



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

Área de Energía las Industrias y los Recursos naturales no Renovables

## **TEMA**

**“Descripción y funcionamiento de una cámara de transformación”**

Informe Técnico previo a la obtención del título de tecnólogo en Electricidad

**Autor:**

**Carlos Alberto Armijos M**

**Director:**

**Ing. Ramiro Marcelo Borrero Espinosa**

Loja- Ecuador



**CERTIFICACIÓN**

Ingeniero  
Ramiro Marcelo Borrero Espinosa  
DIRECTOR DEL TRABAJO PRACTICO

**Certifica**

Que el trabajo de investigación titulado “Descripción y Funcionamiento de una Cámara de Transformación” desarrollado por el Señor Carlos Alberto Armijos Minga, previo a la obtención del Título de Tecnólogo en Electricidad, ha sido realizado bajo mi dirección, mismo que cumple los requisitos de grado exigidos en las Normas de Graduación, por lo cual autorizo su presentación y defensa ante el tribunal de grado.

.....

Ing. Ramiro Borrero  
Director del Trabajo Práctico



**AUTORIA**

Todos los contenidos expuestos en el presente Informe Técnico sobre el presente tema “Descripción y Funcionamiento de una Cámara de Transformación”, son de exclusiva responsabilidad del Autor

.....  
Carlos Alberto Armijos Minga



## **DEDICATORIA:**

Con el afecto más grande dedico este trabajo a mis queridos padres, y a mis queridos abuelitos, quienes con su trabajo y sus grandes sacrificios me supieron brindarme todo el apoyo necesario para poder culminar con éxitos esta etapa estudiantil.

También les dedico a mis distinguidos maestros los mismos que a través de sus sabias enseñanzas; me guiaron por el camino de la superación. Así mismo a esta prestigiosa institución que día a día forma mejores profesionales para el adelanto de la patria toda.



## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento primeramente va a Dios por haber permitido culminar con agrado y existir este trabajo.

Dejo constancia de mi más profundo agradecimiento al Ing. Ramiro Borrero quien con su dirección supo encaminarme hasta llegar a la feliz culminación de este trabajo que es el producto de grandes esfuerzos, trabajo sencillo pero con hondo sentido de responsabilidad. Agradezco así mismo a todos los Ingenieros, Señor Director de la Aérea de Energía y las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, y quienes laboran en la EERSSA, ya que todos han contribuido para llegar alcanzar esta meta propuesta, ya que con su apoyo y asesoramiento hemos podido finalizar una etapa más.

## RESUMEN

Las cámaras de transformación en general deben estar ubicadas lo más cerca posible de la red primaria del servicio público, deben ser fácilmente accesibles y tener suficiente amplitud manteniendo las distancias mínimas permitidas tanto entre partes activas como entre estas y tierra, de tal manera de permitir el acceso de personal calificado para que pueda realizar mantenimiento preventivo o correctivo del equipo instalado. La construcción de una cámara de transformación dependerá de la zona y las facilidades que preste el terreno, pudiendo ser estas; externa o semi-subterránea.

El diseño y construcción de cámaras de transformación toma en cuenta dos aspectos globales muy importantes, la parte civil y la parte eléctrica.

Los equipos eléctricos a utilizarse en una cámara de transformación se encuentran bien definidos, puesto que siendo el transformador el equipo principal el resto de equipos son complementarios de este, debido a que se trata de la protección tanto en el lado de baja como en el de alta del transformador, y del accesorio elegido al inicio y final del cable utilizado para la alimentación del mismo

El propósito de las protecciones eléctricas es: reducir al mínimo posible el numero interrupciones de servicio, proteger de daños a los equipos durante cualquier tipo de fallas, y ahorro de tiempo y dinero en la localización de fallas y restauración del servicio

La selección del transformador depende de varios factores condicionantes como: la capacidad del transformador que es una función directa de las cargas iniciales y futuras a servirse, el nivel de voltaje, nivel de aislamiento, tipo de aislamiento sea esta externa o interna, etc. En algunos casos se debe también tomar en cuenta el nivel de ruido permisible.



## **ABSTRACT**

The overall processing chambers should be located as close as possible to the primary network of public service should be easily accessible and have sufficient amplitude to maintain the minimum distances between live parts allowed both between them and land in such a way to allow access to qualified personnel to perform preventive and corrective maintenance of equipment installed. The construction of a processing chamber depends on the area and facilities to provide the land, may be these, external or semi-underground. The design and construction of chambers transformation takes into account two important global aspects, the civil and electrical.

Electrical equipment for use in a processing chamber are well defined, as being the transformer core team the other teams are complementary to this, because it is protection on both the low and in that of high transformer and accessory chosen at the beginning and end of the cable used to power the same. The purpose of electrical protection is: to reduce to a minimum number of service interruptions, protect from damage during any type of equipment failure, and saves time and money on troubleshooting and service restoration. The selection of the transformer depends on several determinants such as the processor's capacity is a direct function of the initial and future loads to be served, the voltage level, level of insulation, insulation, type of insulation is this internal or external, etc. . In some cases we must also take into account the allowable noise level.

**INDICE DE TEMAS**

**CONTENIDOS**

**PÀGINA**

CERTIFICACION.....	I
AUTORIA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN.....	V
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION</b>	
INTRODUCCION.....	2
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>4</b>
<b>DESCRIPCION TECNICA Y UTILIDAD</b>	
2 Descripción técnica y utilidad.....	5
2.1 Centros de transformación.....	8
2.1.1 Clasificación de los Centros de Transformación.....	8
- Subterráneo.....	8
- En planta sótano.....	10
- Centro de Transformación de intemperie.....	10
- Centros de seccionamientos o de paso.....	10
- Centros de distribución o de Empresas.....	11
- Centros de abono o cliente.....	11
2.2 Partes fundamentales.....	11
- Celda de entrada de línea.....	11
- Celda de salida de línea.....	12
- Celda de seccionamiento.....	12
- Celda de medida.....	12
- Celda de protección de maquina o transformador.....	12
- Celda de transformación.....	13
2.3 Partes de las funciones e instalaciones que deben existir en un centro de transformación.....	13
- Aislador.....	13
- Conductores.....	14
- Seccionador.....	14



- Interruptor.....	15
- poder de corte.....	15
- Interruptor-seccionador.....	16
- Interruptor automático.....	16
- seccionador de puesta a tierra.....	17
- Relés directos.....	17
- Relés indirectos.....	17
- termómetro.....	17
- transformadores.....	18
2.4 Sistema de Puesta a Tierra.....	20
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>24</b>
<b>DISEÑO Y CONSTRUCCION</b>	
3 Acceso a la cámara.....	24
3.1 Ductos de ventilación.....	26
3.2 Base del transformador.....	26
3.3 Canales de conductores y de evacuación de aceite.....	27
3.3.1 Canales de conductores.....	27
3.3.2 Canales de evacuación de aceite.....	27
3.4 Equipos eléctricos.....	28
- Pararrayos.....	29
- Seccionador fusible.....	29
- Tira fusible.....	29
- Base porta fusible.....	30
- Terminal para cable o bote.....	30
- Transformador de distribución.....	30
- Limites de funcionamiento de un transformador.....	30
3.5 Selección de los equipos de protección.....	31
3.6 Material a utilizar para la instalación de los equipos.....	32
3.7 Mallado de puesta a tierra.....	33
4 Dimensiones de la cámara.....	36
4.1 Largo de la cámara.....	36
4.2 Ancho de la cámara.....	36
4.3 Alto de la cámara.....	36
4.1 Ubicación de los equipos.....	37
4.1.1 Ubicación del bote o terminal para cable.....	37



4.1.2 Ubicación de los seccionadores.....	37
4.1.3 Ubicación de las bases porta fusibles.....	37
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>38</b>
<b>MATERIALES Y SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>	
4 Materiales.....	39
4.1 Seguridad.....	40
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5. Conclusiones.....	43
5.1 Recomendaciones.....	44
<b>ANEXOS.....</b>	<b>45</b>
Anexo #1.....	46
Anexo #2.....	47
Anexo #3.....	48
Anexo #1.....	49
Anexo #2.....	50
Anexo #3.....	51
Anexo #1.....	52
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>53</b>



# CAPITULO I

# INTRODUCCION

## INTRODUCCION

El primer sistema comercial de corriente alterna con fines de distribución de la energía eléctrica que usaba transformadores, se puso en operación en los Estados Unidos de América, en el año de 1886 en Great Barington, Mass, en ese mismo año, la energía eléctrica se transmitió a 2000 volts en corriente alterna a una distancia de 30 kilómetros, en una línea construida en Cerchi, Italia. A partir de estas pequeñas aplicaciones iniciales, la industria eléctrica en el mundo, ha recorrido en tal forma, que en la actualidad es factor del desarrollo de los pueblos, formando parte importante en esta industria el transformador.

El transformador, es un dispositivo que no tiene partes móviles, el cual transfiere la energía eléctrica de un circuito u otro bajo el principio de inducción electromagnética. La transferencia de energía la hace por lo general con cambios en los valores de voltajes y corrientes.

La elección correcta de un banco de transformadores no es tarea que se pueda tomar a la ligera, por lo que el conocimiento a fondo de esta máquina es indispensable para todo proyectista eléctrico. Por otra parte, poner fuera de servicio un transformador representa un serio problema para las empresas que se ocupan de prestar servicio de electricidad a las comunidades, ya que ello siempre trae consigo un apagón más o menos prolongado de un sector poblacional.

La invención del transformador marco un hito en el proceso de la industria eléctrica, ya que permite aumentar o disminuir eficaz, segura y convenientemente el voltaje de grandes cantidades de energía de corriente alterna

Debido a transformación, en la actualidad se ha desarrollado una gran serie de transformadores, en los cuales predomina el transformador tipo padmounted

Los transformadores de distribución trifásico tipo Padmounted son diseñados para servicio subterráneo y exterior montados sobre una base de concreto.

El transformador es armado con los compartimientos de alta y baja tensión separados, y equipados con puertas frontales. El compartimiento de alto voltaje no es accesible mientras la puerta del compartimiento de baja tensión este abierta. El compartimiento de baja tensión tiene una provisión para que el usuario instale un candado para seguridad. Todas las partes vivas se encuentran en compartimientos totalmente bloqueados adecuadamente por seguridad. Una cubierta sobre la toma del tanque es accesible a través



del gabinete y proporciona la protección contra daños por vandalismo y el medio ambiente

Acorde a la descripción de la importancia de los transformadores en un sistema eléctrico, he creído conveniente proponer el proyecto de Titulación para Tecnólogo en Electricidad y control industrial “DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UNA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN”



# CAPITULO II

## DESCRIPCION TECNICA

## **Descripción técnica**

El diseño de cámaras convencionales basado en el análisis teórico-práctico, con el propósito de establecer criterios de usos generales para dar una explicación de cómo está estructurada una cámara de transformación que a continuación la detallamos.

El proyecto de diseño de cámaras de transformación eléctricas, es decir, el definir y preparar la obra civil sean estas; dimensiones internas de la cámara, dimensiones de los canales; tanto de evacuación del aceite en caso de derrame como de los canales que llevarán los conductores de alta (acometida) y baja tensión (servicio) acceso y ventilación, etc. de acuerdo a la potencia del transformador.

La cámara de transformación la cual sirve como prueba de nuestro proyecto, es de propiedad de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A la misma que está ubicada en las calles Olmedo y Rocafuerte esquina.

El diseño y construcción de cámaras de transformación toma en cuenta dos aspectos muy importantes, la parte civil y la parte eléctrica.

La parte eléctrica está íntimamente ligada a la obra civil, porque de esto depende el buen funcionamiento de los diferentes equipos contenidos en la cámara.

La parte civil comprende la construcción de paredes, pisos, y techos. En la construcción de las paredes se debe considerar la ventana de ventilación y el acceso a la cámara, mientras que en la construcción del piso, se debe considerar la base del transformador paredes pisos y techos. El canal de evacuación de aceite siempre se construirá alrededor de la base del transformador.

Para el acceso a la cámara se tiene tres alternativas:

Frontal izquierda

Central

Frontal derecha

El acceso debe tener una puerta cuyas dimensiones depende del voltaje de operación y la potencia del transformador, puesto que este es el equipo más grande que debe ingresar a la cámara para potencias menores a 630 Kva el ancho de los transformadores no es mayor a 100cm entonces, se justifica que el ancho de la puerta sea de 140 cm para cámaras con un nivel de voltaje de 13800 V, En tanto que para transformadores con potencias mayores a 630 Kva varía considerablemente respecto a las anteriores, con lo que el ancho de las puertas deberá estar de acuerdo con la potencia del transformador.

En la cámara de distribución la ventilación es el objetivo porque disipa el calor producido por el transformador en funcionamiento. La temperatura alcanzada por el transformador en funcionamiento que depende de las pérdidas totales (vacío y con carga)

En el caso de que no exista ventilación de algún tipo (natural o forzada), el transformador alcanzara temperatura excesiva lo cual va en detrimento de su vida útil. Entonces, para las cámaras el tipo de ventilación previsto es mediante circulación de aire, esta circulación se dará por ventanas o ductos que deberán estar instaladas lo más cerca posible al transformador.

La base del transformador se puede construir utilizando hormigón en masa u hormigón armado, en el caso de utilizar el hormigón en masa el espesor puede ser de 20 a 30 cm sin superar los 40cm, mientras que si se utiliza el hormigón armado (preparado con hierro) el espesor máximo deberá ser de 60cm.

Las dimensiones de la base para ubicar el transformador varía de acuerdo a la potencia de este, para dimensionar esta base se puede considerar lo siguiente:

Las medidas de largo y ancho según la potencia será de una sola medida para un rango de potencias

Los equipos eléctricos a utilizar en una cámara de distribución se encuentran bien definidos, puesto que siendo el transformador el equipo principal el resto del equipo son complementarios de este,

Los equipos o elementos necesarios para la instalación de la cámara depende del tipo de acometida, es decir, si la acometida se lo realiza desde un poste de una red aérea los equipos a utilizar son; pararrayos, terminales para cable, seccionador fusible. En tanto que si se realizara desde una cámara adyacente los equipos a utilizar son: seccionadores, bote o Terminal para cable, seccionador fusible, y fusible de baja.

El diseño de un sistema de distribución debe anticiparse a una variedad de situaciones las cuales pueden interferir en la operación normal del sistema. Las condiciones anormales predominantes en circuitos de distribución son las fallas en las líneas, sistemas sobrecargados, y falla de equipos, disturbios atmosféricos y la interferencia humana o animal con el sistema son generalmente la causa fundamental de estas condiciones. Entonces surge la necesidad de hablar de las protecciones eléctricas.

El propósito de las protecciones eléctricas es; reducir al mínimo posible el número de interrupciones de servicio, proteger de daños a los equipos durante cualquier tipo de falla, y ahorro de tiempo y dinero en la localización de la falla y restauración del servicio.





La protección de una cámara de transformación generalmente se la realiza a partir de la acometida. Si la acometida se la hace desde un poste, en el puede darse cualquier tipo de falla externa. Esta falla externa puede ser de origen mecánico y de origen eléctrico. De origen mecánico en el caso de ruptura de la estructura, ruptura de un aislador por contacto de agentes extraños (árboles) o de origen eléctrico en el caso de descargas atmosféricas.

En el caso de las acometidas totalmente subterráneas no es tan crítico las descargas atmosféricas como para una falla eléctrica, pero puede ser causante de una falla mecánica por el temblor que puede producir la descarga.

Siguiendo una secuencia de protección, lo primero que se debe considerar en esta instalación es la protección para sobre voltajes y la principal causa es producida por descargas atmosférica, aunque podrían ser causadas por fallas o por mala operación del sistema. Entonces, para la protección de sobre voltaje se utiliza el pararrayos.

Para la selección del pararrayos se debe considerar las características de protección presentadas por el fabricante de este tipo de pararrayos y utilizado con mayor frecuencia en nuestro medio.

## 2.1 CENTROS DE TRANSFORMACION

### 2.1.1 Clasificación de los Centros de Transformación

Los centros de transformaciones clasifican las instalaciones en función de sus tensiones, por lo que la clasificación en categorías es la siguiente:

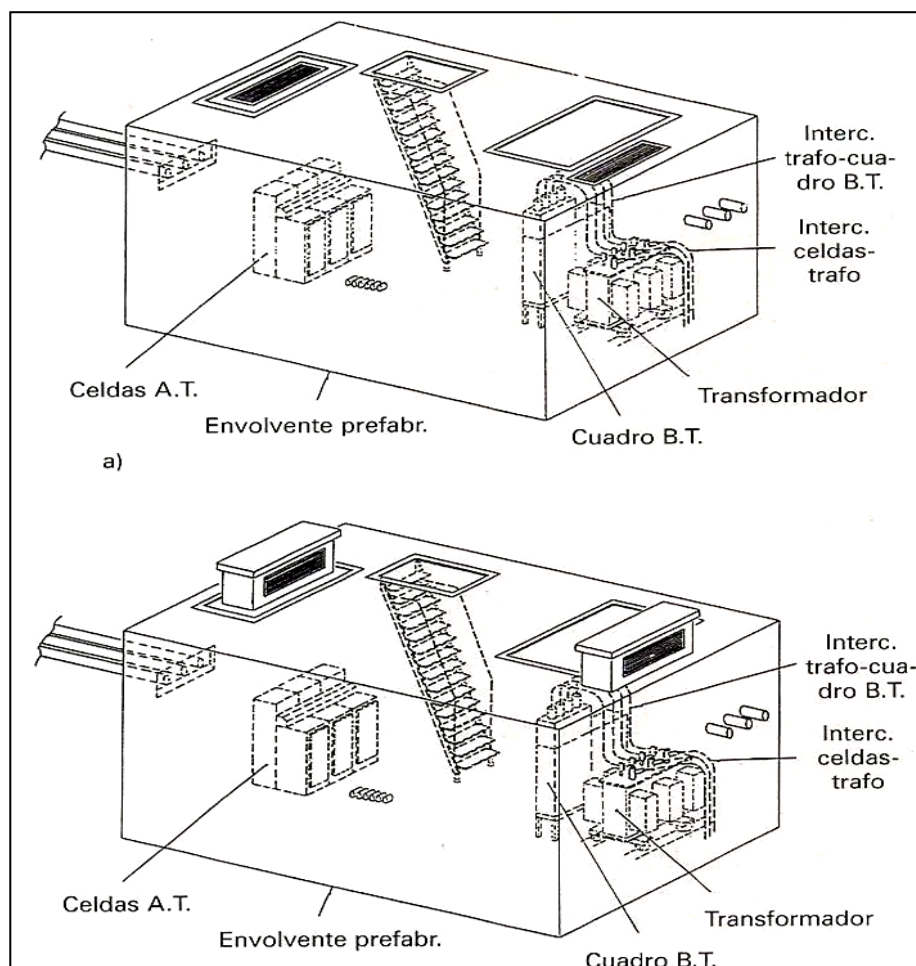
**Primera categoría:** Las de tensiones nominales superiores a 66 KV

**Segunda categoría:** Las tensiones nominales iguales o inferiores a 66 KV y superior a 30KV

**Tercera categoría:** Las de tensiones nominales igual o inferior a 30KV y superior a 1KV

#### - Subterráneo

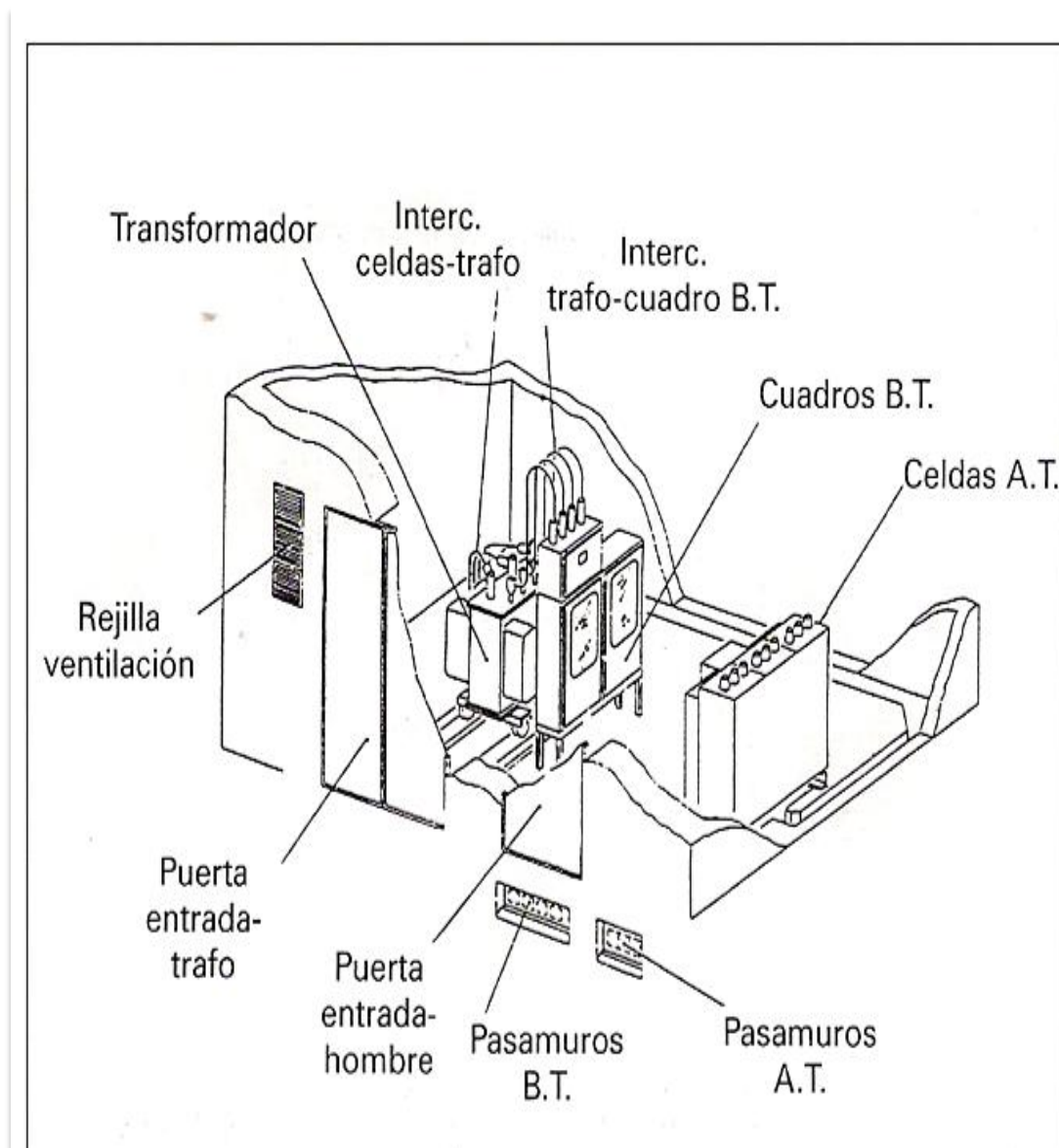
Subterráneo. Alojados en el subsuelo, la alimentación será subterránea **figura 2.1**



**Figura 2.1 Centros de Transformación Subterráneos**

Los Centros de Transformación también pueden instalarse en edificios destinados a otros usos, alojándose en locales exclusivamente dedicadas a estas instalaciones, pudiendo situar en:

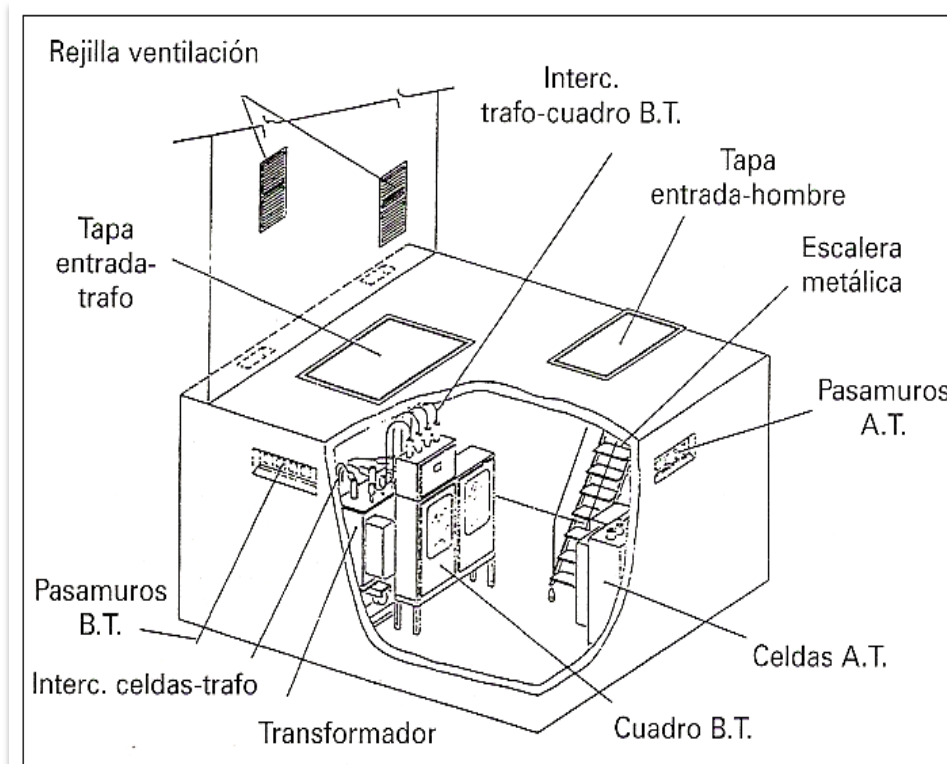
En planta baja de los edificios, generalmente de viviendas o de locales comerciales, **figura 2.2**



**Figura 2.2 Centros de Transformación situados en planta baja**

**- En planta sótano**

En planta sótano, instalándose en la primera planta sótano del edificio, **figura 2.3**



**Figura 2.3 Centros de Transformación en planta sótano**

**- Centro de Transformación de intemperie**

Centros de Transformación de intemperie, se instalan sobre apoyos, no superando las 160 KVA de potencia. Las protecciones contra cortocircuito y/o sobrecargas se realizan por medio de fusibles de expulsión montados sobre seccionadores tipo COT-OUT o a punto concreto, figura 3.6 La protección contra descargas o sobretensiones de origen atmosférico se realiza por medio de auto- válvulas.

Según su alimentación estos pueden ser:

- **Alimentación en punta.** Únicamente tiene una línea de alimentación, es decir, parten de la red principal en derivación o constituyen el punto final de la misma.

**- Centros de seccionamientos o de paso**

Los Centros de Seccionamientos o de Paso. Se utilizan para el seccionamiento de una línea, y para mejorar la maniobrabilidad de la misma. Normalmente en todo centro de seccionamiento existen varias cabinas o elementos de corte en cargas preparados para poder realizar maniobras adecuadas sobre las líneas de entrada y salida. Cuando el Centro de Transformación es propiedad del cliente, al ser las celdas de acometidas de uso exclusivo de la E.E.R.S.S.A será necesaria la instalación de elementos de corte,

seccionadores o interruptores, que puedan dejar sin servicio dicho Centro de Transformación.

## **- Centros de distribución o de Empresas**

Centros de Distribución o Empresas. Son aquellos que pertenecen a la E.E.R.S.S.A. De estos centros parten las diferentes redes de Baja Tensión para alimentar a los clientes

## **- Centros de abono o cliente**

Centros de abono o cliente.- son de propiedad del cliente

Su tensión de alimentación viene condicionada por la tensión de red de la E.E.R.S.S.A que distribuya en la zona.

Dentro de este tipo de centros podemos distinguir dos centros:

**Con equipo de medida en B.T** normalmente estos centros son de pequeña potencia y de tipo intemperie.

**Con equipo de medida de A.T** para esto es obligatorio que dicho centro disponga de una celda de medida en la que irán alojados los transformadores de intensidad y de tensión respectivamente, y en ese orden el sentido de la corriente. Además será obligatoria la instalación de un armario que se encuentre separado de dichas celdas, donde irán alojados los diferentes componentes que forman el equipo de medida como son: contador de activa (si la potencia del centro de transformación es superior a 50 KVA, el contador de activa estará dotada de Maxi- metro) contador de reactiva, placas Diovas o de comprobación, reloj, etc.

Todo Centro de Transformación de cliente deberán disponer de mallas de puesta a tierra.

## **2.2 Partes fundamentales**

De forma general, los diferentes elementos que constituyen las instalaciones de los centros de transformación son: interruptores, seccionadores, barras colectoras, transformadores de medida, transformadores de potencia, etc.

Estos elementos se montan en celdas, y en cada uno de ellos se agrupan los correspondientes a cada circuito, como son los de entrada y/o salida de línea o los correspondientes a la protección de transformador o total del centro. También se agrupan funciones como la medida de la energía.

## **- Celda de entrada de línea**

Es la encargada de recibir el conductor que alimenta al Centro de Transformación, está equipada con interruptor de corte en carga, de seccionador de puesta a tierra.

## - Celda de salida de línea

Es la encargada de interrumpir el conductor de salida a otros Centros de Transformación si desde este Centro de Transformación se alimenta a un centro de puntas existirá otra celda que será la encargada de seccionar dicha línea. Está equipada igualmente con interruptor de corte en carga, seccionador de puesta a tierra

## - Celda de seccionamiento

Es la encargada de dejar fuera de servicio la parte del Centro de Transformación propio del abonado. En función de la potencia del Centro de Transformación estará dotada de seccionador si la potencia es inferior a 1.000 KVA o de interruptor automático si la potencia es superior.

Celda de Seccionamiento y Protección General. Es la encargada de alojar los elementos de seccionamiento y protección general del Centro de Transformación cuando la sobrecarga o cortocircuito que se pudieran formar estén aguas arriba de los elementos de protección individual que llevan cada uno de los transformadores. El corte se realizara en un medio aislante, donde el interruptor automático realiza la apertura de sus contactos, este medio aislante puede ser aire, aceite, igualmente dentro de la celda, como se a dicho anteriormente, si la potencia del Centro de Transformación supera los 1.00 KVA se instalara un relé direccional homopolar autónomo de protección contra derivaciones a tierra con un transformador **toroidal sobre el cabré que haga actuar al interruptor automático en caso de que la intensidad de defecto sea superior a la tarada.** El interruptor automático general en el caso de que el centro de transformación solo tuviera un solo transformador sería el encargado de la protección del mismo.

## - Celda de medida

Compuestas por tres transformadores de intensidad y tres de tensión. El equipo de medida compuestos por los contadores, placas de comprobación y reloj se encuentran situados fuera de la celda para evitar cualquier riesgo para el personal que realiza su lectura.

## - Celda de protección de maquina o transformador

Corresponde con la protección individual del transformador se realiza con interruptor y fusibles combinados, o bien, por interruptor automáticos gobernados, estos bien por relés directos o por relés indirectos en función de las intensidades aportadas por los transformadores de intensidad. Si la potencia del centro de Transformación como hemos visto antes supera en el conjunto total de la suma de los transformadores los 1.000 KVA se aconseja la colocación de relés autónomos de protección a tierra con el fin de que en

caso de que uno de los trafos sea el causante de averías, dispense su protección y no deje a todo el centro de transformación sin servicio.

**- Celda de transformación**

Punto donde se coloca el transformador de potencia. Deberá estar protegido por tabiques o muros, que impida la proyección de material y aceite al resto de las instalaciones, en caso de proyección de los mismos.

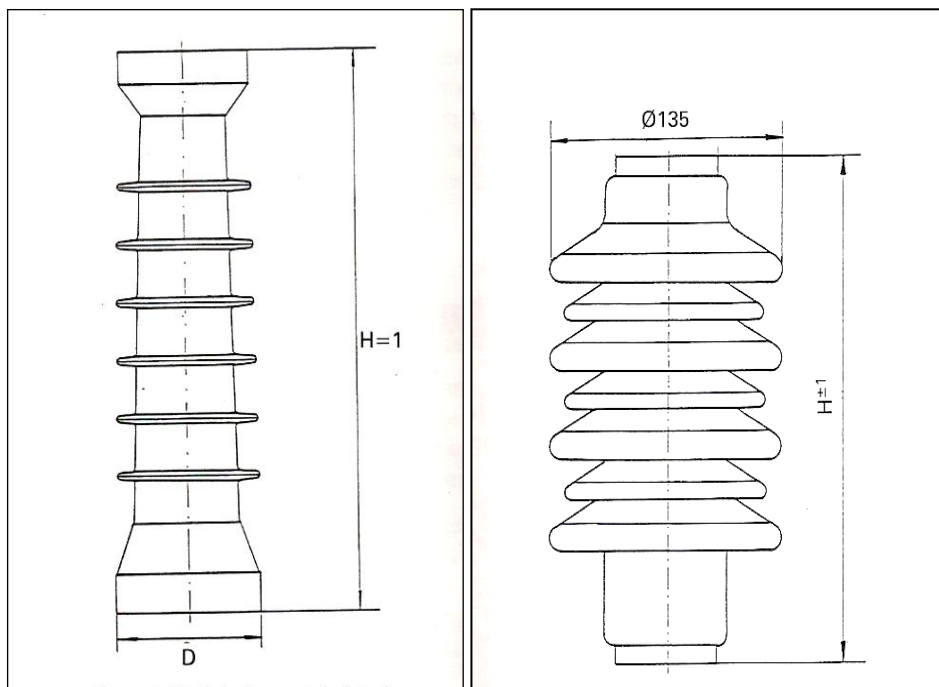
De igual forma deberá preverse la recogida del aceite en caso de accidente.

**2.3 Partes de las funciones e instalaciones que deben existir en un centro de transformación**

**- Aislador**

Son piezas de material aislante que sirven para soportar o sujetar conductores o equipos eléctricos. En función de donde se sitúen podrán ser de interior, figura 2.4 a) o de exterior, figura 2.4 b)

Los materiales más utilizados en la fabricación de aisladores para equipos de maniobra interior en centro de transformación son: la Esteatita y las resinas de Epoxi, por su gran capacidad para soportar los grandes esfuerzos mecánicos que se producen cuando se realiza la apertura y cierre de los elementos de conexión.



**Figura 2.4. Aisladores a) de interior figura 2.4 Aisladores b) exteriores**

## - Conductores

La entrada a los centros de transformación se realizara con cable seco de tensión nominal en función de la de red, de línea, conectándose a estos por medio de conectores o terminales.

Conector y Terminales

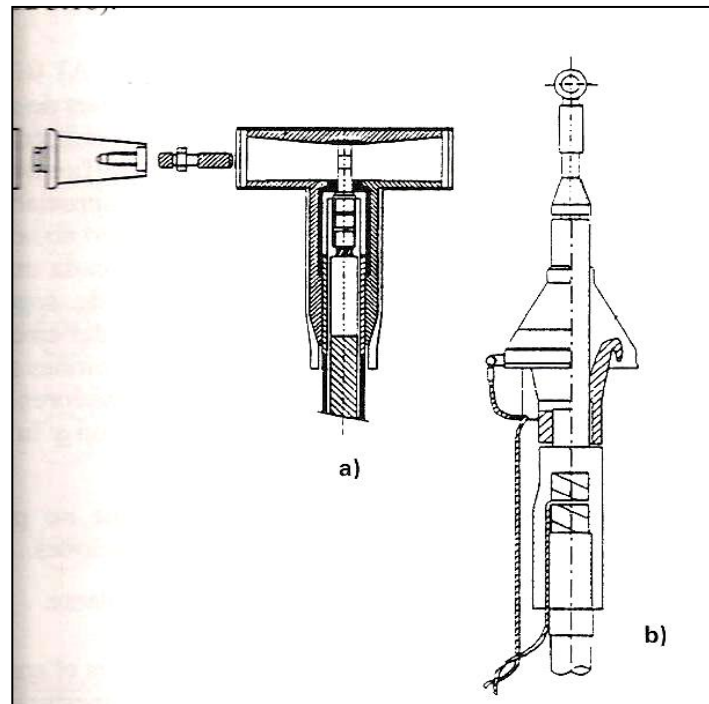


Figura 2.5 Conector o Terminales

## - Seccionador

El seccionador es un aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad en posición abierta, asegura una distancia de seccionamiento que satisface a condiciones especificadas. También es capaz de abrir y cerrar un circuito cuando es despreciable la corriente a interrumpir o a establecer, o bien cuando no se produce cambio apreciable de tensión en bornes de cada uno de los polos del seccionador. Es también capaz de soportar corrientes de paso en las condiciones normales del circuito, así como durante un tiempo especificado en condiciones anormales, tales como las del cortocircuito, los seccionadores pueden ser unipolares y tripolares, según la instalación y la función que vayan a realizar.

Su montaje deberá realizarse de tal modo que no pueda cerrarse de forma imprevista, por gravedad o vibraciones.

Pueden ser igualmente del tipo giratorio o basculante.



**- Interruptor**

La norma dice el interruptor : es el aparato dotado de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y el cierre de un circuito, que tiene dos posiciones en las que puede permanecer en ausencia de acción exterior y que corresponden una a la apertura y otra al cierre del circuito.

Los procedimientos utilizados más comúnmente para la extinción del arco son:

Aéreos con apagachispas o cuernos

De soplado magnético

De soplado neumático o autoneumático

En baño de aceite, pequeño volumen de aceite, gas (SF6) hexafluoruro de azufre.

**- Poder de corte**

Valor de intensidad que el aparato es capaz de cortar bajo una intensidad de restablecimiento determinada y en las condiciones prescritas de funcionamiento.

Existen muchos tipos, en la figura 3.17 se representa uno de ellos.

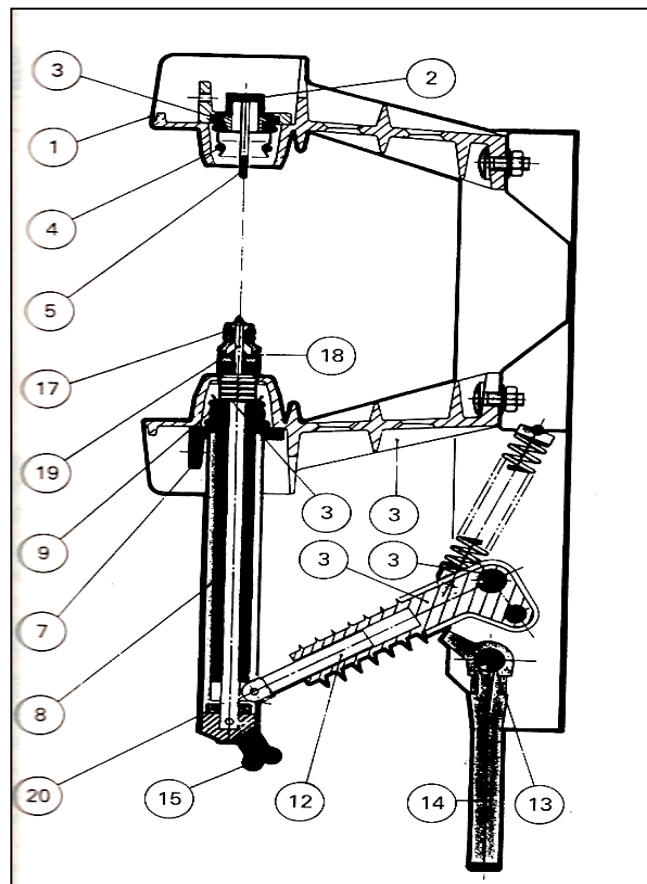


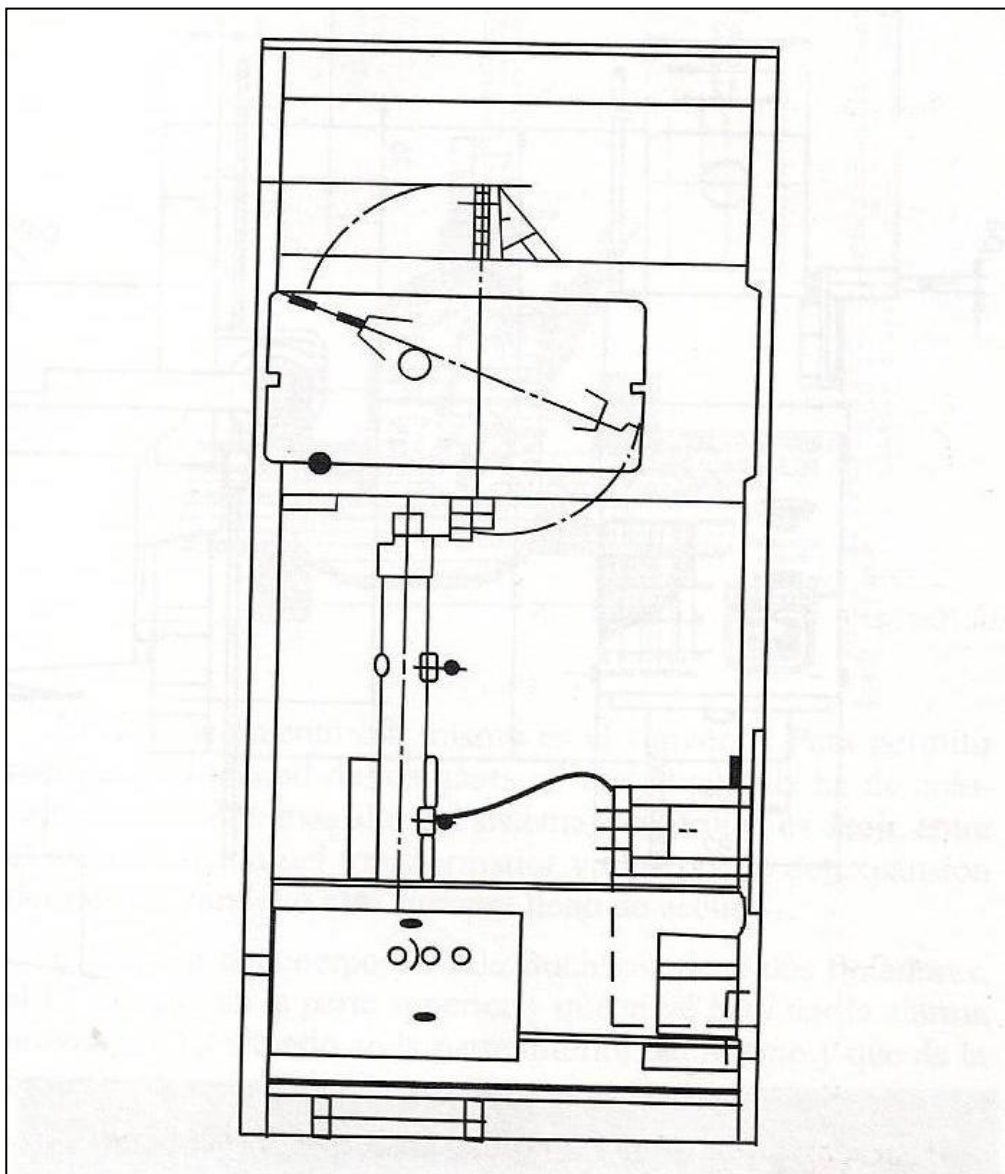
Figura 2.6 Poder de corte

**- Interruptor-seccionador**

Es un interruptor que en la posición abierta, satisface las condiciones de aislamiento especificadas para un seccionador

**- Interruptor automático**

La MIE-RAT 01.-30.- dice: interruptor capaz de establecer, mantener e interrumpir la intensidad de la corriente de servicio, o interrumpir automáticamente o establecer, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormalmente elevadas, tales como las corrientes de cortocircuito, (figura 2.7).



**Figura 2.7 Interruptor Automático**

Se utilizan para la protección de instalaciones y transformadores.

El accionamiento de estos aparatos, además de manual, será automático, dando la orden, relés de sobreintensidad (directos o indirectos), relés de corriente homopolar o bobinas de disparo, bien de mínima tensión o a emisión de corriente.

Una de las características más importantes de estos aparatos es su poder de corte, que deberá estar en función del tipo y forma de explotación de la red, así como del punto en donde se instalen, dependiendo de la potencia de cortocircuito de la misma.

## **- Seccionador de puesta a tierra**

Aparatos de conexión utilizados para poner a tierra partes de un circuito o instalación. Puede soportar durante determinado tiempo, intensidades en condiciones anormales como las de cortocircuito, pero no previstos para soportar la intensidad en las condiciones normales del circuito o instalación.

En algunos casos tienen un poder de cierre nominal.

La maniobra de estos aparatos puede considerarse a la posición de un interruptor o seccionador, es decir, estar enclavados mecánicamente. Hay aparatos que llevan incorporados el seccionador de puesta a tierra.

## **- Relés directos**

Son los excitados por la propia intensidad que pasa por cada fase que alimenta al transformador o al receptor a proteger, si la intensidad es superior a la que se ha tarado el mismo provoca el disparo del interruptor asociado a él.

Cuando se asocia el relé con fusibles de a.p.r. los valores adecuados de los mismos, en función de la potencia del transformador y de la tensión de alimentación

## **- Relés indirectos**

Relés indirectos.- los relés indirectos están excitados por una intensidad reducida.

## **- Termómetro**

Para el control de la temperatura que se encuentra el aceite de los transformadores de M.T se suelen utilizar termómetros. Si la potencia del transformador es pequeña, se suele instalar termómetros de columna sobre la tapa del transformador. Este aparato está dotado en su interior de alcohol coloreado de color rojo y alojado dentro de una ampolla de cristal en la que se ha grabado una escala donde se realiza la lectura.

El termómetro de esfera, además de señalar la lectura directa, va equipado con dos, contactos, regulares, que permiten:

- ✓ Accionar una alarma a una temperatura predeterminada.

- ✓ Ordenar la desconexión del transformador por alcanzar una temperatura.

## - Transformadores

Es una maquina estática, de inducción electromagnética destinada a transformar un sistema de corriente variables en otro de intensidades y tensiones generalmente distintas, pudiendo ser su aislamiento en aceite,



**Figura 2.8 Transformador**

Para el sistema eléctrico de distribución, se dispone una gama de transformadores de tipo padmounted. Gracias a las seguridades que estos equipos presentan, generalmente se ubican en espacios frecuentados por los públicos como jardines, parques centros comerciales, etc. Como también son colocados en partes subterráneas, son de frente muerto en alta tensión, poseen una consola para cubrir las partes energizadas y permitir un mejor uso de los espacios.

Estos equipos conjugan alta tecnología en el diseño eléctrico, como también en su construcción mecánica. Así como todos sus componentes y accesorios son de alta confiabilidad.

Los transformadores de tipo padmounted son una alternativa de solución para reducir los espacios demandados por los cuartos de transformación o subestaciones. Poseen una consola con puertas individuales para baja y alta tensión, donde el comportamiento de ésta será accesible solo si el deja tensión y sus respectivos seguros son abiertos.

El diseño de estos transformadores cumple con los requerimientos de las normas nacionales e internacionales, además puede atender otras especificaciones técnicas especiales del cliente.

Figura 2.9 Partes del Transformador

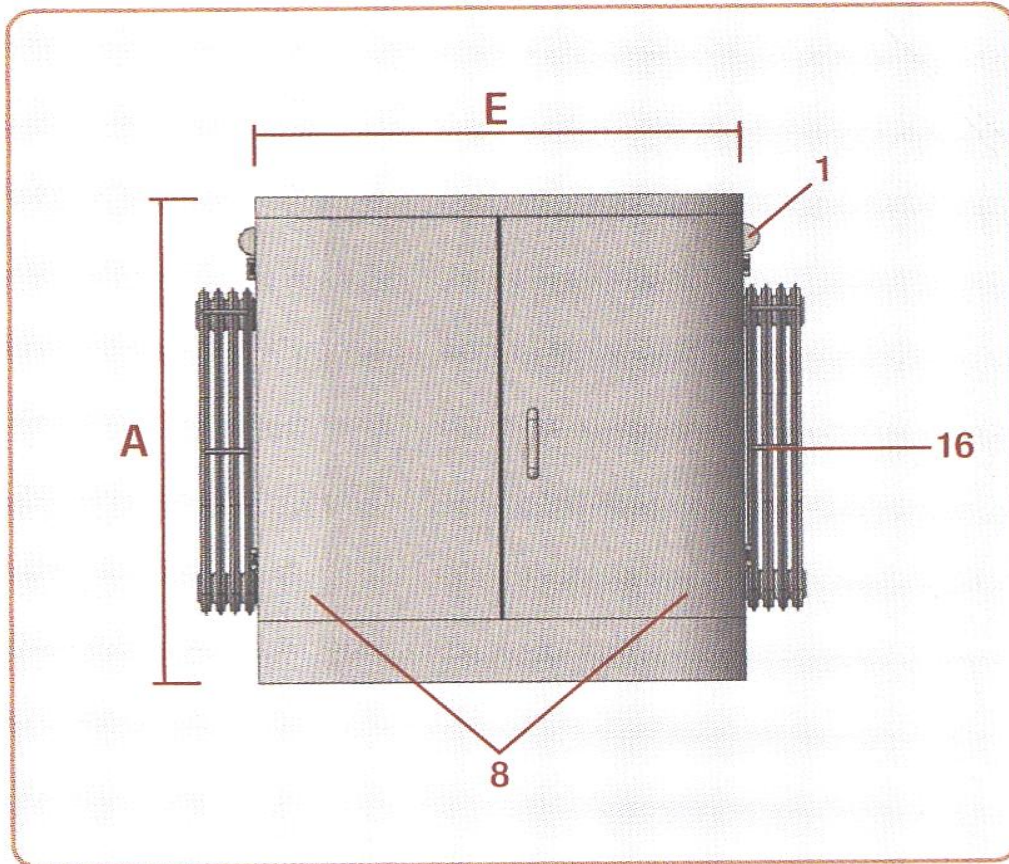
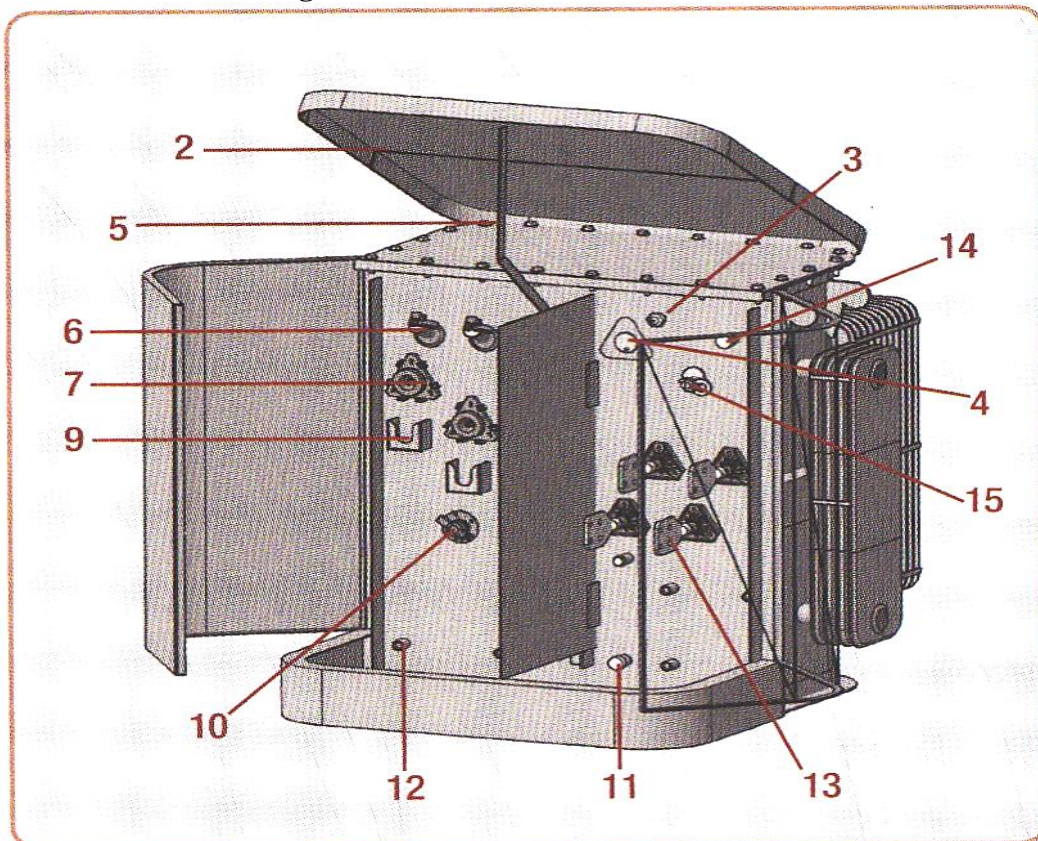


Figura 2.9 Partes del Transformador



## **DESCRIPCIÓN:**

1. Orejas de Levante.
2. Sobretapa de Seguridad.
3. Válvula de Sobrepresión.
4. Visor de Aceite.
5. Soporte de Sobretapa.
6. Fusible tipo Bayoneta.
7. Bushing tipo pozo A.T.
8. Puertas Abatibles.
9. Soporte para Bushing de parqueo.
10. Conmutador de derivaciones.
11. Válvula de drenaje.
12. Buje puesta a tierra.
13. Bushing B.T.
14. Válvula de llenado y recirculación.
15. Breaker de B.T. sumergido en aceite.
16. Radiadores.

**Figura 2.10 Descripción de las partes del Transformador Figuras 2.9**

### **2.4 Sistema de Puesta a Tierra**

#### **Instalación de tierra general**

Cuando la tensión de defecto a tierra en el Centro de Transformación no sea superior a 1.000V se conectarán, a una instalación de tierra general (de protección y de servicio) los siguientes elementos:

- Masas de A.T.
- Masas de B.T.
- Envolturas o pantallas metálicas de los cables.
- Pantallas o enrejados de protección.
- Armaduras metálicas interiores de la edificación.
- Cuba metálica de los transformadores.
- Auto válvulas de A.T y de B.T.
- Bornes de tierra de los detectores de tensión.
- Neutro de los detectores de tensión.
- Neutro de los transformadores.
- Bornes de p.a.t., de los dispositivos portátiles de p.a.t.

- Bornes de p.a.t., de los trafos de intensidad de B.T.

## **Instalaciones de tierras separadas**

Cuando la tensión de defecto a tierra en el Centro de Transformación sea superior a 1.000 los neutros de los transformadores, los bornes de puesta a tierra de los trafos de intensidad de B.T y las auto-válvulas de B.T, se unirán a una instalación de tierras separadas, que se llamara de Neutro o de Servicio, la cual tendrá un valor de resistencia de p.a.t. tal que la tensión transferida a la B.T debida a la intensidad de defecto no sea superior a 1.000V.

En función de las intensidades de defecto ( $I_d$ ) y de la resistividad del terreno ( $p$ ) las distancias que como mínimo deben mantenerse en las instalaciones de tierras separadas, se obtienen de la siguiente expresión:

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi \cdot U_i} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

En donde,

D = Distancia en metros.

$I_d$  = Intensidad de defecto en Amperios.

P = Resistividad del terreno en  $\Omega m$ .

$U_i$  = 1.000V.

## **Elementos constitutivos de los sistemas de puesta a tierra**

Los elementos que constituyen los sistemas de puestas a tierra en el Centros de Transformación son:

- a) Líneas de puesta a tierra.
- b) Electrodo de puesta a tierra

Las líneas de tierra estarán constituidas por conductores de cobre o su sección equivalente en otro tipo de material. En función de la  $I_d$  y la duración del mismo, las secciones (S) mínimas del conductor a emplear en cada línea de tierra a efectos de no alcanzar una temperatura elevada

$$S \geq \frac{I_d}{\alpha} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

**Ecuación 2.2**

Siendo:

$I_d$  =Intensidad de defecto en Amperios.

T = Tiempo de duración de la falta en segundos

$\alpha$  = Para  $t < 5$  seg = 13 para conductor de cobre.

Para  $t = 5$  seg = 4.5 para conductor de acero.

$\Delta\theta = 160 \cdot c$  para conductor aislado

160 \* c para conductor desnudo

Una vez calculadas la sección, se elegirá de las normalizadas, el valor igual o inmediatamente superior al calculado.

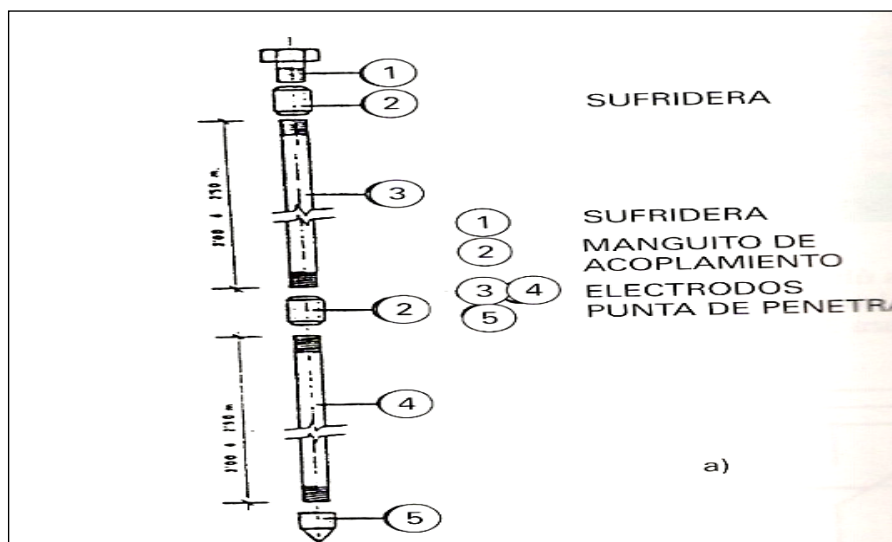
En el caso de las tierra separadas, la línea de tierra de neutro estará aislada en todo su trayecto con un nivel de aislamiento de 10KV a frecuencia industrial (1 minuto)

Y de 20KV a impulso tipo rayo de onda 1.3/50 Us.

**Electrodos de `puesta a tierra.**

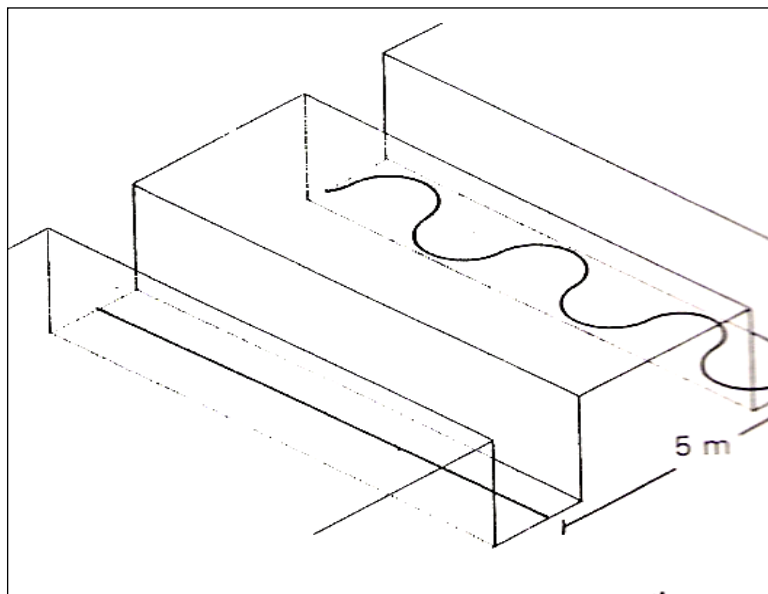
Estar constituidos por cualquiera de los siguientes elementos:

- **Picas** de acero con protección catódica y de acero-cobre
- **Conductor enterrado horizontalmente.**



**Figura 2.11 Conductor enterrado horizontalmente**





**Figura 2.12 Conductor enterrado horizontalmente**



# CAPITULO III

## DISEÑO Y CONSTRUCCION

Las cámaras de transformación en general deben estar ubicadas lo más cerca posible de la red primaria del servicio público, deben ser fácilmente accesibles y tener suficiente amplitud manteniendo las distancias mínimas permitidas tanto entre partes activas como entre estas y tierra, de tal manera de permitir el acceso de personal calificado para que pueda realizar mantenimiento preventivo o correctivo del equipo instalado. La construcción de una cámara de transformación dependerá de la zona y las facilidades que preste el terreno, pudiendo ser estas; externa o semi-subterránea.

El diseño y construcción de cámaras de transformación toma en cuenta dos aspectos globales muy importantes, la parte civil y la parte eléctrica.

Para la obra civil se deberá conocer, por un lado la ubicación del sitio donde se construirá la cámara, materiales a utilizar en paredes techos y pisos de acuerdo al tipo de instalación, por otro lado, el sitio por donde se realizara la acometida, la ubicación de la base para colocar el transformador, las diferentes posibilidades de; ingreso a la cámara, ventilación, y trayectoria de los diferentes canales.

El canal de evacuación de aceite siempre se construirá alrededor de la base del transformador.

Nota: concreto reforzado de 6 pulgadas (15.24cm) de espesor es una construcción típica para soportar el fuego durante tres horas.

### **3 Acceso a la cámara**

Para el acceso a la cámara se tiene tres alternativas.

- ✓ Frontal izquierda.
- ✓ Central.
- ✓ Frontal derecha

La puerta de acceso debe ser de dos hojas provista de una cerradura, y construido de tal manera que pueda soportar el fuego.

El acceso debe tener una puerta cuyas dimensiones depende del voltaje de operación y la potencia del transformador, puesto que este es el equipo más grande que debe ingresar a la cámara, para potencias menores a 630 Kva el ancho de los transformadores no es mayor a 100 cm, entonces se justifica que el ancho de la puerta sea de 140 cm para cámaras con un nivel de voltaje de 6.30 v y de 16cm para cámaras con un nivel de voltaje de 22.800v. En tanto que para transformadores con potencias mayores a 630Kva varia considerablemente respecto a los anteriores, con lo que el ancho de la puerta deberá estar de acuerdo con la potencia del transformador. Por ejemplo para un transformador de 1000

Kva cuyo ancho es de 154.6cm la puerta debe ser de dimensiones tal que el transformador ingrese a la cámara con amplitud, con lo que se podría considerar una puerta de 200cm, de ancho.

## **3.1 Ductos de ventilación**

Ductos de ventilación

El objetivo de la ventilación en una cámara de transformación es el de disipar el calor producido por el transformador en funcionamiento. La temperatura alcanzada por un transformador en funcionamiento, que depende de las pérdidas totales (vacío y con carga) de la cantidad de calor cedido por el transformador al medio refrigerante por unidad de tiempo y de la temperatura ambiental, debe ser tal que no llegue a modificar las propiedades aislantes de los devanados y del aceite. Entonces, para evitar el sobrecalentamiento del transformador, el aire en la cámara debe ser renovado mediante circulación del mismo.

Una cámara ventilada por circulación natural de aire permite tener aproximadamente la mitad del área total de ventilación en una o más ventanas cerca del piso y el resto en una o más ventanas pagado al techo o en paredes laterales cerca del techo.

En el caso de que no exista ventilación de ningún tipo (natural o forzado), el transformador alcanzara temperaturas excesivas lo cual va en detrimento de su vida útil. Entonces, para las cámaras el tipo de ventilación previsto es mediante circulación de aire, esta circulación se dará por ventanas o ductos que deberán estar situados lo más cerca posible al transformador. Para el caso en estudio se considera una ventilación natural, al utilizar la puerta de acceso como ingreso de aire frío y otro ducto o ventana como salida de aire caliente ubicados de tal forma que exista una correcta circulación de aire en el interior de la cámara.

## **3.2 Base del transformador**

La base del transformador se puede construir utilizando hormigón en masa u hormigón armado, en el caso de utilizar hormigón en masa el espesor puede ser de 20 a 30cm, mientras que si se utiliza hormigón armado (preparación con hierro) el espesor máximo deberá ser de 60cm.

Las dimensiones de la base para ubicar el transformador varía de acuerdo a la potencia de este, para dimensionar esta base se puede considerar lo siguiente.

- ✓ Las medidas del largo y ancho según la potencia
- ✓ Una sola medida para un rango de potencias

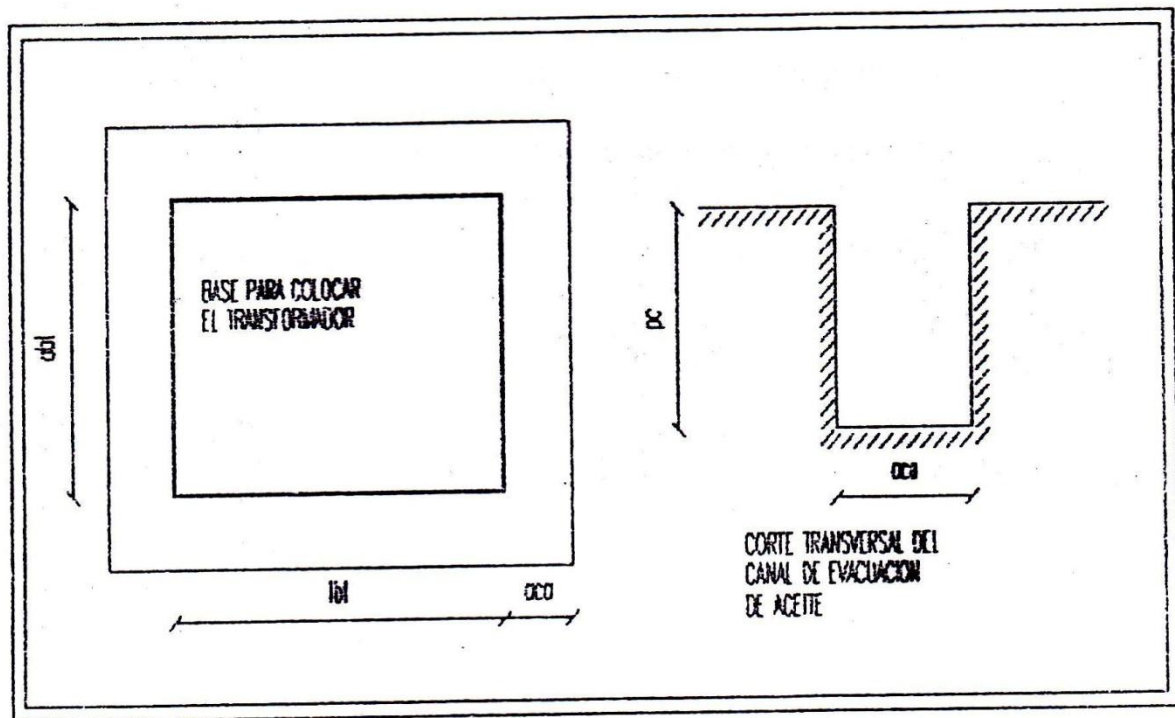
**3.3 Canales de conductores y de evacuación de aceite**

**3.3.1 Canales de conductores**

El canal de acometida deberá construirse de tal manera que los conductores queden en la parte posterior del transformador, mientras que el canal de bajo voltaje se construirá a partir de la parte frontal del transformador hacia uno de las paredes por donde no vaya el canal de acometida en alto voltaje, es decir que se construirá un canal en forma de “L” (canal frontal mas canal lateral), esto bajo la condición de que las dimensiones de la cámara lo permita, caso contrario se construirá un canal pegado en una de las paredes laterales hasta una distancia tal que los conductores de baja lleguen perpendicularmente a la pared lateral desde el lado de bajo voltaje del transformador.

**3.3.2 Canales de evacuación de aceite.**

Cámaras que contienen transformadores mayores a 100 Kva deben estar provistas de un drenaje, que permita evacuar alguna acumulación de agua o aceite



**Figura 3.1 Detalles del canal de evacuación de aceite**

Para dimensionar el canal de evacuación de aceite se considera el volumen total de aceite del transformador.

En la actualidad el canal de evacuación del aceite se conecta directamente al alcantarillado no que no es correcto, por cuestiones ecológicas. Entonces se sugiere, la construcción en la parte externa de la cámara un pozo de dimensiones tal que pueda

contener todo el volumen de aceite del transformador instalado para que el aceite derramado se deposite en este, y luego sea retirado.

### **3.4 Equipos eléctricos**

Los equipos eléctricos a utilizarse en una cámara de transformación se encuentran bien definidos, puesto que siendo el transformador el equipo principal el resto de equipos son complementarios de este, debido a que se trata de la protección tanto en el lado de baja como en el de alta del transformador, y del accesorio elegido al inicio y final del cable utilizado para la alimentación del mismo.

Si se considera que la alimentación o acometida en alto voltaje se realiza de una cámara o si en la cámara a diseñarse se dejan salidas futuras en alto voltaje, dentro de los equipos a utilizar en la cámara se debe incluir el seccionamiento, puesto que es necesario para energizar o desenergizar.

El diseño de un sistema de distribución debe anticiparse a una variedad de situaciones las cuales pueden interferir en la operación normal del sistema. Las condiciones anormales predominantes en circuitos de distribución son las fallas en las líneas, sistemas sobrecargados, y fallas de equipos. Disturbios atmosféricos y la interferencia humana o animal con el sistema son generalmente la causa fundamental de estas condiciones. Entonces surge la necesidad de hablar de las protecciones eléctricas.

El propósito de las protecciones eléctricas es: reducir al mínimo posible el número de interrupciones de servicio, proteger de daños a los equipos durante cualquier tipo de fallas, y ahorro de tiempo y dinero en la localización de fallas y restauración del servicio. Razón de esto, tiene fundamental importancia los pasos a seguir a fin de obtener una adecuada y segura protección de un sistema eléctrico. Estos pasos son:

1. Determinar los valores de cortocircuito en el punto donde se instalarán los equipos a proteger.
2. Seleccionar los equipos de protección teniendo en cuenta el tipo de equipo, sus valores nominales y máximos, y su localización.
3. Coordinar las protecciones del equipo seleccionado.

Las protecciones de una cámara de transformación generalmente se realizan a partir de la acometida. Si la acometida se la hace desde un poste, en él puede darse cualquier tipo de falla externa. Esta falla externa puede ser de origen mecánico en el caso de ruptura de la estructura, ruptura de un aislador por contacto de agentes extraños (árboles), o de origen eléctrico, en el caso de descargas atmosféricas.

En el caso de acometidas totalmente subterráneas no es tan crítico las descargas atmosféricas como para una falla eléctrica, pero puede ser causante de una falla mecánica por el temblor que pueda producir la descarga.

Para obtener una adecuada y segura protección se debe realizar una correcta selección de los equipos de protección, de ahí que, esta parte del estudio está enfocado principalmente al análisis de descripción de los diversos dispositivos de protección que pueden ser utilizados para asegurar la continuidad de servicio.

## **- Pararrayos**

Siguiendo una secuencia de protección, lo primero que se debe considerar en esta instalación para sobre voltajes y la principal causa es producida por descargas atmosféricas, aunque podrían ser causadas por fallas o mala operación del sistema. Entonces, para la protección de sobre voltajes se utiliza el pararrayos.

## **-Seccionador fusible**

Es un equipo de desconexión (protección de sobre corriente) compuesto por una base o portafusible y la tira fusible, pueden ser de tipo abierto o cerrado. La mayoría de los seccionadores fusibles operan bajo el principio de expulsión. Para la selección del seccionador fusible se debe considerar:

- Frecuencia
- Capacidad continua de corriente
- Voltaje nominal
- Voltaje máximo de diseño
- Capacidad de interrupción

## **- Tira fusible**

Una tira fusible consiste de tres partes básicas, botón indicador, elemento fusible, conector. A continuación se menciona los principales factores a considerar en la aplicación de las tiras fusibles para la protección de equipos:

- Capacidad de sobrecarga y capacidad de corto tiempo
- Corriente transitoria
- Importancia del equipo en la continuidad del servicio

## **- Base porta fusible**

En el lado de bajo del transformador y dentro de la cámara generalmente se instalan cartuchos fusible tipo NH de alta capacidad de ruptura.

Los fusibles pueden ser rápidos a lentos. En los lentos se retrasa notablemente la desconexión, recurriendo a artificios especiales (por ejemplo, insertando gruesos puntos de soldadura en el alambre fusible). Un fusible rápido desconecta bajo una corriente quíntuple de la nominal aproximada en 0,1segundo, mientras que un fusible lento no lo hace hasta que ha transcurrido 1 segundo.

## **- Terminal para cable o bote**

Este equipo eléctrico está diseñado para uso exclusivo de la acometida en alto voltaje, la misma que puede provenir de:

- Un sistema de distribución primario subterráneo, en la que el conductor o los conductores provienen de una cámara de transformación (la más cercana posible).
- Un sistema de distribución primario aéreo, en la que el conductor o los conductores provienen de un poste

En los dos casos de acometida se utilizara terminales para cable o bote tripolar independiente del nivel de voltaje. En vista que el bote terminal prácticamente ya no se usa, solamente se presenta la tabla de selección de puntas terminales tipo QT-III

## **- Transformador de distribución**

Existen varios tipos de transformadores que dependen de: por un lado según la capacidad y/o nivel de voltaje, estos pueden ser transformadores de potencia o transformadores de distribución, pudiendo estos clasificarse de acuerdo al medio refrigerante y aislante empleado, en transformadores de tipo seco y transformadores sumergidos en aceite. Por otro lado según el dispositivo de proyección estos pueden ser: transformadores completamente auto protegidos (CSP), transformadores con protección de corriente (CP), transformadores de sobre-voltaje (SP), y transformadores convencionales.

Limites de funcionamiento de un transformador. Un transformador se proyecta para unas tensiones dadas de servicio en primario y secundario y una potencia máxima continua que puede obtenerse en su secundario. El incrementar la tensión en su primario, y por tanto la corriente en el mismo, lleva a la saturación del núcleo magnético, con lo que el mismo no es capaz de transferir más potencia al secundario y el exceso de potencia de entrada solo produce sobrecalentamientos del núcleo por corrientes parásitas, y del devanado primario, por efecto Joule, llevando a la rotura del devanado por fallo del aislante del mismo. Una espira en cortocircuito genera a su vez más calor y provoca el fallo total del devanado.



En un transformador es fundamental prever una correcta refrigeración del mismo, y a este fin, los de mayor tamaño (a partir de algunos kilovatios), están bañados en aceite refrigerante que actúa también como dieléctrico.

Así pues, la tensión de entrada, la potencia máxima continua de salida, y la temperatura ambiente, son tres parámetros que no deben sobrepasarse de forma permanente

La selección del transformador depende de varios factores condicionantes como: la capacidad del transformador que es una función directa de las cargas iniciales y futuras a servirse, el nivel de voltaje, nivel de aislamiento, tipo de aislamiento sea esta externa o interna, etc. En algunos casos se debe también tomar en cuenta el nivel de ruido permisible.

En la actualidad el tipo de transformador más comúnmente usado es el tipo convencional, que tiene como medio aislante y refrigerante aceite mineral, puesto que, estos pueden ser ubicados al exterior o al interior.

### **3.5 Selección de los equipos de protección**

La selección de los equipos de protección involucra por un lado los fusibles que protegerán al primario del transformador y por otro lado los fusibles que protegerán el secundario del transformador. Los fusibles se seleccionan en base a su capacidad nominal en régimen permanente, su capacidad de interrupción y el tiempo de fusión con relación a la corriente. La capacidad nominal de la corriente del fusible debe ser mayor que la corriente nominal de carga del equipo a proteger.

A continuación se describe los factores más importantes que se deben tomar en cuenta en la selección de los equipos de protección.

#### **Nivel de aislamiento**

**Voltaje nominal;** es el valor del voltaje que sirve para designar el equipo y que se refiere a las condiciones de funcionamiento en caso de ruptura o cierre de la corriente, el voltaje nominal puede ser:

**Voltaje máximo de diseño:** es el voltaje nominal más elevado para lo cual está previsto el aparato.

**Voltaje más bajo:** es el voltaje más bajo del sistema para el cual está previsto el aparato.

#### **Capacidad de corriente**

**Corriente nominal:** es la corriente que soporta indefinidamente el equipo en condiciones normales de utilización.

Corriente de sobrecarga: depende del tiempo de duración, y son los valores de sobre corriente que el equipo puede soportar en servicio continuo.

## **Capacidad de ruptura**

Es la mayor intensidad de corriente que el equipo es capaz de cortar, sea en condiciones normales o anormales, debiendo distinguirse:

Corte en condiciones normales de carga y que corresponda al empleo principalmente de interruptores, interruptores-seccionadores, seccionadores.

Corte en condiciones anormales que se presentan en casos de cortocircuito, para lo cual se debe considerar que el dispositivo tenga una capacidad igual o mayor que la máxima corriente de falla en el punto de aplicación.

## **Poder de desconexión**

Es la mayor corriente que el equipo es capaz de cerrar a una temperatura dada sea en condiciones normales o anormales. Al igual que el punto anterior pueden señalarse conexiones en condiciones normales de servicio y en casos de cortocircuitos

## **3.6 Material a utilizar para la instalación de los equipos**

Existe una cantidad definida de materiales a utilizar en la construcción de una cámara de transformación, y es así que podemos mencionar, siguiendo la trayectoria de la acometida.

- Conductor de cobre estaño desnudo para la conexión de la red principal a los pararrayos y a los seccionadores (si la acometida se realiza desde un poste)
- Grapas para derivación de línea en caliente, y conectores de ranuras paralelas
- Conductor unipolar de cobre aislado para la conexión del seccionador fusible a la punta terminal. El aislamiento del cable debe ser mayor al nivel de voltaje de alimentación.
- Conductor unipolar de cobre aislado para alto voltaje
- Conductor desnudo de cobre recocido suave para puesta a tierra
- Varillas copperweld y conectores
- Terminales rectos o puntas terminales para cable
- Conductor de cobre aislado para bajo voltaje
- Pletinas para fijación de conductores aislados y desnudos

Bases portafusible

En esta lista se presenta como alternativa el conductor unipolar de cobre aislado para alto voltaje, y no se menciona el cable tripolar, puesto que, lo más se usa hoy en día son las puntas terminales para cable unipolar.

## **3.7 Mallado de puesta a tierra**

Para el diseño de una malla de tierras se sigue el procedimiento dado en la referencia 2 con pequeñas modificaciones. En el cálculo se asumen ciertos parámetros, entonces, para dar mayor confiabilidad al trabajo realizado es necesario justificarlos.

### **Resistividad del terreno ( $\rho$ )**

Asumiendo que se trata de un suelo orgánico seco, se toma el valor de 100  $\Omega$ -m

### **Resistividad del piso ( $\rho_s$ )**

Puesto que el piso (acabado) será de concreto, se toma un valor para la resistividad de 10000  $\Omega$ -m

### **Profundidad a la que será enterrada la malla ( $h_m$ )**

La malla estará directamente en el suelo a una profundidad de 60 cm (dato práctico)

### **Corriente máxima de falla ( $I_{fm}$ )**

Este valor debe ser ingresado por el ingeniero que está diseñando la cámara. Esta corriente debe ser corregida mediante un factor por decremento para obtener la corriente (I).

### **Tiempo de despeje de la falla ( $t$ )**

Se toma el valor del tiempo máximo de despeje del fusible ubicado al inicio de la acometida.

### **Tiempo durante el cual se aplica la corriente (S)**

Se escoge el valor de "S" igual al tiempo de despaje de la falla

### **Factor de decremento ( $D_c$ )**

Este factor de corrección se considera debido a que cuando ocurre una falla, se origina una corriente transitoria decreciente que deberá tomarse en cuenta en su aspecto más desfavorable para la seguridad. Se toma un valor 1.125 para un tiempo de despeje de falla de 0.2 seg.

### **Temperatura máxima permisible ( $T_m$ )**

Puesto que se usa conectores atornillados se toma un valor de 250°C. En el caso de usar uniones soldadas el valor será de 450°C

### **Temperatura ambiental ( $T_a$ )**

Generalmente se toma 30°C

### **Separación entre los conductores de malla ( $d_{cc}$ )**

Se considera una distancia inicial de 150 cm

### **Numero de varillas ( $n_v$ )**

Puesto que las dimensiones de la cámara son relativamente pequeñas, se considera cuatro varillas copperweld situadas en cada esquina de la malla

**Calculo de la malla a tierra**

**a) Corrección de la corriente.**

$$I = I_{fm} \times D_c$$

**Ecuación 3.1**

Donde:

I = corriente máxima de la falla corregida

I<sub>fm</sub> = corriente máxima de falla

D<sub>c</sub> = factor de decremento

**b) Calibre del conductor**

$$A(CM) = \frac{I}{\sqrt{\frac{\log\left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1\right)}{33 \times S}}}$$

**Ecuación 3.2**

**Donde:**

A (CM)= Área de la sección recta del conductor, en CM

I = Corriente máxima de falla, en amperios

T<sub>m</sub> = temperatura máxima permisible para uniones en °C

T<sub>a</sub> = temperatura ambiente, en °C

S = tiempo durante el cual se aplica la corriente I, en seg.

Con el área calculada, se determinara el diámetro del conductor, para luego buscar en tablas el calibre correspondiente.

**c) Longitud total del conductor enterrado**

$$L = \frac{K_m \times K_i \times \rho \times \sqrt{t} \times I}{116 + 0.17 \times \rho s}$$

**Ecuación 3.3**

**Donde:**

L = longitud total del conductor enterrado, en metros

K<sub>m</sub> = coeficiente que toma en cuenta los conductores de malla.

El numero de factores enterrados con paréntesis, debe ser igual a (naci - 2), siendo nvc el número de conductores paralelos tomados en la dirección del largo (lado de mayor longitud)

Ki = factor de corrección por irregularidad del flujo de corriente a tierra

P = resistividad promedio del terreno, en  $\Omega\text{xm}$

T = duración máxima de la descarga en segundos

Ps = resistividad del piso

dcc = separación entre conductores de malla , en metros

hm = profundidad a la que está enterrada la malla, en metros

di = diámetro del conductor, en metros

nv = nudo de nodos de la malla

Ln = logaritmo natural

**d) Resistencia a tierra del sistema**

$$R \cong \frac{P}{4r} + \frac{P}{Ltm} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

**Donde:**

R = resistencia aproximada de la red, en ohmios

P = resistividad del terreno, en ohmios metros

r = radio del circulo con área igual a la de la rejilla diseñada, en metros

Ltm = longitud total del conductor enterrado

**e) Máximo aumento de potencia de la red**

$$\text{Ecuación 3.5}$$

$$U = R \times I$$

**f) Voltaje máximo que una persona puede recibir de una descarga sin sufrir daño alguno (ED)**

$$ED = \frac{116 + 0.17 \times ps}{\sqrt{t}} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

## **4 Dimensiones de la cámara**

### **Definición de las dimensiones de la cámara**

Las dimensiones internas de una cámara son función del nivel de voltaje de alimentación y de la potencia del transformador utilizado. Al considerar el voltaje de alimentación se debe tomar en cuenta las distancias mínimas de seguridad para el personal de mantenimiento, y para que no se produzcan fallas en el sistema eléctrico, mientras que si se considera la potencia del transformador influye en las dimensiones de la cámara el largo y ancho de la base donde se colocará el transformador. Las dimensiones que se definen a continuación no toman en cuenta el ancho de los diferentes canales

#### **4.1 Largo de la cámara**

El factor importante para definir el largo de la cámara es el largo de la base del transformador, el mismo que es función de la potencia del transformador. Para la definición de esta longitud intervienen el largo de la base del transformador, y los espacios disponibles para el personal, en caso de realizar trabajos de reposición o mantenimiento de algún elemento de la cámara.

#### **4.2 Ancho de la cámara**

En la determinación de esta distancia intervienen, el ancho de la base del transformador, el ancho del canal de acometida, espacio entre canales mínimo de trabajo en frente de equipos.

La distancia hasta la pared frontal se considera de tal manera que permita que la persona de mantenimiento estar ubicada frente a las bases portafusible.

#### **4.3 Alto de la cámara**

El parámetro que define el alto de la cámara es la elevación de las partes activas no protegidas sobre los espacios de trabajo. La parte activa a tomarse en cuenta es la parte inferior de los seccionadores

#### **4.1 Ubicación de los equipos**

En la ubicación de los equipos no se toma en cuenta el transformador, debido a que este queda determinado en el momento que se define el largo y el ancho de la cámara.

##### **4.1.1 Ubicación del bote o terminal para cable**

Este elemento eléctrico se ubicara en la pared posterior y detrás del transformador. Para este elemento no existe restricción de distancias mínimas de seguridad puesto que los terminales quedaran totalmente aislados una vas realizada su instalación. Entonces, para su ubicación solamente se tomara en cuenta la facilidad que preste para su instalación,



considerando prudente ubicar los terminales en la mitad de la pared posterior y a una altura de 1.20 m.

## **4.1.2 Ubicación de los seccionadores**

En la ubicación de los seccionadores intervienen, espacios mínimos entre partes activas (espacios entre seccionador y seccionador) espacios mínimos entre fase y tierra (espacio entre seccionador y loza) y elevación de partes activas sobre los espacios de trabajo (altura a la que deberá estar ubicado).

## **4.1.3 Ubicación de las bases porta fusibles**

Puesto que conductores aislados, barreras aisladas operando a voltajes menores a 300 voltios, no se consideran como partes activas, no existe restricción alguna con respecto a las distancias mínimas de separación sean estas entre partes activas o de puestas a tierra. Entonces, la condición a tomarse en cuenta es la ubicación apropiada que preste facilidad en caso de mantenimiento o reposición de las bases portafusibles o de los cartuchos fusibles.

Indirectamente se debe considerar el espacio mínimo de trabajo frente a estas bases portafusibles, puesto que a la izquierda o derecha de la persona de mantenimiento se encuentran partes activas (bushing de alta del transformador).



# CAPITULO IV

## MATERIALES

### Seguridad Industrial



## Herramientas más usadas en las instalaciones eléctricas.

### **Alicates;**

#### **Alicates universales**

Compuesto por tres partes diferenciadas.

Pinza para trabajar sobre los conductores,

Mandíbulas estriadas y sección cortante.

#### **Alicates de punta**

Para dar la forma adecuada a los terminales de los conductores que deban fijarse con tornillos.

#### **Alicate de corte**

Creado con el objetivo de seccionar cables, de forma más practica que con los universales.

#### **Pinzas desnudadoras**

Emparentados con los alicates aunque no lo son, su función es la de eliminar la protección aislante de los cables conductores.

#### **Destornilladores**

Se podrían dividir de acuerdo al tamaño en tres tipos; el de punta estrecha, la de tamaño medio, y el largo. De acuerdo al tamaño de la punta: en plano y estrella

#### **Linterna portátil**

Es un instrumento que nunca debe faltar en las herramientas de un electricista, pues tarde o temprano lo necesitaremos.

#### **Taladro manual**

Nos permitirá taladrar en ausencia de electricidad, tanto en la pared como materiales delgados. Por supuesto tiene que ir acompañado de sus brocas.

#### **Cúter**

Para cortes y en muchos casos para desnudar cables. Si, desnuda cables con el cúter, apoye el cable en una superficie, dura y nunca sobre la mano.

#### **Busca polos**

También llamado detector de tensión. De forma parecida a un destornillador pero con una lamparita de neón. Se aplica la punta un dedo a la placa metálica del final del mango y se

toca con la punta en el terminal de un cable conductor que deseamos probar si tiene corriente se encenderá la luz de neón.

Otros accesorios y herramientas tenemos: martillo, mazo de goma, sierra para metales, lijas, metro o flexómetro, multímetro, (instrumentos de medida)

## **Elementos de protección y seguridad personal**

Guantes, gafas, mascarillas, zapatos con suela aislante, etc. ropa de algodón, no sintéticos

Modificación del proceso o el almacenamiento

Guarde el gas peligroso como un líquido refrigerado, y no bajo presión. Reduzca las temperaturas y presiones del proceso (por ejemplo en vez de pintar por rocío, utilice baños o brochas).

Aquí algunos consejos para evitar daños y desastres.

## **Control de polvos.**

Las medidas para controlar el polvo incluye el rocío de agua (o una solución con un agente de remojo) en la fuente del polvo, para reducir su generación.

Así mismo, son medidas efectivas de control de polvos, la ventilación, colección y filtración. Se debe aislar las operación polvorientas o contenerlas, tanto como sea posible, especialmente, si se trata de polvos que puede causar enfermedades pulmonares, como silicosis, una de las enfermedades ocupacionales más comunes en el mundo, que ocurre con más frecuencia en las minas, fabricas de ladrillos, plantas de vidrio, y operaciones de limpieza con chorro de arena. El asma ocupacional es el resultado de una amplia gama de químicos u sustancias naturales, incluyendo isocianuros, caspas, polvos de granos de algodón, y de madera.

## **Control del acceso**

Se debe limitar el acceso al personal, permitiendo el acceso al que ha sido capacitado, especialmente, para las condiciones de trabajo que existen dentro del área peligrosa, empleando tarjetas de identificación, cerramientos dobles, servicio de seguridad y barreras.

## **Marbetes**

Todos los interruptores, válvulas, recipientes y operaciones unitarias peligrosas deben ser marcados como tal. Así mismo, se debe identificar las sustancias peligrosas por nombre, y denotar también el tipo de peligro (por ejemplo, toxico, reactivo, inflamable, explosivo,).

## **Control de la temperatura**

Puede ser necesario controlar la temperatura del aire en ciertas operaciones a fin de evitar el agotamiento por el calor o el frío. Posiblemente, sea conveniente segregar una operación muy caliente o fría, de las otras, de modo que se reduzca al mínimo el número de trabajadores expuestos.

## **Monitoreo**

Si existe monitoreo alrededor de los peligros potenciales, así como en los linderos de las instalaciones, se puede detectar, oportunamente, la situación peligrosa. Por ejemplo mediante el uso de equipos portátiles, o en forma continua, con equipos permanentes, se debe efectuar, regularmente, el monitoreo de la calidad del aire para detectar vapores orgánicos, niveles de oxígeno, concentraciones de gases, combustibles o componentes específicos del aire. Se utilizan los detectores de humo, monitores de calor, detectores de radiación, según el tipo de instalación, para señalar la existencia de un peligro.

## **Paralización**

Hay que proveer los dispositivos manuales y automáticos para la paralización de los sistemas eléctricos u operaciones del proceso, de modo que se reduzca al mínimo, la eliminación de material peligroso.

## **Contención secundaria**

Deben haber, según las necesidades, sistemas para contener los derrames, tales como: cortinas de agua para limitar la liberación de gas, diques y barreras portátiles para contener los derrames, equipos de emergencia para recolectar el material derramado, refugios o muros para restringir las explosiones, materiales a prueba de incendios para limitar su propagación, absorbentes para los materiales peligrosos, zonas de protección.



# CAPITULO V

## PROCESO METODOLOGICO UTILIZADO



## **Metodología**

El presente tema se enmarca en la “Descripción y funcionamiento de una cámara de transformación”. Para el desarrollo del presente informe he recurrido a la recolección de información en diferentes fuentes bibliográficas, lo que me permitió obtener y ordenar de la forma más adecuada toda la información recopilada en el presente informe técnico.

Igualmente se realizó visitas a la cámara de transformación que está ubicada en el edificio central de la empresa eléctrica, lo que me permitió tener una concepción más real del diseño y construcción de la cámara.

Luego se clasificó la información de acuerdo a los requerimientos, lo que nos servirá como guía para realizar nuestro trabajo final.

Finalmente se hará constar las respectivas Conclusiones y Recomendaciones de todo el trabajo realizado



# CAPITULO VI

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

Una vez concluido con el informe técnico se da a conocer las siguientes conclusiones;

- Se concluye el informe técnico diciendo que la cámara se encuentra instalada en una forma adecuada, y de acuerdo a las normas establecidas para un mejor funcionamiento de todo el edificio central de la EERSSA
- Se encuentra un buen tiempo de conexión cuando existe una desconexión en el edificio central.
- Los instrumentos de medición son de fácil interpretación ya que son instrumentos digitales. Y los cuales nos facilita su manejo y nos permite tener datos con exactitud
- Es fácil la conexión de los diferentes elementos siempre y cuando se respete el esquema de conexión de cada elemento, para lo cual debemos tener muy presente el diagrama para poder instalar y no producir daños a los demás equipos
- Que para energizar la cámara de transformación primero se debe revisar toda las conexiones que se han realizadas y verificar si las instalaciones están realizadas de acuerdo a la norma establecida
- Todos los conductores deben de ser de una buena calidad para no tener daños posteriores, para lo cual hay que saber qué tipo de conductor seria el adecuado para poder hacer las instalaciones y no tener algún daño posteriormente

## RECOMENDACIONES

Igualmente se dan a conocer las siguientes recomendaciones para que no existan problemas en el manejo de una cámara de transformación.

- Se recomienda al personal de la EERSSA realizar un manual de operación, y de manejo de los equipos que se encuentran en la cabina de transformación.
- Para el ingreso a la cámara se debe hacer con la ropa, y equipo adecuado para evitar incomodidades y así tener mayor facilidad para trabajar.
- Se debe limitar el acceso al personal, permitiendo el acceso al que ha sido capacitado, especialmente, para las condiciones de trabajo que existen dentro del área peligrosa, empleando tarjetas de identificación, cerramientos dobles, servicio de seguridad y barreras
- Se debe ingresar con la persona que está a cargo para que no haya ningún inconveniente. así evitaremos que las personas que no estemos familiarizados con estas suframos algunos daños.
- Se recomienda hacer las maniobras solo si sabe qué función cumplen cada uno de estos equipos, porque ya que una mala maniobra nos podría ocasionar grandes pérdidas económicas e incluso humanas
- Que todos los equipos que se adquiera tienen que ser de marcas reconocidas para no tener inconvenientes, para la cual es necesario que el ingeniero que está a cargo de este proyecto tiene que tener en cuenta la capacidad de los equipo.
- Hacer todas las conexiones de acuerdo al trabajo que se va a realizar y los empalmes tienen que hacerse de la manera más adecuada para no tener pérdidas, ni contactos entre ellos.
- Pedir una capacitación para poder instalar la cámara de transformación. Ya que si no tenemos ningún conocimiento de cómo se la debe manejar adecuadamente a una cámara de transformación podemos correr el riesgo de provocar alguna descarga eléctrica o explosiones.

Puede ser necesario controlar la temperatura del aire en ciertas operaciones a fin de evitar el agotamiento por el calor o el frío

.

o





# Anexos

ANEXO#1



**ANEXO#2**



ANEXO #3



**ANEXO#4**





## **Bibliografía**

- ✓ MALVINO, Albert Paul. Principios de Electrónica. Cuarta Edición 1991.
- ✓ SANZ, José Luis. Electricidad-Electrónica. Segunda Edición 2002.
- ✓ ENRIQUE, HARPER, GILBERTO, 1977 Manuales de instalaciones eléctricas residenciales e industriales, Año 1977. Editorial Limusa. México Df mx. Pág. 463
- ✓ PABLO ALCALDE SAN MIGUEL, Electricidad-Electrónica General. Editorial Paraninfo S.A 1ra edición. Año 2003. Madrid-España. Pág. 308
- ✓ RAMIERZ VAZQUEZ, JOSE. Instalaciones Eléctricas. 18 va Edición. Julio 1990 Tomo I y II CEAC. Barcelona España. Pág. 168



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos naturales no Renovables

## **TEMA**

**“Descripción y funcionamiento de una cámara de transformación”**

Informe Técnico previo a la obtención del título de tecnólogo en Electricidad

**Autor:**

**Carlos Alberto Armijos M**

**Director:**

**Ing. Ramiro Marcelo Borrero Espinosa**

Loja- Ecuador



**TEMA DEL PROYECTO**

**Descripción y funcionamiento de una cámara de transformación**



## INTRODUCCION

El primer sistema comercial de corriente alterna con fines de distribución de la energía eléctrica que usaba transformadores, se puso en operación en los Estados Unidos de América, en el año de 1886 en Great Barington, Mass, en ese mismo año, la energía eléctrica se transmitió a 2000 volts en corriente alterna a una distancia de 30 kilómetros, en una línea construida en Cerchi, Italia. A partir de estas pequeñas aplicaciones iniciales, la industria eléctrica en el mundo, ha recorrido en tal forma, que en la actualidad es factor del desarrollo de los pueblos, formando parte importante en esta industria el transformador.

El transformador, es un dispositivo que no tiene partes móviles, el cual transfiere la energía eléctrica de un circuito u otro bajo el principio de inducción electromagnética. La transferencia de energía la hace por lo general con cambios en los valores de voltajes y corrientes.

La elección correcta de un banco de transformadores no es tarea que se pueda tomar a la ligera, por lo que el conocimiento a fondo de esta máquina es indispensable para todo proyectista eléctrico. Por otra parte, poner fuera de servicio un transformador representa un serio problema para las empresas que se ocupan de prestar servicio de electricidad a las comunidades, ya que ello siempre trae consigo un apagón más o menos prolongado de un sector poblacional.

La invención del transformador marco un hito en el proceso de la industria eléctrica, ya que permite aumentar o disminuir eficaz, segura y convenientemente el voltaje de grandes cantidades de energía de corriente alterna

Debido a transformación, en la actualidad se ha desarrollado una gran serie de transformadores, en los cuales predomina el transformador tipo padmounted

Los transformadores de distribución trifásico tipo Padmounted son diseñados para servicio subterráneo y exterior montados sobre una base de concreto.

El transformador es armado con los compartimientos de alta y baja tensión separados, y equipados con puertas frontales. El compartimiento de alto voltaje no es accesible mientras la puerta del compartimiento de baja tensión este abierta. El compartimiento de baja tensión tiene una provisión para que el



usuario instale un candado para seguridad. Todas las partes vivas se encuentran en compartimientos totalmente bloqueados adecuadamente por seguridad. Una cubierta sobre la toma del tanque es accesible a través del gabinete y proporciona la protección contra daños por vandalismo y el medio ambiente

Acorde a la descripción de la importancia de los transformadores en un sistema eléctrico, he creído conveniente proponer el proyecto de Titulación para Tecnólogo en Electricidad y control industrial “DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UNA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN”

## Descripción técnica

El diseño de cámaras convencionales basado en el análisis teórico-práctico, con el propósito de establecer criterios de usos generales para dar una explicación de cómo está estructurada una cámara de transformación que a continuación la detallamos.

El proyecto de diseño de cámaras de transformación eléctricas, es decir, el definir y preparar la obra civil sean estas; dimensiones internas de la cámara, dimensiones de los canales; tanto de evacuación del aceite en caso de derrame como de los canales que llevarán los conductores de alta (acometida) y baja tensión (servicio) acceso y ventilación, etc. de acuerdo a la potencia del transformador.

La cámara de transformación la cual sirve como prueba de nuestro proyecto, es de propiedad de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A la misma que está ubicada en las calles Olmedo y Rocafuerte esquina.

El diseño y construcción de cámaras de transformación toma en cuenta dos aspectos muy importantes, la parte civil y la parte eléctrica.

La parte eléctrica está íntimamente ligada a la obra civil, porque de esto depende el buen funcionamiento de los diferentes equipos contenidos en la cámara.

La parte civil comprende la construcción de paredes, pisos, y techos. En la construcción de las paredes se debe considerar la ventana de ventilación y el acceso a la cámara, mientras que en la construcción del piso, se debe considerar la base del transformador paredes pisos y techos. El canal de evacuación de aceite siempre se construirá alrededor de la base del transformador.

Para el acceso a la cámara se tiene tres alternativas:

Frontal izquierda

Central

Frontal derecha

El acceso debe tener una puerta cuyas dimensiones depende del voltaje de operación y la potencia del transformador, puesto que este es el equipo más grande que debe ingresar a la cámara para potencias menores a 630 Kva el ancho de los transformadores no es mayor a 100cm entonces, se justifica que el ancho de la puerta sea de 140 cm para cámaras con un nivel de voltaje de

13800 V, En tanto que para transformadores con potencias mayores a 630 Kva varia considerablemente respecto a las anteriores, con lo que el ancho de las puertas deberá estar de acuerdo con la potencia del transformador.

En la cámara de distribución la ventilación es el objetivo porque disipa el calor producido por el transformador en funcionamiento. La temperatura alcanzada por el transformador en funcionamiento que depende de las pérdidas totales (vacío y con carga)

En el caso de que no exista ventilación de algún tipo (natural o forzada), el transformador alcanzara temperatura excesiva lo cual va en detrimento de su vida útil. Entonces, para las cámaras el tipo de ventilación previsto es mediante circulación de aire, esta circulación se dará por ventanas o ductos que deberán estar instaladas lo más cerca posible al transformador.

La base del transformador se puede construir utilizando hormigón en masa u hormigón armado, en el caso de utilizar el hormigón en masa el espesor puede ser de 20 a 30 cm sin superar los 40cm, mientras que si se utiliza el hormigón armado (preparado con hierro) el espesor máximo deberá ser de 60cm.

Las dimensiones de la base para ubicar el transformador varía de acuerdo a la potencia de este, para dimensionar esta base se puede considerar lo siguiente:

Las medidas de largo y ancho según la potencia será de una sola medida para un rango de potencias

Los equipos eléctricos a utilizar en una cámara de distribución se encuentran bien definidos, puesto que siendo el transformador el equipo principal el resto del equipo son complementarios de este,

Los equipos o elementos necesarios para la instalación de la cámara depende del tipo de acometida, es decir, si la acometida se lo realiza desde un poste de una red aérea los equipos a utilizar son; pararrayos, terminales para cable, seccionador fusible. En tanto que si se realizara desde una cámara adyacente los equipos a utilizar son: seccionadores, bote o Terminal para cable, seccionador fusible, y fusible de baja.

El diseño de un sistema de distribución debe anticiparse a una variedad de situaciones las cuales pueden interferir en la operación normal del sistema. Las condiciones anormales predominantes en circuitos de distribución son las fallas en las líneas, sistemas sobrecargados, y falla de equipos, disturbios



atmosféricos y la interferencia humana o animal con el sistema son generalmente la causa fundamental de estas condiciones. Entonces surge la necesidad de hablar de las protecciones eléctricas.

El propósito de las protecciones eléctricas es; reducir al mínimo posible el número de interrupciones de servicio, proteger de daños a los equipos durante cualquier tipo de falla, y ahorro de tiempo y dinero en la localización de la falla y restauración del servicio.

La protección de una cámara de transformación generalmente se la realiza a partir de la acometida. Si la acometida se la hace desde un poste, en el puede darse cualquier tipo de falla externa. Esta falla externa puede ser de origen mecánico y de origen eléctrico. De origen mecánico en el caso de ruptura de la estructura, ruptura de un aislador por contacto de agentes extraños (árboles) o de origen eléctrico en el caso de descargas atmosféricas.

En el caso de las acometidas totalmente subterráneas no es tan crítico las descargas atmosféricas como para una falla eléctrica, pero puede ser causante de una falla mecánica por el temblor que puede producir la descarga.

Siguiendo una secuencia de protección, lo primero que se debe considerar en esta instalación es la protección para sobre voltajes y la principal causa es producida por descargas atmosférica, aunque podrían ser causadas por fallas o por mala operación del sistema. Entonces, para la protección de sobre voltaje se utiliza el pararrayos.

Para la selección del pararrayos se debe considerar las características de protección presentadas por el fabricante de este tipo de pararrayos y utilizado con mayor frecuencia en nuestro medio.

## **METODOLOGIA.**

o



Para el desarrollo del presente trabajo es necesaria la aplicación de métodos y procedimientos orientados a cumplir el objetivo de la investigación. Para lo que se aplicara el método descriptivo como así también se procederá a recolectar información Bibliográfica. En internet, libros, y folletos.

Luego se procederá a clasificar la información de acuerdo a los fundamentos científicos de la descripción y funcionamiento de la cámara de transformación. Obteniendo de esta manera el marco teórico para así lograr comprender la descripción y en funcionamiento de una cámara de transformación, finalmente se realizara la elaboración del informe que se denomina memoria técnica.

## **Revisión Bibliográfica**



## **Corriente alterna frente a continua**

La razón del amplio uso de la corriente alterna viene determinada por su facilidad de transformación, cualidad de la que carece la corriente continua. En el caso de la corriente continua la elevación de la tensión se logra conectando dínamos en serie, lo cual no es muy práctico, al contrario en corriente alterna se cuenta con un dispositivo: el transformador, que permite elevar la tensión de una forma eficiente.

La energía eléctrica viene dada por el producto de la tensión, la intensidad y el tiempo. Dado que la sección de los conductores de las líneas de transporte de energía eléctrica depende de la intensidad, podemos, mediante un transformador, elevar el voltaje hasta altos valores (alta tensión), disminuyendo en igual proporción la intensidad de corriente. Con esto la misma energía puede ser distribuida a largas distancias con bajas intensidades de corriente y, por tanto, con bajas pérdidas por causa del efecto Joule y otros efectos asociados al paso de corriente tales como la histéresis o las corrientes de Foucault. Una vez en el punto de consumo o en sus cercanías, el voltaje puede ser de nuevo reducido para su uso industrial o doméstico de forma cómoda y segura.

## **Análisis del Riesgo Eléctrico**

### Efectos de la corriente

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.) hasta la muerte por fibrilación ventricular.

Una persona se electriza cuando la corriente eléctrica circula por su cuerpo, es decir, cuando la persona forma parte del circuito eléctrico, pudiendo al menos distinguir dos puntos de contacto; uno de entrada y otro de salida de la corriente. La electrocución se produce cuando dicha persona fallece debido al paso de la corriente por su cuerpo.

La fibrilación ventricular consiste en el movimiento, anárquico del corazón, el cual deja de enviar sangre a los distintos órganos y, aunque este en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento.

Por tetanización entendemos el movimiento incontrolado de los músculos como consecuencia del paso de la energía eléctrica. Dependiendo del recorrido de la corriente perderemos el control de las manos, brazos, músculos pectorales, etc.

La asfixia se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria, ocasionando el paro respiratorio.

## **CONTACTORES**



### **Partes de un contactor**

#### **Carcasa**

Es el soporte fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor.

#### **Electroimán**

Es el elemento motor del contactor, compuesto por una serie de dispositivos, los más importantes son el circuito magnético y la bobina; su finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando así un campo magnético muy intenso, que provocará un movimiento mecánico.



## Bobina

Es un arrollamiento de cable de cobre muy delgado con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. Éste a su vez produce un campo electromagnético, superior al par resistente de los muelles, que a modo de resortes, se separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente. Cuando una bobina se alimenta con corriente alterna la intensidad absorbida por esta, denominada corriente de llamada, es relativamente elevada, debido a que en el circuito solo se tiene la resistencia del conductor.

Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura y a la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo. Una vez que el circuito magnético se cierra, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce, obteniendo así una corriente de mantenimiento o de trabajo más baja. Se hace referencia a las bobinas de la siguiente forma: A1 y A2.

## Núcleo

Es una parte metálica, de material ferro magnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

## Armadura

Elemento móvil, cuya construcción es similar a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina cota de llamada.

Las características del muelle permiten que, tanto el cierre como la apertura del circuito magnético, se realicen de forma muy rápida, alrededor de unos 10

milisegundos. Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electromagnético, el núcleo no logrará atraer a la armadura o lo hará con mucha dificultad. Por el contrario, si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

## Contactos

Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto la bobina se energice. Todo contacto está compuesto por tres conjuntos de elementos:

- Dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura para establecer o interrumpir el de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva el mencionado resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.
- Contactos principales: su función es establecer o interrumpir el circuito principal, consiguiendo así que la corriente se transporte desde la red a la carga. Simbología: se referencian con una sola cifra del 1 al 16.
- Contactos auxiliares: son contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los contactores o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas. Los tipos más comunes son:
  - Instantáneos: actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor, se encargan de abrir y cerrar el circuito.
  - Temporizados: actúan transcurrido un tiempo determinado desde que se energiza la bobina (temporizados a la conexión) o desde que se des energiza la bobina (temporizados a la desconexión).
  - De apertura lenta: el desplazamiento y la velocidad del contacto móvil es igual al de la armadura.
  - De apertura positiva: los contactos cerrados y abiertos no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

En su simbología aparecen con dos cifras donde la unidad indica:

- 1 y 2, contacto normalmente cerrados, NC.
- 3 y 4, contacto normalmente abiertos, NA.
- 5 y 6, contacto NC de apertura temporizada o de protección.
- 7 y 8, contacto NA de cierre temporizado o de protección.

Por su parte, la cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece.

## Relé térmico

Es un elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia, contra sobrecargas. Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos, bimetales, bajo el efecto de la temperatura, para accionar, cuando este alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desactiven todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización.

El bimetálico está formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación y unidos firmemente entre sí, regularmente mediante soldadura de punto. El calor necesario para curvar o reflexionar la lámina bimetálica es producido por una resistencia, arrollada alrededor del bimetálico, que está cubierto con asbesto, a través de la cual circula la corriente que va de la red al motor.

Los bimetales comienzan a curvarse cuando la corriente sobrepasa el valor nominal para el cual han sido dimensionados, empujando una placa de fibra hasta que se produce el cambio de estado de los contactos auxiliares que lleva. El tiempo de desconexión depende de la intensidad de la corriente que circule por las resistencias.

## Resorte

Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez que **cesa el campo magnético de la bobina.**

## Funcionamiento

Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente podrá ser bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

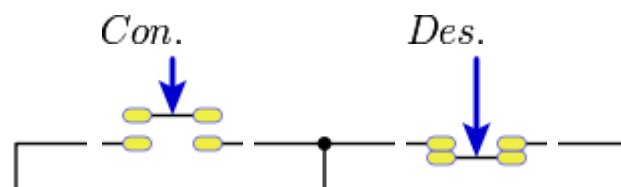
Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos, NA, y cerrados, NC. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, esta mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos, el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

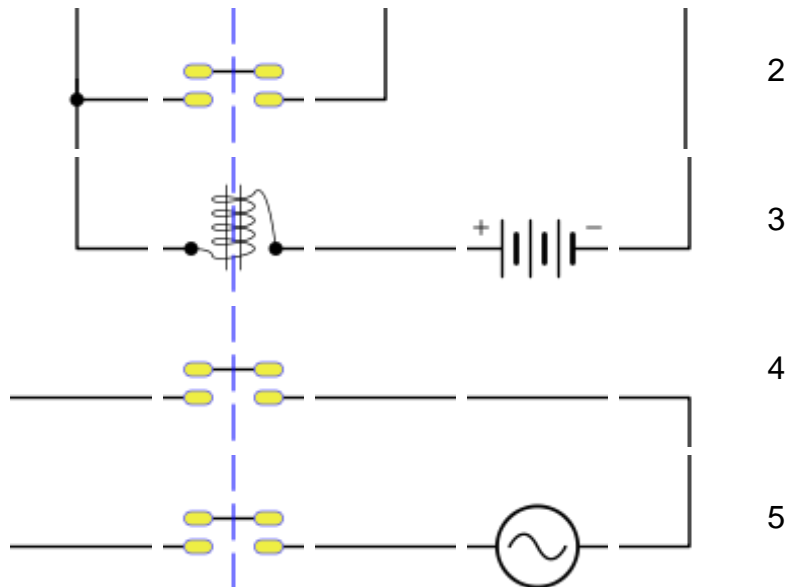
- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie.

## Ejemplo



Podemos ver un ejemplo de aplicación de un contactor, para conectar las salidas bifásicas de un generados, en el esquema se pueden ver dos circuitos, el de los niveles 1, 2 y 3, de maniobra, donde están los pulsadores de conexión y desconexión,



la bobina del contactor y un contacto auxiliar del mismo, y la fuente de alimentación del circuito de maniobra.

En los niveles 4 y 5, de fuerza, esta el generador bifásico y los contactos del contactor que conectan o desconectan las salidas.

El contactor del ejemplo tiene un contacto auxiliar para su realimentación, la bobina y dos contactos de fuerza en la parte inferior, esquematizado en la línea azul a trazos vertical.

El funcionamiento del mecanismo es el siguiente: mediante los pulsadores **Con.** y **Des.** se conecta o desconecta la bobina del contactor, al pulsador **Con.**, que está en paralelo con el contacto auxiliar, de modo que una vez la bobina excitada se autoalimenta, no siendo necesario que el pulsador **Con.** siga pulsado.

Si se pulsa **Des.** Se corta la alimentación a la bobina, que se desexcita, desconectándose tanto su realimentación por el contacto auxiliar, como la salida del generador por los contactos de fuerza.

Si se pulsa simultáneamente **Con.** y **Des.** El contactor se desactiva, dado que **Des.** corta la alimentación a la bobina, independientemente de la posición de **Con.** O del contacto auxiliar.

No es necesario señalar que este mismo mecanismo puede emplearse para poner en marcha un motor, conectando o desconectando el motor de una fuente de alimentación exterior, y que el número de contactos de fuerza puede ser mayor.

## Línea completa

- La línea completa de contactores para corriente alterna es capaz de comandar motores desde los 9 A (5.5 HP 3x380 V) hasta 600 A (400 HP 3x380 V) en 17 modelos, lo que posibilita una optimización en los costos y cubre con creces las necesidades de los mercados más exigentes.

## Doble rango de frecuencia

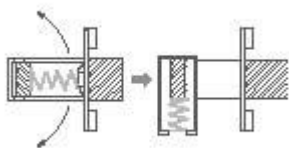
- Todos los modelos poseen un diseño que permite su accionamiento con tensiones de comando de 50/60 Hz.

## Montaje sobre riel DIN

- Los Contactores desde 9 hasta 50 Amp. pueden ser montados sobre riel DIN

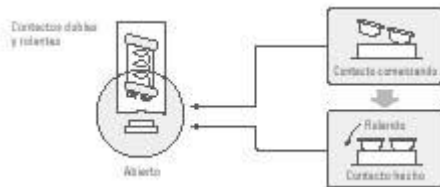
## Fácil recambio de los contactos

- Toda la línea permite el cambio de los contactos principales y auxiliares. Los contactores de la gama superior poseen un exclusivo sistema patentado por HITACHI mediante el cual, luego de retirar el cabezal fijo, se pueden reemplazar los contactos con un simple giro de su guía y sin necesidad de quitar los resortes.



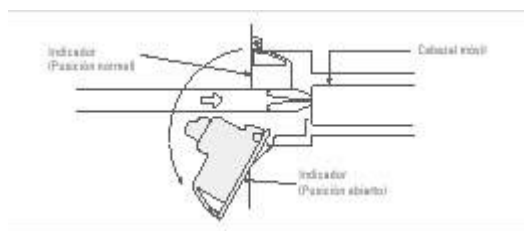
## Contactos auxiliares auto limpiantes

- Los contactores H poseen un diseño auto limpiante que permite romper la pequeña película que se forma naturalmente sobre los mismos logrando una segura conexión.



### Alta seguridad

- Mecanismo de prevención contra operaciones erróneas. El accionamiento del cabezal móvil del contactor puede ser comprobado abriendo el indicador (H65C a H600C).



- Cada contactor se presenta con una etiqueta frontal con su identificación



- Los modelos a partir del H65 contienen un indicador de estado que cambia de color, de verde a rojo según se encuentre abierto o cerrado.



### **Larga vida eléctrica**

- Los contactores poseen una larga vida eléctrica producto de la elección de adecuadas aleaciones de Ag/Ocd.

### **Larga vida mecánica**

- La larga vida mecánica de estos aparatos se basa principalmente en el perfecto balance de las masas en movimiento y la óptima calidad del FE/Si.

### **Respaldo**

Bajo licencia HITACHI, F. Haroldo Pinelli S.A. respalda con 40 años de experiencia la fabricación de contactores y relés térmicos proveyendo con responsabilidad los aparatos que fabrica, permitiendo que el usuario obtenga el repuesto que necesita junto con un amplio asesoramiento pre y posventa

### **Ventajas de los contactores**

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos, por los que se recomienda su utilización: automatización en el arranque y paro de motores, posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones, se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas, seguridad para personal técnico, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del



motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños, control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de aparatos auxiliares (como interruptores de posición, detectores inductivos, presostatos, temporizadores, etc.), y un ahorro de tiempo a la hora de realizar algunas maniobras.

## **Red de celdas**

Una **Red de celdas** es una red formada por celdas de radio (o simplemente celdas) cada una con su propio transmisor, conocidas como estación base. Estas celdas son usadas con el fin de cubrir diferentes áreas para proveer cobertura de radio sobre un área más grande que el de una celda. Las redes de celdas son inherentemente asimétricas con un conjunto fijo de transceptores principales, cada uno sirviendo una celda y un conjunto de transceptores distribuidos (generalmente, pero no siempre, móviles) que proveen servicio a los usuarios de la red.

**Celda de entrada de línea.** Es la encargada de recibir el conductor que alimenta al centro de transformación, está equipada con interruptor de corte en carga y seccionador de puesta a tierra

**Celda de seccionamiento.** Es la encargada de dejar fuera de servicio la parte del centro de transformación propio del abonado. En función de la potencia del centro de transformación estará dotada de seccionador si la potencia del centro de transformación es inferior a 1000KVA o de interruptor automático si la potencia es superior.

**Celda de seccionamiento o de protección general.** Es la encargada de alojar los elementos de seccionamiento y de protección general del centro de transformación. El interruptor automático general será la encargada de la protección del centro de transformación cuando la sobre carga o cortocircuito que se pudiera formar estén aguas arriba de los elementos de protección que llevan cada uno de los transformadores. El corte (operación que tiene por objeto interrumpir el paso de la corriente eléctrica por un circuito. La operación del corte

incluye la interrupción de la corriente por tres fases del sistema eléctrico) se realizara en un medio aislante, donde el interruptor automático realizara la apertura de sus contactos, este medio aislante podrá ser aire, agua o gas hexafloruro de azufre SF<sub>6</sub>, igualmente dentro de la celda, como se a dicho anteriormente, si la protección del centro de transformación supera los 1000KVA, se instalara un relé direccional homopolar autónomo de protección contra derivaciones a tierra con un transformador toroidal sobre el cable que haga actuar al interruptor automático en caso de que la intensidad de defecto sea superior a la tarada. El interruptor automático general en caso de que el centro de transformación solo tuviera un transformador sería el encargado de la protección del mismo.

### **Celda de medida**

Compuestas por tres transformadores de intensidad y tres de tensión. El equipo de medida compuesto por los contadores, placas de comprobación y reloj se encuentran situados fuera de la celda para evitar cualquier riesgo para el personal que realiza su lectura

### **Celda de protección de maquina o transformador**

Corresponde con la protección individual del transformador se realiza con interruptor y fusibles combinados, o bien, por interruptor automáticos gobernados, estos bien por relés directos o por relés indirectos en función de las intensidades aportadas por los transformadores de intensidad. Si la potencia del centro de Transformación como hemos visto antes supera en el conjunto total de la suma de los transformadores los 1.000 KVA se aconseja la colocación de relés autónomos de protección a tierra con el fin de que en caso de que uno de los trafos sea el causante de averías, dispare su protección y no deje a todo el centro de transformación sin servicio.

### **Celda de transformación**

Punto donde se coloca el transformador de potencia. Deberá estar protegido por tabiques o muros, que impida la proyección de material y aceite al resto de las instalaciones, en caso de proyección de los mismos.

De igual forma deberá preverse la recogida del aceite en caso de accidente.

## Ventajas

Estas redes ofrecen varias ventajas comparadas con soluciones alternativas:

- Incrementan la capacidad
- Reducen el uso de energía
- Tienen mejor cobertura
- Tienen acceso a internet

## Área de cobertura de una celda

La red celular ideal, mostrada en los libros, tiene celdas hexagonales. En la práctica la cobertura de la celda varía considerablemente dependiendo del terreno, la ubicación de la antena, las construcciones que pudieran interferir, puntos de medición y barrera.

El otro factor que interviene considerablemente en la cobertura es la frecuencia utilizada. Puesto simple, frecuencias bajas tienden a penetrar bien obstáculos, frecuencias altas suelen ser detenidas por objetos chicos.

El efecto de la frecuencia en la cobertura significa que diferentes frecuencias sirven mejor a diferentes usos. Frecuencias bajas, como la de 450 MHz de NMT (en inglés), dan buena cobertura en aéreas campestres. La de 900 MHz de GSM 900 es una solución apropiada para aéreas urbanas pequeñas. GSM1800 usa la banda de 1.8 GHz que ya comienza a ser limitada por paredes. Esta es una desventaja cuando se habla de cobertura, pero es una ventaja cuando se habla de capacidad.

Si sobrepasamos estos rangos de capacidad general de la red incrementada (mas ancho de banda es ya disponible) pero la cobertura empieza a ser limitada a la línea de visión. Los enlaces infra rojos han sido considerados para uso de relés celulares, pero su uso sigue limitado a aplicaciones punto a punto.

El área de servicio de una celda puede también variar debido a la interferencia de sistemas transmitiendo dentro y alrededor. Esto es así especialmente en sistemas basados en CDMA. El receptor requiere cierto nivel de señal/ruido. Cuando el receptor se aleja del transmisor la señal transmitida se reduce. A medida que la interferencia crece sobre la señal recibida y no se puede aumentar más el nivel en el transmisor, ésta se corrompe y eventualmente inusable. En estos sistemas basados en CDMA el efecto de la interferencia de

otro transmisor móvil en la misma celda es muy marcado y tiene un nombre especial, respiro de celda.

## **Temporizadores**

Los temporizadores están presentes en casi todos los circuitos electrónicos y son la aplicación análoga más común de la electrónica de control. Su principio de funcionamiento se basa el tiempo de descarga de los condensadores (C), normalmente asociados a una resistencia de carga (R), en lo que se conoce como circuito RC.

Al aplicar momentáneamente un voltaje DC al circuito RC, el condensador adquirirá una carga por, medio de la resistencia asociada. El tiempo que dure en descargarse este voltaje dependerá principalmente de la capacidad en Faradios de condensador, y la impedancia de salida del circuito. Esto quiere decir que a mayor valor en Faradios del condensador, mayor tiempo tomara en descargarse; este tiempo varia proporcionalmente también con la impedancia de salida del circuito RC, lo que aplica si el circuito RC tiene que alimentar en su salida elementos electrónicos como LED o transistores etc., etc.

## **Temporizadores térmicos**

Los temporizadores térmicos actúan por calentamiento de una lamina bimetálica el tiempo viene determinado por el curvado de la lamina.

Consta de un transformador cuyo primario se conecta a la red, pero el secundario, que tiene pocas espiras y está conectado en serie con la lamina bimetálica, siempre tiene que estar en cortocircuito para producir el calentamiento de dicha lamina, por lo que cuando realiza la temporización se tiene que desconectar el primario y deje de funcionar.

## **Pararrayos**

El pararrayos no es más que un dispositivo que, colocado en lo alto de un edificio, dirigen al rayo atreves de un cable hasta la tierra para que cause desperfectos.

Ya hemos comentado que normalmente las nubes de tormenta tienen su base cargada negativamente, mientras que la región de la tierra que se encuentra debajo de ellas, por efecto de inducción electroestática, presenta carga positiva.

Las cargas negativas de las nubes se repelen entre si y son atraídas por las cargas positivas de la tierra.

Puesto que el pararrayos está conectado a la tierra, sus electrones son repelidos por los de la nube por lo que queda cargado positivamente al igual que la tierra bajo la nube.

Debido a la forma y características del pararrayos (efecto punta) la densidad de carga en la punta del pararrayos es tal que ioniza el aire que lo rodea, de modo que las partículas de aire cargados positivamente son repelidas por el pararrayos y atraídas por la nube, realizando hace un doble objetivo:

Por una parte, se produce una compensación del potencial eléctrico al ser atraídos esos iones del aire por parte de la nube, neutralizando en parte a la carga. De esta forma se reduce el potencial nube-tierra hasta valores inferiores a los 1000V que marcan el límite entre el comportamiento dieléctrico y en conductor del aire, y por tanto previenen la formación del rayo.

Por otra, conduce al rayo a la tierra ofreciéndole un camino de menor resistividad. Este camino lo formaran el pararrayos, el conductor de descarga y la toma de corriente.

## **Tipos de Pararrayos**

Sea cual sea la forma utilizada, todos los pararrayos tiene la misma finalidad: ofrecer al rayo un camino a la tierra de menor resistividad que si atravesara la estructura del edificio.

Existen dos tipos fundamentales de pararrayos

### **Pararrayos de Punta**

Formada por una varilla de 3 a 5 cm de largo, galvanizada de 50 cm de diámetro con la punta recubierta de wolframio (para soportar el calor producido en el impacto con el rayo). Si además de desea prevenir la formación del rayo, pueden llevar distintas positivos de ionización del aire.

**De tipo Franklin:** se basa en el “efecto punta” es el típico pararrayos formado por una varilla metálica acabada en una o varias puntas.

La zona protegida por un pararrayos clásico de Franklin tiene forma cónica.

**De tipo Reactivo:** consiste en una barra metálica en cuyo extremo se tiene una caja que contiene una pequeña cantidad de isotopo reactivo, cuya finalidad es la de ionizar el aire a su alrededor mediante la liberación de partículas alfa.

Este aire ionizado favorece generación del canal de rayo hasta tierra, obteniendo una área protegida de forma esférico-cilíndrica.

El Real Decreto 1428/86 del Ministerio de Industria y Energía prohíbe expresamente el uso de este tipo de pararrayos.

Pararrayos reticulares o de jaula de Faraday

Consiste en recubrir la estructura del edificio mediante una malla metálica conectada a tierra.

Hay que hacer notar que los edificios modernos con estructura metálica, cumplen una función similar a las jaulas de Faraday.

## Transformadores



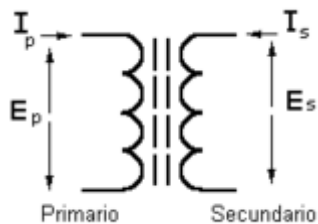
Se denomina transformador a una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir el voltaje o tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, esto es, sin pérdidas, es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.

Permiten así proporcionar una tensión adecuada a las características de los receptores. También son fundamentales para el transporte de energía eléctrica a largas distancias a tensiones altas, con mínimas pérdidas y conductores de secciones moderadas

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas

devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan *primarios* y *secundarios* según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario

### Funcionamiento



Representación esquemática del transformador.

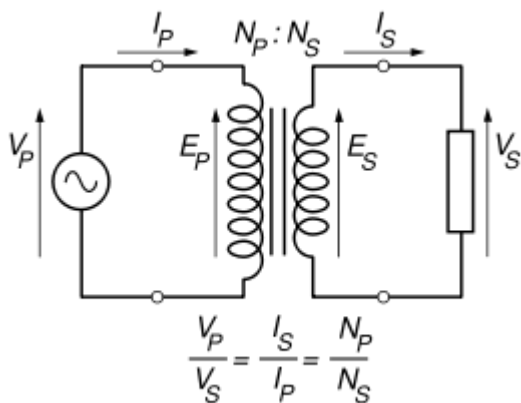
Si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, las variaciones de intensidad y sentido de la corriente alterna crearán un campo magnético variable dependiendo de la frecuencia de la corriente. Este campo magnético variable originará, por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario.

La relación entre la fuerza electromotriz inductora ( **$E_p$** ), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida ( **$E_s$** ), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario ( **$N_p$** ) y secundario ( **$N_s$** ) .

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

**La razón de transformación ( $m$ )** del voltaje entre el bobinado primario y el secundario depende de los números de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario, en el secundario habrá el triple de tensión.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = m$$

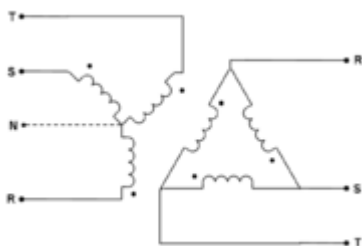


Esta particularidad se utiliza en la red de transporte de energía eléctrica: al poder efectuar el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades, se disminuyen las pérdidas por el efecto Joule y se minimiza el costo de los conductores.

Así, si el número de espiras (vueltas) del secundario es 100 veces mayor que el del primario, al aplicar una tensión alterna de 230 voltios en el primario, se obtienen 23.000 voltios en el secundario (una relación 100 veces superior, como lo es la relación de espiras). A la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario se le llama *relación de vueltas* del transformador o *relación de transformación*.

Ahora bien, como la potencia aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario, el producto de la fuerza electromotriz por la intensidad (potencia) debe ser constante, con lo que en el caso del ejemplo, si la intensidad circulante por el primario es de 10 amperios, la del secundario será de solo 0,1 amperios (una centésima parte).

### Tipos de transformadores





Transformador trifásico. Conexión estrella-triángulo.

## Según sus aplicaciones

### Transformador elevador/reductor de tensión

Son empleados en las subestaciones de la red de transporte de energía eléctrica, con el fin de disminuir las pérdidas por efecto Joule. Debido a la resistencia de los conductores, conviene transportar la energía eléctrica a tensiones elevadas, lo que origina la necesidad de reducir nuevamente dichas tensiones para adaptarlas a las de utilización.

### Transformador de aislamiento

Proporciona aislamiento galvánico entre el primario y el secundario, de manera que consigue una alimentación o señal "flotante". Suele tener una relación 1:1. Se utiliza principalmente como medida de protección, en equipos que trabajan directamente con la tensión de red. También para acoplar señales procedentes de sensores lejanos, en equipos de electro medicina y allí donde se necesitan tensiones flotantes entre si no pasa nada

### Transformador de alimentación

Pueden tener una o varias bobinas secundarias y proporcionan las tensiones necesarias para el funcionamiento del equipo. A veces incorporan fusibles que cortan su circuito primario cuando el transformador alcanza una temperatura excesiva, evitando que éste se queme, con la emisión de humos y gases que conlleva el riesgo de incendio. Estos fusibles no suelen ser reemplazables, de modo que hay que sustituir todo el transformador

### Transformador trifásico

Tienen tres bobinados en su primario y tres en su secundario. Pueden adoptar forma de estrella (Y) (con hilo de neutro o no) o de triángulo ( $\Delta$ ) y las combinaciones entre ellas:  $\Delta$ - $\Delta$ ,  $\Delta$ -Y, Y- $\Delta$  y Y-Y. Hay que tener en cuenta que aún con relaciones 1:1, al pasar de  $\Delta$  a Y o viceversa, las tensiones varían.

## Transformador de pulsos

Es un tipo especial de transformador con respuesta muy rápida (baja autoinducción) destinado a funcionar en régimen de pulsos. y además un muy versátil utilidad en cuanto al control de tensión 220

## Transformador de línea o *flyback*

Es un caso particular de transformador de pulsos. Se emplea en los televisores con TRC (CRT) para generar la alta tensión y la corriente para las bobinas de deflexión horizontal. Además suele proporcionar otras tensiones para el tubo (Foco, filamento, etc). Además de Poseer una respuesta en frecuencia más alta que muchos transformadores, tiene la característica de mantener diferentes niveles de potencia de salida debido a sus diferentes arreglos entre sus bobinados secundarios

## Transformador con diodo dividido

Es un tipo de transformador de línea que incorpora el diodo rectificador para proporcionar la tensión continua de MAT directamente al tubo. Se llama diodo dividido porque está formado por varios diodos más pequeños repartidos por el bobinado y conectados en serie, de modo que cada diodo sólo tiene que soportar una tensión inversa relativamente baja. La salida del transformador va directamente al ánodo del tubo, sin diodo ni triplicado.

## Transformador de impedancia

Este tipo de transformador se emplea para adaptar antenas y líneas de transmisión (tarjetas de red, teléfonos...) y era imprescindible en los amplificadores de válvulas para adaptar la alta impedancia de los tubos a la baja de los altavoces. Si se coloca en el secundario una impedancia de valor  $Z$ , y llamamos  $n$  a  $N_s/N_p$ , como  $I_s = -I_p/n$  y  $E_s = E_p \cdot n$ , la impedancia vista desde el primario será  $E_p/I_p = -E_s/n^2 I_s = Z/n^2$ . Así, hemos conseguido transformar una

impedancia de valor  $Z$  en otra de  $Z/n^2$ . Colocando el transformador al revés, lo que hacemos es elevar la impedancia en un factor  $n^2$ .

## **Estabilizador de tensión**

Es un tipo especial de transformador en el que el núcleo se satura cuando la tensión en el primario excede su valor nominal. Entonces, las variaciones de tensión en el secundario quedan limitadas. Tenía una labor de protección de los equipos frente a fluctuaciones de la red. Este tipo de transformador ha caído en desuso con el desarrollo de los reguladores de tensión electrónicos, debido a su volumen, peso, precio y baja eficiencia energética.

## **Transformador híbrido o bobina híbrida**

Es un transformador que funciona como una híbrida. De aplicación en los teléfonos, tarjetas de red, etc.

## **Balun**

Es muy utilizado como balun para transformar líneas equilibradas en no equilibradas y viceversa. La línea se equilibra conectando a masa la toma intermedia del secundario del transformador.

## **Transformador electrónico**

Posee bobinas y componentes electrónicos. Son muy utilizados en la actualidad en aplicaciones como cargadores para celulares. No utiliza el transformador de núcleo en sí, sino que utiliza bobinas llamadas filtros de red y bobinas CFP (corrector factor de potencia) de utilización imprescindible en los circuitos de fuente de alimentaciones conmutadas.

## **Transformador de frecuencia variable**

Son pequeños transformadores de núcleo de hierro, que funcionan en la banda de audiofrecuencias. Se utilizan a menudo como dispositivos de acoplamiento en circuitos electrónicos para comunicaciones, medidas y control.

## Transformadores de medida

Entre los transformadores con fines especiales, los más importantes son los transformadores de medida para instalar instrumentos, contadores y relés protectores en circuitos de alta tensión o de elevada corriente. Los transformadores de medida aíslan los circuitos de medida o de relés, permitiendo una mayor normalización en la construcción de contadores, instrumentos y relés.

## Según su construcción



Transformador de grano orientado

## Autotransformador

El primario y el secundario del transformador están conectados en serie, constituyendo un bobinado único. Pesa menos y es más barato que un transformador y por ello se emplea habitualmente para convertir 220V a 125V y viceversa y en otras aplicaciones similares. Tiene el inconveniente de no proporcionar aislamiento galvánico entre el primario y el secundario.

## Transformador toroidal

El bobinado consiste en un anillo, normalmente de compuestos artificiales de ferrita, sobre el que se bobinan el primario y el secundario. Son más voluminosos, pero el flujo magnético queda confinado en el núcleo, teniendo flujos de dispersión muy reducidos y bajas pérdidas por corrientes de Foucault.

## Transformador de grano orientado

o



El núcleo está formado por una chapa de hierro de grano orientado, enrollada sobre sí misma, siempre en el mismo sentido, en lugar de las láminas de hierro dulce separadas habituales. Presenta pérdidas muy reducidas pero es caro. La chapa de hierro de grano orientado puede ser también utilizada en transformadores orientados (chapa en E), reduciendo sus pérdidas.

## **Transformador de núcleo de aire**

En aplicaciones de alta frecuencia se emplean bobinados sobre un carrete sin núcleo o con un pequeño cilindro de ferrita que se introduce más o menos en el carrete, para ajustar su inductancia.

## **Transformador de núcleo envolvente**

Están provistos de núcleos de ferrita divididos en dos mitades que, como una concha, envuelven los bobinados. Evitan los flujos de dispersión.

## **Transformador piezoeléctrico**

Para ciertas aplicaciones han aparecido en el mercado transformadores que no están basados en el flujo magnético para transportar la energía entre el primario y el secundario, sino que se emplean vibraciones mecánicas en un cristal piezoeléctrico. Tienen la ventaja de ser muy planos y funcionar bien a frecuencias elevadas. Se usan en algunos convertidores de tensión para alimentar los fluorescentes del backlight de ordenadores portátiles.

## **Transformadores de distribución**



Son transformadores con dos bobinados, uno de alta tensión para conectar la red y otro de baja tensión para suministrar energía directamente al usuario. Son los más utilizados, tanto por las compañías distribuidoras de energía, como, por las pequeñas y medianas industrias en las que el contrato debe realizarse en Alta Tensión.

## **Transformador tipo padmount ANSI**

Los transformadores tipo padmounted ANSI se fabrican con envolventes a prueba de agua diseñadas para operación en exterior e incluyen compartimentos individuales para cables de AT y BT para alimentación directa por cables subterráneos. Estas unidades se ofrecen con construcciones resistentes y a prueba de golpes, que evitan su acceso a personal no autorizado. Las unidades, diseñadas según normas ANSI, son completamente montadas en la fábrica y son embarcadas como un única pieza

## **Transformadores tipo Padmount IEC**

Los transformadores tipo padmounted IEC se fabrican con envolventes a prueba de agua diseñadas para operación en exterior e incluyen compartimentos individuales para cables de AT y BT para alimentación directa por cables subterráneos. Estas unidades se ofrecen con construcciones resistentes y a prueba de golpes, que evitan su acceso a personal no autorizado. Las unidades, diseñadas según normas IEC, son completamente montadas en la fábrica y son embarcadas como una única pieza.

## **Transformadores secos**

ABB ofrece una gama completa de transformadores secos con tensiones primarias de 46 kV en normas ANSI y tensiones primarias de 52 kV en normas IEC.

Para reducir la contaminación medioambiental y el peligro de incendio, los clientes están utilizando cada vez más transformadores secos. Estos transformadores cumplen estrictos parámetros con respecto a las demandas de los sistemas eléctricos y funcionan en áreas con condiciones climáticas extremas. Los transformadores secos y encapsulados al vacío de ABB están prácticamente libres de mantenimiento y son fabricados de acuerdo a las normas internacionales incluyendo la norma ISO 9001

## **Transformadores montados en base de concreto (pad mounted)**

Es muy importante que el inspector verifique en este tipo de transformadores lo siguiente

- a) Marca y Tipo: observará que sean los aprobados por la empresa. Para ello deberá solicitar del departamento correspondiente, una lista del equipo aprobado.
- b) Condición de Montura y Gabinete: Observará las condiciones interiores y exteriores del gabinete. La base de concreto deberá estar de acuerdo a las normas y correctamente niveladas sobre un terreno firmemente apisonado, para evitar que se incline en el futuro.
- c) Distancias de despeje: Aplicara las mismas consideraciones que en el caso de las unidades seccionadoras.
- d) Conexiones de los neutros: Igual que las unidades seccionadoras.
- e) Terminaciones de los cables: Igual que las unidades seccionadoras.
- f) Capacidad en KVA: la capacidad en KVA deberá ser la indicada en el plano.
- g) Indicaciones de fallas: El inspector deberá verificar que su instalación se haga correctamente. Puede hacerse sobre la cubierta semiconductor, pero no sobre el conductor neutral. Los indicadores pueden también ser parte integral de un desconector.

h) Fusibles y cuchillas: Deberá verificar que cualquiera que sea el tipo de montura, estas estén de acuerdo al equipó aprobado y que su capacidad de carga en amperios sea la correcta.

i) Conexiones de cables primarios: Igual que unidades seccionadoras.

j) Conexiones de tomas secundarias y de servicio: El inspector verificara que las conexiones estén debidamente efectuadas. Deberá tener especial cuidado cuando se utilicen conductores de aluminio. Debe recordar que un conductor de aluminio no se puede conectar directamente a uno de cobre, sino que hay que utilizar un conector especial.

k) Pararrayos: Debe verificar que se instalen los pararrayos del voltaje de operación en los puntos indicados en los planos. Terminales de los tubos: Observara que los tubos de entrada y salida de los cables estén debidamente terminados en campana u otro terminal aprobado.

m) Identificación de los conductores: El inspector debe verificar que la identificación de los conductores primarios y secundarios sea correcta y completa; que indique hacia donde cada cable y que se usen los métodos apropiados de acuerdo a la numeración indicada en el plano y procedimientos de la empresa.

## **Transformadores Sumergibles**

En este tipo de montaje se verificara lo siguiente:

Cilindro de concreto o plástico: El inspector debe verificar que la proximidad a la cual se instala el cilindro sea de tal manera que el tope queda a ras con el nivel de terreno. Si el cilindro es de plástico se asegurara que mantiene su forma cilíndrica y que no ha sufrido roturas. Los cilindros de plástico deberán esta reforzados con un anillo de hormigón de 16\*16 cm., a todo su alrededor y a ras con el terreno para evitar deformaciones. Para el sistema de drenaje se requiere una capa de 65 cm. . De piedra picada de 2.5cm. , sobre esta piedra se instalaran dos canales de acero galvanizado que se reduce el contacto del casco del transformador con la superficie húmeda, además de proveer espacio para la circulación de aire.



Transformador sumergible: Se debe verificar que corresponda a la capacidad y tipo especificado en el plano. Es decir, si el transformador requiere desconectores en aceite o no.

## **Conexiones:**

Primarias: Las conexiones primarias en estos transformadores deben ser cuidadosamente inspeccionadas en el momento de la instalación. El método utilizado es el de codos pre moldeados; y una instalación deficiente de estos codos ha sido causa frecuente de interrupciones. Se debe verificar al momento de la instalación que el diámetro del cable corresponda al que acepta el codo, y que las medidas tomadas en la preparación del cable son las que especifica el fabricante.

Secundaria: De igual manera, las conexiones secundarias deben ser cuidadosamente inspeccionadas. El conector tipo mole es uno del tipo de aluminio aun cuando los conductores sean de cobre. Debido a las diferencias en el coeficiente de expansión entre ambos metales, bajo condiciones de carga o corto circuito las conexiones tienden a aflojarse.

Conexiones de neutro: Se harán de la misma forma que en los transformadores sobre bases de concreto. Todas las conexiones se harán con conectores a compresión y solo el conductor será el que se conecte a la varilla de tierra con un conector a tornillo.

Identificación de conductores primarios y secundarios: En los conductores se debe indicar su procedencia o destino.

n) Inspección final: Se verificara, que tanto la tapa de acero como el protector de plástico estén correctamente instalados y libres de desperfectos

## **Paso De Aéreo A Subterráneo**

Anteriormente se ha mencionado las precauciones que se deben tomar para la instalación de los conductores en tomas primarios; nos referimos ahora a la instalación de los componentes de dicha toma. En este caso, el inspector debe verificar:

a) Cajas y Porta cuchilla: El inspector verificará que las cajas cumplan con los requisitos en cuanto a voltajes, capacidad nominal en amperios y marca o tipo

que aparezcan en los planos. La separación entre las cajas no será menor de 36 cm. Y de 18cm. De la parte viva de una caja a la estructura o poste.

b) Pararrayos: Se debe verificar que el voltaje del sistema y que la separación de montura de éstos corresponda a la de las cajas.

c) Terminaciones: Es muy importante que el inspector esté presente cuando se instalen las terminaciones de los cables y deberá verificar:

-Marca y Tipo: La marca y tipo deberán ser los que aparezcan en los planos. Deberán ser del tipo resistente a los agentes atmosféricos.

-Voltaje de la terminación: No será nunca menor que el voltaje de los cables. En los casos que la instalación esté cerca del mar su estructuración será de porcelana.

-Conexión a tierra: Las partes metálicas de las terminaciones (o adaptadores metálicos) estarán conectadas entre sí al neutro del sistema y a tierra por medio de conectores o compresión.

-Tubos de protección de la toma: El inspector verificará que la clase y tipo del tubo o conducto que contiene los cables primarios, sea del tipo que aparecen en los planos.

-El inspector debe verificar que se realicen todas las pruebas que normalmente se hacen a los conductores, dichas pruebas son:

-Pruebas de resistencias de puesta a tierra.

-Pruebas de resistencia de aislamiento.

-Pruebas de continuidad.

Pruebas de laboratorio utilizadas para detectar, en su etapa inicial las posibles fallas de transformadores.

Si observamos el triángulo de causa y efectos podemos concluir que existen dos síntomas muy importantes que indican que algunos problemas se gestan dentro del transformador y que pueden medirse con precisión sin que el transformador sea puesto fuera de servicio. Esos síntomas son:

El recalentamiento del equipo.



La producción de gases dentro del equipo.

El primer síntoma es fácilmente detectable con solo ver los indicadores de temperatura instalados en el equipo y el segundo analizando los posibles gases disueltos en el aceite aislante o los acumulados en el espacio libre en la parte superior de la caja del transformador. Cabe indicar que la mayoría de los transformadores de distribución tienen hoy alarmas que indican recalentamiento del equipo por encima de una temperatura de operación predeterminada y la presencia de gases combustibles dentro del transformador.

## **Transformadores tipo Padmount IEC**

Los transformadores tipo padmounted IEC se fabrican con envolventes a prueba de agua diseñadas para operación en exterior e incluyen compartimentos individuales para cables de AT y BT para alimentación directa por cables subterráneos. Estas unidades se ofrecen con construcciones resistentes y a prueba de golpes, que evitan su acceso a personal no autorizado. Las unidades, diseñadas según normas IEC, son completamente montadas en la fábrica y son embarcadas como una única pieza.

## **Transformadores secos**

ABB ofrece una gama completa de transformadores secos con tensiones primarias de 46 kV en normas ANSI y tensiones primarias de 52 kV en normas IEC.

Para reducir la contaminación medioambiental y el peligro de incendio, los clientes están utilizando cada vez más transformadores secos. Estos transformadores cumplen estrictos parámetros con respecto a las demandas de los sistemas eléctricos y funcionan en áreas con condiciones climáticas extremas. Los transformadores secos y encapsulados al vacío de ABB están prácticamente libres de mantenimiento y son fabricados de acuerdo a las normas internacionales incluyendo la norma ISO 9001

## LIMITES DE FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR

Un transformador se proyecta para unas tensiones dadas de servicio en primario y secundario y una potencia máxima continua que puede obtenerse en su secundario. El incrementar la tensión en su primario, y por tanto la corriente en el mismo, lleva a la saturación del núcleo magnético, con lo que el mismo no es capaz de transferir más potencia al secundario y el exceso de potencia de entrada solo produce sobrecalentamientos del núcleo por corrientes parásitas, y del devanado primario, por efecto Joule, llevando a la rotura del devanado por fallo del aislante del mismo. Una espira en cortocircuito genera a su vez más calor y provoca el fallo total del devanado.

En un transformador es fundamental prever una correcta *refrigeración* del mismo, y a este fin, los de mayor tamaño ( a partir de algunos kilovatios), están bañados en aceite refrigerante que actúa también como dieléctrico.

Así pues, la tensión de entrada, la potencia máxima continua de salida, y la temperatura ambiente, son tres parámetros que no deben sobrepasarse de forma permanente.

### **Generador**

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generara una fuerza electromotriz (F.E.M.).

Se clasifican en dos tipos fundamentales: primarios y secundarios. Son generadores primarios los que convierten en energía eléctrica la energía de otra naturaleza que reciben o de la que disponen inicialmente, mientras que los secundarios entregan una parte de la energía eléctrica que han recibido

previamente. Se agruparán los dispositivos concretos conforme al proceso físico que les sirve de fundamento.

## **CARACTERISTICAS MECANICAS:**

Carcasas en acero y escudos en fundición gris. Eje de acero de alta resistencia. Robusto diseño de los rotores aptos para las velocidades de marcha de los motores de accionamiento. Jaula amortiguadora para cargas monofásicas y/o distorsionadas. Rodamientos auto lubricados. Excitatriz sin escobillas (brushless) y de fácil desmontaje. Formas B3 / 614 y B2. Todos los acoples SAE normalizadas.

- Ventilación: Axial, con entrada de aire desde el lado opuesto al accionamiento.
- Sentido de Rotación: Indistinto.
- Protección Mecánica: IP 23 normal (bajo pedido, otras formas).
- Características Eléctricas: Aislación clase HI. Impregnación; VPI (vacío y presión). Alambres esmaltados 200 gradas. El voltaje es automáticamente ajustado por un regulador electrónico alimentado por un bobinado especial, aislado del principal, lo cual lo protege de sobretensiones de servicio. Bobinados 2/3 acortados garantizan baja distorsión armónica y funcionamientos en paralelo con reducidas corrientes de neutro.

## **TABLERO DE DISTRIBUCION**

Los tableros de distribución deben estar debidamente rotulados por el fabricante con:

1. El nombre del fabricante o la marca comercial.
2. La tensión nominal.
3. La corriente nominal.
4. El número de fases.

Los tableros de distribución se deben alojar y soportar en cajas de corte o encerramientos diseñados para esta aplicación y deben ser de frente muerto.

La construcción del tablero de distribución debe permitir la identificación clara y duradera de cada uno de los circuitos.

Los tableros de distribución se clasifican en dos grupos:

5. Tableros de distribución para circuitos ramales de alumbrado y pequeños artefactos
6. Tableros de distribución para circuitos ramales de fuerza.

Los tableros de distribución para circuitos ramales de alumbrado y pequeños artefactos son los que tienen más del 10% de sus dispositivos de protección contra sobre corriente de 30 A nominales o menos y conexiones para el neutro.

## **Protección contra sobre corriente**

Los tableros de distribución para alumbrado deben estar protegidos en el lado de suministro por no más de dos interruptores automáticos o dos fusibles cuya capacidad de corriente sea menor a la capacidad nominal del tablero, excepto si el alimentador del tablero posee una protección equivalente. Dicha protección debe ser menor de 200 A cuando el tablero opere con interruptores de acción rápida de 30 A nominales o menos.

La carga continua de los dispositivos de protección contra sobre corriente no debe sobrepasar el 80% de su capacidad nominal a menos que estén certificados para el 100%.

Los tableros de distribución alimentados a través de transformador deben estar protegidos en el lado secundario del transformador.

Los instrumentos, luces indicadoras y circuitos de control deben ser protegidos por un dispositivo normalizado menor de 15 A o mediante fusibles especiales de menor capacidad.

Cuando se instalen fusibles de cualquier tipo se deben instalar en el lado de la carga de los interruptores.



## **Conexión a tierra**

Para los tableros con canalizaciones o conductores con recubrimiento externo no metálico y en los tableros de distribución donde existan conductores de puesta a tierra individuales se debe instalar un barraje equipotencial de conexión a tierra. Este barraje se debe conectar equipotencialmente con la caja y la estructura de soporte del tablero y con el conductor de puesta a tierra en el alimentador cuando este existe.

En los tableros de distribución que alimentan cargas sensibles, se debe instalar un barraje adicional para conexiones de puesta a tierra aislada para equipos sensibles.

## **Entrada y salida de los conductores**

El encerramiento de los tableros de distribución debe tener sendos espacios arriba y abajo, dimensionados según la Tabla 373-6.b) para el conductor de mayor sección que entre o salga de la caja, para facilitar el curvado suave y gradual de los conductores que entran o salgan de la caja. Los espacios laterales deben cumplir con la Tabla 373-6.a) y deben estar dimensionados para el conductor de mayor sección que termine en estos espacios.

