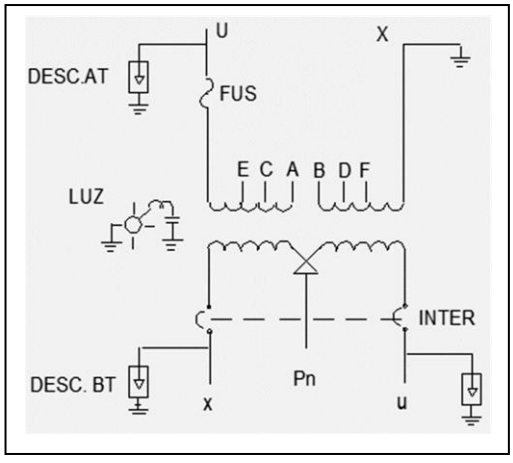


Figura 77: Transformador CSP con breaker, devanado de MT en conexión fase - tierra

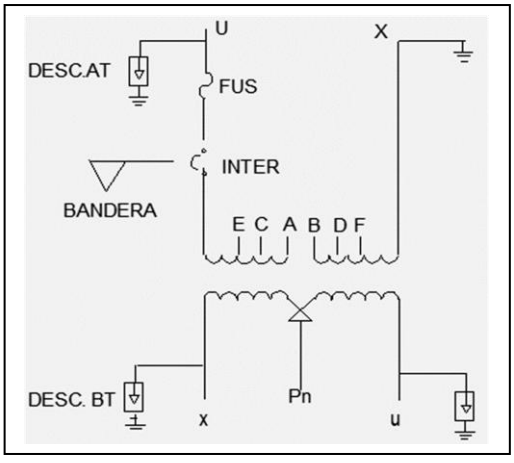


Figura 79: Transformador CSP con magnex, devanado de MT en conexión fase - tierra

22. 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

TRANSFORMAMOS
LA ENERGÍA
EN DESARROLLO
SOSTENIBLE

GENERANDO
RIQUEZA CON
SENTIDO SOCIAL