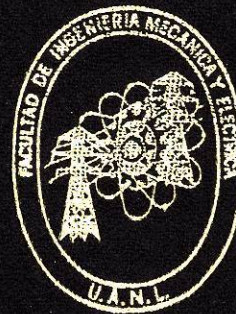


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**  
**Y ELECTRICA**



**DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA**  
**SUBESTACION ELECTRICA**

**PROYECTO**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**ING. MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:**

**RICARDO SAAVEDRA HERNANDEZ**

**ASESOR: ING. ALBERTO RIOS MARTINEZ**

**CD. UNIVERSITARIA**

**DICIEMBRE DE 1997**

T

TK178

S33

1997

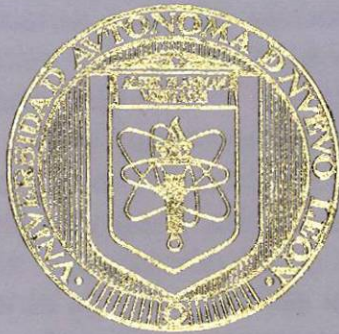
c.1

TK1751  
833  
1997  
2.1



1080096974

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**  
**Y ELECTRICA**



**DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA**  
**SUBESTACION ELECTRICA**

**PROYECTO**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**ING. MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:**

**RICARDO SAAVEDRA HERNANDEZ**

**ASESOR: ING. ALBERTO RIOS MARTINEZ**

**CD. UNIVERSITARIA**

**DICIEMBRE DE 1997**

T  
TK 1751  
S  
M  
S  
1997



## **Capítulo I**

### **Definición Preliminar**

La civilización moderna, en esta época en que vivimos, tiene una gran cantidad de necesidades y a cada momento se están creando cada vez más; para la satisfacción de dichas necesidades, es indispensable la energía eléctrica, ya sea directa por medio de tomas de corrientes en los hogares o indirectamente para la elaboración de algunos productos en las industrias establecidas. Es muy raro encontrar un objeto en cuya elaboración no haya tenido nada que ver la electricidad. Debido a esto, la demanda de energía eléctrica crece enormemente con el aumento de la población o con el desarrollo de la población; en el caso particular de México, la instalación de nuevas plantas generadoras es un hecho y se trabaja sobre eso las 24 horas del día; la distribución de la energía producida también se está extendiendo rápidamente al campo, a las industrias y a los servicios públicos y urbanísticos que demandan las grandes ciudades.

En todos los centros antes citados, en que la carga a alimentar es grande, la alimentación se lleva a cabo en alta tensión debido al ahorro que se tiene en conductores, teniéndose la necesidad de reducir el voltaje en el punto de utilización, para lograr el objeto citado se hace indispensable el montaje de una subestación eléctrica.

Las características de una subestación a otra varían mucho en lo que se respecta a la selección del equipo, porque aunque el voltaje y la carga sean iguales la subestaciones pueden necesitar diferente equipo y de dimensiones variadas, dependiendo del corto circuito máximo que se puede presentar en el lugar. La característica del corto circuito varía según la carga consistente en motores de inducción y síncronos ya que estos, en el momento de la falla, contribuyen al corto circuito actuando como generadores. La mayoría de las industrias y centros de carga eléctrica en México son de pequeña mediana capacidad; naturalmente, excluyendo las grandes subestaciones eléctricas de distribución y transporte de energía eléctrica que tiene instaladas la Comisión Federal de Electricidad al principio y al final de la línea de transmisión para el transporte de la cantidad de energía tan considerable que puede demandar una ciudad entera. También podríamos citar algunas empresas privadas o descentralizadas cuyo consumo de energía es muy alto y no cabría al tenerlas comprendidas entre las empresas de mediana capacidad.

Aquí hablaremos sobre las necesidades de energía eléctrica que presenta el grueso de la industria del País con capacidades de consumo pequeño y medianas solicitando, para dicho fin de alimentación, al equipo que cubra todas sus necesidades técnicas y a la vez el más económico.

## **2.- Capacidad en KVA mas comunes instalados en el país**

De acuerdo con informes obtenidos de Comisión Federal de Electricidad respecto a sus niveles en alta tensión se ha llegado a la conclusión que las instalaciones de mediana y pequeña capacidad son las que ocupan un primer lugar en cantidades de subestaciones instaladas, en cuyo caso, cada una de ellas necesita de la protección adecuada contra el corto circuito, se comprende que para este tipo de subestaciones, en que la factoría o local no cuenta con un equipo especializado para el mantenimiento del equipo de alta tensión, es indispensable elegir todos los componentes de la subestación para que necesiten el mínimo de mantenimiento, si no es que nulo, durante una cantidad razonable del año.

## **3.- Equipo Básico**

El diseño y construcción de las subestaciones modernas tiene una amplia gama de modalidades que van de acuerdo con la importancia de la carga a alimentar, continuidad requerida del servicio, volumen de energía que se manejará, condiciones naturales del lugar, consideraciones estéticas de toda índole, etc.; sin embargo para el correcto funcionamiento de una subestación cualquiera, dentro de lo límites de seguridad funcional en todos los aspectos para el fin que se va a destinar,, necesita de cierto equipo que es básico en todos los casos y es el siguiente:

- a).- Sección de medición
- b).- Apartarrayos
- c).- Cuchillas desconectoras y de prueba
- d).- Interruptores
- e).- Transformadores de potencia

De los elementos antes mencionados están constituidas las subestaciones y varían el tamaño, complicaciones y precio del equipo de acuerdo a las necesidades en cada uno de los casos específicos que se presenten.

**A).- SISTEMA DE MEDICION.-** El sistema de medición oficial siempre es instalado por la Comisión Federal de Electricidad, consta generalmente de un voltmetro con conmutador trifásico, medidor de KW, medidor de KVAR y medidor de demanda máxima; todo este equipo con sus respectivas cuchillas de prueba para la medición periódica que lleva a cabo la compañía suministradora.



**B).- APARTARRAYOS.-** Para evitar sobrevoltajes peligrosos se pensó en la convivencia de desviar las ondas de voltaje no normales, cuya amplitud podría resultar perjudicial para el buen funcionamiento de la subestación. Esto se ha logrado mediante la instalación de pararrayos en los puntos vitales de una línea, con el objeto de proteger una determinada arrea desviando a tierra las sobretensiones que se pudiesen presentar, principalmente por la acción devastadora de los rayos.

**C).-CUCHILLAS DESCONECTADORAS Y DE PRUEBA.-** Las cuchillas desconectadoras son unos dispositivos esenciales para la desconexión y el aislamiento de cualquier parte de la subestación o para la desconexión total dejando fuera de funcionamiento toda la instalación en alta tensión y por lo tanto, también en baja tensión.

**D).- Interruptores.-** La protección de una subestación comprende la detección de toda clase de situaciones anormales que ocurran en la instalación, tales como sobrecargas, bajo voltaje, frecuencia, ángulo de fase, factor de potencia, cortocircuito y otras que se encuentran comprendidas en las anteriores. El elemento principal de todas estas protecciones es el dispositivo interruptor de potencia, los variados sistemas que actualmente existen para la detección de fallas no tienen otra misión que la de mandar una señal al interruptor de potencia, el interruptor de potencia no tiene otra misión que la de mandar una señal al interruptor de potencia para que opere abriendo el circuito, evitándose así mayores daños en la red cuando se detecta alguna situación anormal, cualquiera que esta sea.

**E).-TRANSFORMADORES DE POTENCIA.-** El transformador de potencia es el elemento medular de una subestación, en la cual se lleva a cabo la transformación de voltaje mayor a menor o viceversa, para la cual ha sido creada la subestación misma.

La conexión para transformadores reductores más usual es la delta estrella por la facilidad y la economía que representa el colocar la menor cantidad de cobre en el primario conectado en delta, ya que por cada una de las fases circula solamente  $1/\sqrt{3}$  de la corriente de la línea total; en lo que respecta al secundario, existe una gran ventaja en la conexión estrella de tener dos voltajes disponibles, uno al centro de la estrella y otro entre fases, cosa que es muy ventajosa para fuerza motriz y de iluminación. De acuerdo a la carga a alimentar, puede haber un solo transformador grande o varios conectados en paralelo. Dependiendo directamente del voltaje y tamaño del transformador sus características varían grandemente, entre ellas forman muy especialmente, el sistema de enfriamiento, el tamaño de las boquillas y la técnica de construcción y aislamiento de las bobinas del primario y secundario.

## **CAPITULO II**

### **CORTO CIRCUITO E INTERRUPCION DE UN CIRCUITO ELECTRICO**

#### **1.- CORTO CIRCUITO**

El corto circuito es la falla más indeseable de un circuito de potencia de alta tensión, se establece cuando se perfora el aislamiento entre dos o más polos que mantienen una determinada diferencia de potencial, siendo su característica principal que se trata de una corriente elevadísima por la poca impedancia que la limita, los trastornos que causa son bastante graves, de allí que se trata de disminuir su duración al mínimo posible, ya que no es factible eliminar definitivamente en un circuito la posibilidad de una falla, la técnica se circunscribe a lograr las mayores condiciones de seguridad en este aspecto y crear dispositivos que interrumpan dicha corriente anormal a la mayor brevedad.

Las causas que pueden conducir a un corto circuito son muy variadas; podemos citar algunas de ellas: el aislamiento establecido entre los conductores puede fallar a causa del envejecimiento, es decir, por los efectos de las condiciones atmosféricas del lugar. La caída de los cables a tierra por efectos de vientos muy fuertes, nieve o lluvia; caídas a tierra de una torre completa o un poste, creando un corto circuito trifásico; la destrucción intencional o accidental de algún aislador, etc. De esta forma, podemos citar infinidad de casos en que se puede ocasionar un corto circuito, llevando consigo la necesidad de interrumpirlo rápidamente antes de que cause estragos materiales graves y en ocasión hasta la pérdida de vidas humanas en el caso de las explosiones o incendios cuando se ve liberada en forma desordenada e incontenible toda la potencia eléctrica que se encuentra disponible en los sistemas de alimentación.

Las corrientes de corto circuito, debido a su intensidad, producen un aumento en la temperatura de los devanados del generador que proporciona dicha corriente, en los transformadores, cables y todo el equipo adicional que es utilizado para la instalación de dicho equipo. Los aislamientos que se usan en la actualidad para recubrir a los conductores, son al mismo tiempo aislantes térmicos que impiden la transmisión del calor hacia el exterior, cuando se produce una sobrecorriente en el cable; el aislamiento se calienta y si no se carboniza inmediatamente, sí queda dañada su capacidad dieléctrica para los servicios que tiene asignados para aislar un determinado elemento. Al repetirse varias veces la secuencia antes descrita, al cabo de algunos cortos circuitos, el aislamiento fallará sin remedio.

Además de las exigencias térmicas a que se ven sometidos los conductores y su aislamiento a causa de una falla, también es de tomarse en cuenta los esfuerzos electromagnéticos que resultan de la primera onda de corriente. En subestaciones grandes, en donde la corriente de corto circuito inicial es muy grande, los esfuerzos electromagnéticos instantáneos pueden alcanzar valores muy elevados por lo que las dimensiones y distancias de todos los elementos de la instalación deberán de ser cuidadosamente estudiados.

## 2.- FUENTES DE ALIMENTACION DE LOS CORTOS CIRCUITOS

Al hacer los cálculos de los cortos circuitos de una instalación es muy importante tomar en cuenta todas las fuentes de donde pueda proceder la alimentación de la falla, asimismo, conocer la reactancia de cada una de las fuentes.

Las corrientes de corto circuito proceden básicamente de tres elementos:

- a).- Generadores
- b).- Motores y condensadores síncronos
- c).- Motores de Inducción

Los generadores son movidos por diferentes fuentes no controlables en forma instantánea, tal como caídas de agua, turbinas de gas, turbinas de diesel, etc., por lo que al ocurrir un corto circuito el generador produce voltaje por la excitación del campo y para fines prácticos, sigue girando a velocidad normal durante un instante. La corriente de corto circuito suministrada por el generador está limitada por la impedancia del mismo y de la línea que une el punto donde ocurrió la falla. Para un corto circuito en los bornes del generador la corriente suministrada quedará limitada únicamente por la impedancia de la máquina.

Los motores síncronos están contruídos en forma muy semejante a los generadores; constan de un campo excitado por corriente directa y el estator embobinado por el cual circula la corriente alterna; su misión es transformar la energía eléctrica en energía mecánica; cuando hay un corto circuito, la alimentación del motor desaparece, pero sigue girando a su velocidad normal debido a la inercia durante un instante, tiempo en el que actúa como generador al invertir la dirección de transformación de energía mecánica a energía eléctrica; en ese momento se lleva a cabo la alimentación de la falla por el motor síncrono. La magnitud proporcionada, depende de la potencia del motor, del voltaje y de la reactancia puesta en juego.

Con un motor de inducción, el efecto producido por la inercia es exactamente el mismo que en un motor síncrono. Hay tan solo una diferencia fundamental: el motor de inducción: el motor de inducción no tiene devanado de campo de corriente continua. El campo se produce directamente por inducción del estator de tal forma que al iniciarse el corto circuito se suspende la alimentación del estator y por lo tanto, la inducción que produce el campo; pero este no desaparece inmediatamente, sino que persiste durante un lapso muy pequeño produciendo a su vez una inducción en el devanado del estator que alimenta la falla, invirtiéndose el sentido de transformación que proporciona el motor de inducción de la energía igual que en el motor síncrono. Esta alimentación que proporciona el motor de inducción dura solo unos pocos ciclos por la desaparición del flujo en el rotor que produce la inducción. Los dispositivos interruptores abren aproximadamente en ese tiempo, razón por la que se ve afectada su operación con el fenómeno descrito. La magnitud de la corriente de corto circuito proporcionada por un motor de inducción depende de la potencia del mismo, voltaje e impedancia característica su circuito.

### 3.- CORRIENTE TOTAL DE CORTO CIRCUITO

La corriente total de corto circuito es la suma de todas las componentes que fluyen al punto de la falla en el momento de la interrupción. En la fig. 1 se pueden apreciar gráficamente las diferentes componentes de la corriente. Actualmente, por la distancia existente entre el lugar de consumo y la planta suministradora, la corriente proporcionada por el generador se considera esencialmente constante. Cuando estos se encuentran muy cerca de la carga, entonces sí se puede apreciar que la corriente disminuye lentamente después de unos cuantos ciclos (Fig., 1 b). Los motores síncronos también contribuyen a la corriente corto circuito con una componente semejante a la mostrada en la Fig. 1 c.

Los motores de inducción hacen otro tanto, solamente que su acción dura unos 3 o 4 ciclos, desapareciendo rápidamente su influencia (Fig. 1 d). La suma de todas las corrientes antes descritas nos dan por resultado la corriente de corto circuito simétrica (Fig. 1 e)

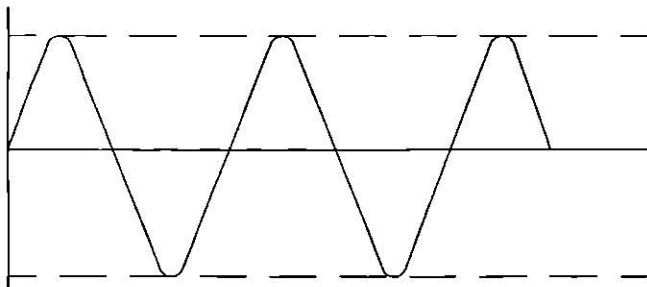


Fig. 1a Ia Normal

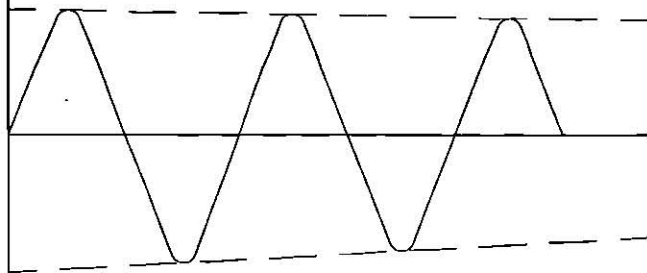


Fig. 1b Ib Generador

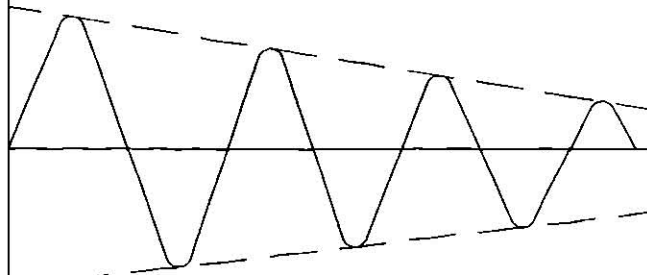


Fig. 1c Ic Motor Sincrono

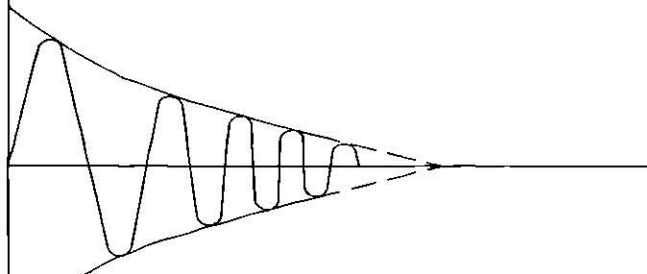


Fig. 1d Id Motor de Induccion

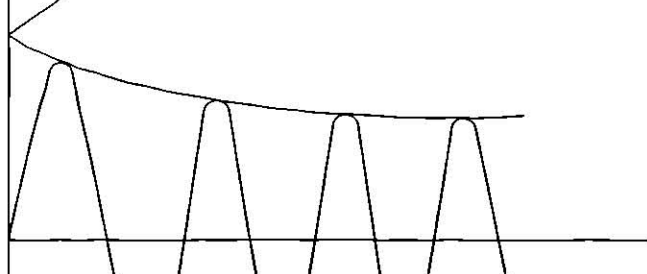


Fig. 1e Ie Total Corriente de Cortocircuito simetrica

Figura 1. Componentes de la corriente de Cortocircuito simetrica

## **CAPITULO III**

### **DISPOSITIVOS DE INTERRUPCION EN ALTA TENSION**

#### **1.- TIPOS PRINCIPALES**

Con el objeto de conocer los diferentes tipos de dispositivos para la interrupción de circuitos de alta tensión, haremos una breve exposición de la característica de cada uno; de esta forma se obtendrá una visión más clara de las ventajas y limitaciones existentes de los mismos en los variados regímenes de trabajo a que son sometidos.

Entre los dispositivos interruptores más conocidos son los siguientes :

- a).- Interruptores en baño de aceite
  - 1).- En gran volumen de aceite
  - 2).- En pequeño volumen de aceite
- b).- Interruptores neumáticos
- c).- Combinaciones de corto circuitos fusibles y cuchillas desconectoras con carga.

#### **2.- INTERRUPTORES EN GRAN VOLUMEN DE ACEITE**

En el interruptor de aceite común de aceite el arco se extingue en el interior de una burbuja de gas. Con este tipo de extinción el arco alcanza longitudes considerables debido a la escasa refrigeración que recibe.

Como se puede apreciar en la Fig. 3, la burbuja de gas que se forma en el seno del aceite da lugar a sobre presiones en el tanque que contiene a los contactos, con las variaciones de la corriente, el arco disminuye y aumenta su potencia produciendo trepidaciones en el cuerpo del interruptor y expulsando violentamente parte del aceite que contiene por el respiradero que se encuentra colocado expofeso en la parte superior del disyuntor.

Durante el proceso de interrupción del aceite se descompone formando gases y hollín que escapan por el respiradero, parte de este hollín se va mezclando con el aceite disminuyendo su poder dieléctrico. Los gases creados en la interrupción, al unirse con el aire forman una mezcla explosiva creando

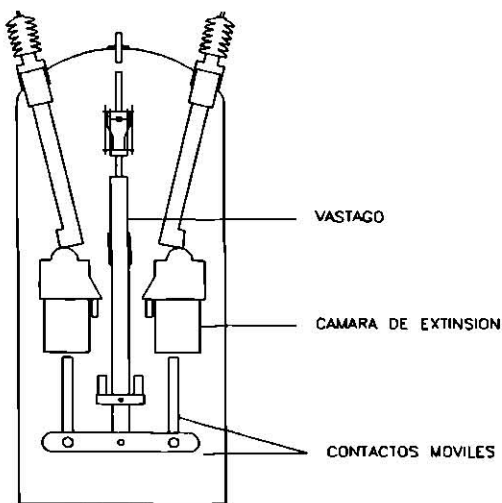
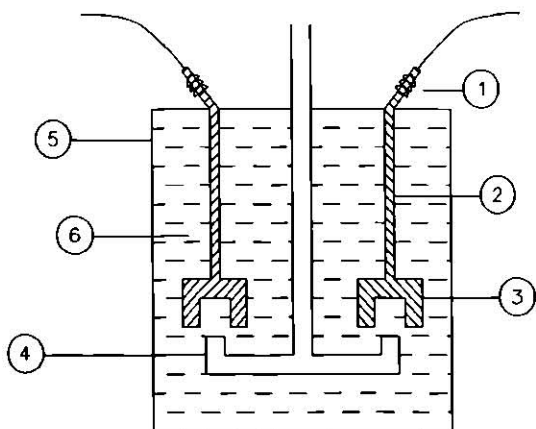


FIG. 3 INTERRUPTOR DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE

una mezcla explosiva; para reducir el riesgo al mínimo se coloca una capa de aceite suficientemente gruesa de aceite sobre los contactos para que el arco no toque directamente los gases de descomposición cuando se forme la burbuja.

Los interruptores con contactos libres se utilizan únicamente para potencias reducidas, puesto que al iniciarse el arco no hay unión estrecha entre este y el aceite dando por resultado una refrigeración insuficiente. Para grandes potencias se les coloca a los disyuntores un aditamento extra que son las cámaras de extinción envolviendo a los contactos para asegurar una buena refrigeración al haber una unión íntima entre el aceite y el arco establecido (Fig. 4).

FIG. 4



- 1.- Boquillas de conexión al circuito
- 2.- Contactos fijos (dentro de la cámara)
- 3.- Cámara de extinción
- 4.- Contactos móviles con su vástago
- 5.- Recipiente
- 6.- Aceite

En los interruptores con cámara de extinción al arco también produce gases que tratan de expandirse, pero quedan confinados a la cámara que rodea de muy cerca el punto de ruptura, los mismos gases chocan contra el aceite existente dentro de dicha cavidad, dando por resultado corriente de aceite muy fuertes que son lanzadas contra la chispa contribuyendo muy eficazmente a la extinción de la misma. Mediante este sencillo dispositivo, el tiempo de duración del arco se reduce bastante en comparación con los interruptores en gran volumen de aceite con contactos libres.

Cuando se trata de la interrupción de circuito con voltajes bastante elevados y regímenes de corto circuito respetables, los polos del interruptor se colocan separadamente en diferentes recipientes colocándose un mecanismo para la apertura de los tres polos.

### 3.- INTERRUPTORES EN PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE

Existe una notable diferencia entre los interruptores en gran volumen de aceite y de los de pequeño volumen de aceite: su tamaño. Estos últimos son bastante más pequeños que los primeros, ya que la cantidad de aceite que contiene para una misma capacidad interruptiva y voltaje varía más o menos entre el 2 y 5 % del contenido de un interruptor en gran volumen de aceite resultando más económico su mantenimiento.

El efecto de extinción en los interruptores en pequeño volumen de aceite es variable, es decir, se adapta a la corriente que se interrumpe en un caso determinado, para corrientes muy grandes el efecto de extinción para resistir la presión de los gases formados en el proceso de la interrupción.

La cámara de extinción esta formada por una coraza resistente dentro de la cuál se encuentran los contactos, uno fijo y otro móvil, en el interior de dicha cámara hay varios discos perforados por cuyo centro se desliza el contacto móvil. El espacio entre discos está ocupado por aceite; el funcionamiento de la cámara de extinción es como sigue:

Al empezar la interrupción el contacto móvil se desplaza hacia abajo separándose del contacto fijo, la presencia del arco no se hace esperar encavándose entre ambos contactos y formando gases; dichos gases no pueden expandirse debido al aceite existente entre los discos perforados asegurándose de esta forma un contacto íntimo entre el arco establecido y el aceite de la cámara. Los gases que se desprenden como consecuencia de la evaporación del aceite se escapan por la abertura que se encuentra arriba de los contactos.



Los mismos gases producidos durante la apertura de los contactos elevan la presión dentro de la cámara de extinción y este fenómeno a su vez contribuye al restablecimiento de la rigidez dieléctrica del espacio entre los contactos que los separan. Los gases creados no se mezclan con el aceite, ya que se expulsan por la abertura que se encuentra arriba de los contactos, teniendo como consecuencia, un menor mantenimiento al conservarse limpio el aceite del interruptor, además de que el contacto móvil, al desplazarse, lo hará en el aceite fresco exento de gases.

#### **4.- CORTA CIRCUITOS FUSIBLES**

Los cortacircuitos fusibles se encuentran dentro del ramo del equipo para protección de corta circuito y sobrecargas de más bajo nivel, proporcionando a su vez, seguridad, confiabilidad en su operación y mantenimiento, facilidad de montaje, economía en su funcionamiento y sobre todo, excelentes características eléctricas tanto para la conducción como para la interrupción de la corriente eléctrica dentro del rango para el cuál han sido diseñados.

Varios tipos de cortacircuitos forman parte de las normas de la Comisión Federal de Electricidad para las instalaciones urbanas o rurales y que han sido seleccionados por esta importante Compañía debido a que cubren perfectamente las necesidades que se presentan en sus circuitos de distribución y alimentación.

Existe una gran variedad de cortacircuitos en los que se refiere a voltajes, corrientes continuas de conducción, corrientes de cortocircuitos factibles de interrumpir, tipos de voltaje y otras características físicas indispensables para desarrollar un buen papel en la misión que se les ha encomendado.

## **CAPITULO IV**

### **CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CORTACIRCUITOS**

El corta circuito XS está formado por un aislamiento tipo barril el cuál tiene tres insertos metálicos cementados; uno en cada extremo y uno más en el centro del aislador; los insertos de los extremos son los encargados de sujetar las partes vivas metálicas que a su vez son los que sostienen el tubo portafusible; el inserto central es el confiado a sostener en una sola posición todo el cuerpo del corto circuito, a el se va atornillada una abrazadera que es la que se va sujeta a la cruceta del poste o estructura en donde se desea vayan fijos los cortacircuitos.

Las partes vivas están formadas de cobre y bronce en donde van incluidos el sego de resorte del tubo portafusible, la lámina conductora de la corriente eléctrica, los ganchos especialmente dispuestos para la operación de apertura con carga mediante herramientas Loadbuster, mecanismo de guía para abrir y cerrar sin dificultad (incluso sin ver) el tubo portafusible y martillo accionado por resorte para asegurar una rápida separación de los contactos, como ya se dijo y la de liberar el tubo portafusible para que caiga del seguro de resorte de la parte superior indicando de esta forma el momento en que está fundido el fusible de alguna frase en la instalación.

Todos los contactos eléctricos son plata-plata con el objeto de asegurar una óptima conductividad en condiciones normales de funcionamiento. El tubo portafusible está hecho de material sintético que asegura la resistencia mecánica en el caso de que un cortocircuito sea interrumpido en su interior. Mediante la combinación de tres cortacircuitos simples de un solo aislador cada uno y unidos por un mecanismo se obtiene una acción se limita a circuitos rurales que es donde llevan a cabo su función satisfactoriamente.

El funcionamiento de estos dispositivos de estos dispositivos es de la siguiente manera:

a).- Una sola fase está formada de tres cortacircuitos conectados en paralelo, es decir, para un circuitos xs cada uno. Cada tubo portafusible tiene instalado su fusible de una capacidad elegida de antemano.

b).- Inicialmente, cuando la línea está funcionando normalmente, sólo uno de los tubos portafusibles está conectado eléctricamente en la línea y a través del cual está circulando la totalidad de la corriente.

c).- Al ocurrir una falla se funde el fusible del primer cortocircuito ocasionando que el tubo del mismo caiga como señal de que el corto circuito se ha abierto; este movimiento se aprovecha para mover un dispositivo mecánico que automáticamente conecta eléctricamente el segundo cortocircuito a la línea, la corriente vuelve a fluir normalmente por la línea después de una breve interrupción.

d).- Si la falla ha sido momentánea, es decir, que dos líneas se juntan accidentalmente durante un breve intervalo o cualquier otra causa no permanente, la falla quedará despejada con el accionamiento del primer corto circuito; en caso contrario, la corriente de falla seguirá circulando por el segundo cortocircuito una vez que el primero ha disparado, la sobrecarga originará que el segundo también dispare cayendo el tubo portafusible como sucedió en el primer caso.

El movimiento se aprovecha para accionar unos contactos que ligarán eléctricamente al tercer y último cortocircuito, el cuál seguirá funcionando normalmente si la falla ya ha sido despejada (tal puede ser una rama que ha caído entre dos fases de la línea, hizo contacto y después cayó). Si el problema del cortocircuito dispara quedando la línea permanente abierta.

La regulación del tiempo entre un disparo y el otro no se puede hacer en forma tan amplia como en un restaurador común y corriente, la forma de controlar el accionamiento entre la fusión de un fusible y el siguiente es mediante las curvas de fusión y las capacidades de los fusibles ya que se ve la imposibilidad de controlar el tiempo de conexión de una manera sencilla entre el cortocircuito recién fundido y el que apenas va a entrar en servicio. El tubo, al fundirse el fusible, cae libremente por gravedad girando en torno al acoplamiento en la parte viva inferior del corto circuito, por lo que el tiempo de contacto eléctrico de uno a otro sin que intervenga para nada el tiempo de fusión y la capacidad del fusible no es variable, sino que permanece constante en todos los casos de apertura del cortocircuito.

## 2.- OPERACION DE LOS CORTACIRCUITOS TIPO XS

La apertura de los cortacircuitos cuya potencia no es muy alta se confía al cortocircuito XS para servicio pesado, el cuál extingue el arco mediante un ingenioso mecanismo de tres pasos que absorbe la energía mecánica liberada

por el circuito en el caso de una falla. Dicho mecanismo de rebote opera como sigue:

a).- Cuando el eslabón se funde por causa de un corto circuito, el arco mismo establecido produce la liberación de gran cantidad de gases que son expulsados violentamente hacia abajo produciendo el barrido del ambiente ionizado creado en un principio del cortocircuito; el fenómeno descrito hace que el tubo portafusible trate de salir disparado hacia arriba empujando y venciendo totalmente el resorte del contacto superior del cortocircuito, la acción mecánica del resorte del contacto superior del cortocircuito, la acción mecánica del resorte absorbe una buena parte de la energía mecánica liberada durante la falla.

b).- Una vez que el resorte del contacto superior ha quedado totalmente comprimido, el empuje del tubo portafusible se transmite a la placa principal de sustentación en contacto superior en donde es detenido el tubo portafusible definitivamente hasta el término de la falla.

c).- Finalmente, al quedar totalmente despejada la falla, es decir, extinguiéndose el arco, la expulsión de los gases cesa, terminando el efecto de cohete del tubo portafusible, que deja de ejercer presión sobre la placa de sustentación y libera el resorte el cuál empuja violentamente hacia abajo el tubo ocasionando su caída e indicando que el dispositivo actuó.

# **CAPITULO V EL TRANSFORMADOR**

## **1.- DEFINICION**

El transformador es un aparato estático que puede transferir energía de un circuito eléctrico de corriente alterna a otro por medios electromagnéticos, pudiendo hacer una transformación de voltajes y de corrientes entre los circuitos y no habiendo contacto eléctrico entre los dos.

Razón de ser conforme la industria eléctrica fue teniendo un mayor crecimiento, la dificultad de trasladar la energía de un lugar a otro fue haciéndose más evidente, pues los circuitos eléctricos trabajaban a base de corriente directa y bajo voltaje, lo cual los hacía altamente ineficiente para la transmisión. Se vió entonces la necesidad de elevar el voltaje entre el campo de generación y las cargas, y básicamente el transformador vino a llenar esta necesidad, junto con el necesario cambio a corriente alterna.

En cualquier circuito eléctrico tendremos tres partes fundamentales:

a).-CIRCUITO DE GENERACIÓN: Generalmente a un voltaje no muy alto (alrededor de 10,000 volts)

b).- CIRCUITO DE TRANSFORMACIÓN: A alto voltaje, con el efecto de hacer esta transmisión más eficiente y barata y así poder transmitir la energía a largas distancias, ya que generalmente los grandes centros de generación se encuentran alejados de los centros de consumo. Así pues, el transformador por sus características, es capaz de elevar el voltaje en el centro de generación, para su transmisión.

c).-CIRCUITO DE UTILIZACIÓN: En este circuito el voltaje está a un nivel propio para su utilización, ya sea industrial o residencial. De nuevo el transformador es el encargado de reducir el voltaje a su nivel utilizable.

Cabe decir que se ha simplificado un poco el sistema, ya que tanto la elevación como la reducción del voltaje generalmente se efectúan en varios pasos de circuitos de subtransmisión y distribución.

## 2.- PRUEBAS DE LABORATORIO

El de probar el transformador, es para verificar sus características de operación y detectar posibles fallas de construcción, es decir, su calidad. Los transformadores son sometidos a las más estrictas pruebas especificadas por las normas A.S.A., N.E.M.A. Y C.C.O.N.N.I.E., lo cual garantiza continuidad en el servicio y correcta operación.

A continuación son descritas de una manera sencilla, las pruebas a que son sometidos los transformadores:

A).-RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE: El aceite empleado en los aceites es empleado en los transformadores es un producto altamente refinado, pero no químicamente puro, lo cual significa que contiene impurezas en su composición, algunas en particular sumamente destructivas para sus propiedades y su resistencia dieléctrica. Los factores más dañinos son el agua, el oxígeno y las muchas combinaciones de compuestos que se forman por la acción combinada de estos a altas temperaturas. Estas son las razones por las cuales se efectúa la prueba de rigidez dieléctrica, la cual consiste en verificar si el líquido aislante cumple con las condiciones de limpieza y grado de humedad necesario para el grado de su cometido dieléctrico, entre devanados y devanados a tierra.

B).- RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.- La resistencia del aislamiento depende del grado de humedad y limpieza del mismo, este es el motivo por el cual su medición se orienta primordialmente a determinar si el aislamiento ha sido adecuadamente secado. Esta prueba consiste en encontrar el valor óptimo del aislamiento del transformador. Con este valor podemos determinar su grado de humedad entre devanados y devanados a tierra, y al mismo tiempo verificar si el aparato está capacitado para soportar las pruebas dieléctricas a que está sometido.

C).- POTENCIAL APLICADO.- La prueba de potencial aplicado consiste en verificar que la clase y cantidad de material aislante son adecuados y apropiadamente colocados.

D).- POTENCIAL INDUCIDO.- Esta prueba se aplica para comprobar el aislamiento entre vueltas, capas y secciones de un devanado. Detectará un punto débil en los aislamientos. La prueba es a doble voltaje nominal y hasta completar 7,200 ciclos.

E).- RELACION DE TRANSFORMACIÓN.- La prueba de relación de transformación tiene como objetivo principal, la determinación entre el número

de vueltas del devanado primario y el secundario, o sea, nos determina si la tensión suministrada puede ser transformada a la tensión deseada.

**F).- POLARIDAD.-** El objetivo es determinar el desplazamiento angular expresado en grados entre el vector que representa la tensión y el vector de línea a neutro de una fase de alta tensión y el vector que representa la tensión de la línea a neutro en la fase correspondiente en baja tensión. La polaridad reviste una gran importancia en la conexión de los transformadores, sobre todo si estos han de ser conectados en paralelo o en bancos.

**G).- PERDIDAS EN VACIO.-** Las pérdidas en vacío son las sumas de las pérdidas por corriente inducidas en el hierro del núcleo.

Esta prueba consiste en determinar las pérdidas que tiene el transformador cuando se alimenta un devanado con su voltaje y frecuencia nominal, el otro devanado se encuentra abierto.

**H).- PERDIDA CON CARGA.-** Pérdida con carga es la energía consumida por los conductores al circular en ellos la corriente nominal del transformador.

Esta prueba consiste en colocar el devanado de baja tensión en corto circuito, mientras que el devanado de alta tensión es ajustado de manera que fluya en el mismo, corriente nominal, determinándose así el valor de las pérdidas con carga. Este valor es sumado al valor encontrado de las pérdidas con carga. Este valor es sumado al valor encontrado de las pérdidas en vacío, obteniéndose así la suma total de pérdidas.

**I).-IMPEDANCIAS.-** La impedancia de un transformador se mide colocando en corto circuito un devanado y haciendo circular por el otro corriente de plena carga, leyendo así directamente un voltaje, el cual nos sirve para calcular el porcentaje de impedancia del transformador.

El conocimiento del valor de la impedancia de un transformador, es necesaria para seleccionar las protecciones adecuadas tanto para el transformador como para el sistema completo, ya que la impedancia es la limitadora de la corriente en caso de un cortocircuito, por lo cual debe de ajustarse a las normas y coordinarse correctamente con el circuito de protección. La impedancia es de mucha importancia cuando el transformador vaya a operar en paralelo.

**J).-MEDICION DE RESISTENCIAS.-** La resistencia de un devanado se mide con suma precisión por medio de aparatos tales como el puente de wheastone y el puente de Kelvin, el primero nos mide resistencias altas, mientras que el segundo mide resistencias pequeñas.

La medición de la resistencia de los devanados de un transformador tiene los siguientes motivos:

1).- Es necesario conocer el valor óhmico para determinar la temperatura del transformador.

2).- Nos sirve para el cálculo de las pérdidas por efecto de Joule, las cuales a su vez, utilizamos para encontrar el valor de las pérdidas indeterminadas.

3).- Es muy útil en la determinación de fallas en los devanados debido a falsos contactos.

k).- ELEVACION DE TEMPERATURA.- Las mediciones de temperatura tienen como principal objetivo, demostrar que el demostrador soportará su carga sin excesivo calentamiento.

La prueba consiste en la determinación de la temperatura máxima que alcanza el transformador al estar con su carga nominal. Es conveniente hacer notar, que esta prueba solo se realiza en un aparato que define en un mismo lote, a un conjunto manufacturado.

1).- PRUEBAS DE PRESION:- Un transformador debe garantizar hermeticidad absoluta durante su larga vida útil, debido a que existencia de fugas en el tanque propicia la entrada de humedad, o fugas de aceite, ocasionando esto, una probable futura falla en el transformador.

3.- Forma de especificar un transformador.

Capacidad del transformador en KVA's

Numero de fases

Frecuencia en ciclos por segundo

Tensión en el primario

Tensión en el secundario

Conexión en el primario

Conexión en el secundario

Numero de derivaciones arriba y abajo del voltaje nominal y por ciento de cada una.

Sobre evaluación de temperatura en grados centígrados.

Altura sobre el nivel del mar a la cual va a operar el transformador.



## Elementos que constituyen un transformador

1. Núcleo de un circuito magnético
2. Devanados
3. Aislamiento
4. Aislantes
5. Tanque o recipiente
6. Boquillas
7. Ganchos de sujeción
8. Válvula de carga de aceite
9. Válvula de drenaje
10. Tanque conservador
11. Tubos radiadores
12. Base para rolar
13. Placa de tierra
14. Placa de características
15. Termómetro
16. Manómetro
17. Cambiador de derivaciones o taps

## Clasificación de transformador

Los transformadores se pueden clasificar por:

a) La forma de su núcleo

1. Tipo columnas
2. Tipo acorazado
3. Tipo envolvente
4. Tipo radial

b) Por el número de fases

1. Monofásicos
2. Trifásicos

c) Por el número de devanados

1. Dos devanados
2. Tres devanados

d) Por el medio refrigerante

1. Aire
2. Aceite
3. Líquido inerte

**e) Por el tipo de enfriamiento**

- 1. Enfriamiento OA**
- 2. Enfriamiento OW**
- 3. Enfriamiento OW/A**
- 4. Enfriamiento OA/AF**
- 5. Enfriamiento OA/FA/FA**
- 6. Enfriamiento FOA**
- 7. Enfriamiento OA/FA/FOA**
- 8. Enfriamiento FOW**
- 9. Enfriamiento A/A**
- 10. Enfriamiento AA/FA**

**f) Por la regulación**

- 1. Regulación**
- 2. Regulación variable con carga**
- 3. Regulación variable sin carga**

**g) Por la operación**

- 1. De potencia**
- 2. Distribución**
- 3. De instrumento**
- 4. De horno eléctrico**
- 5. De ferrocarril**

## **CAPITULO VI**

### **PUNTOS ELEMENTALES DE LOS SISTEMAS DE TIERRA**

**COLECTOR DE TIERRA:-** La necesidad de una tierra conveniente es universalmente conocida para suministrar:

- 1).- Seguridad para hombre y animales sobre descargas eléctricas.
- 2).- Protección del equipo y aparatos de algún daño por fallas eléctricas.
- 3).- Mejor confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico.
- 4).- Métodos de relevación del circuito para despejar las fallas en la tierra de los sistemas eléctricos.

Por la gran importancia que tiene el sistema de tierra cualquiera que ésta sea, es requerido para su funcionamiento, esto es esencial para planear cualquier sistema de tierra completa y cuidadosamente. Naturalmente, la primer consideración en cualquier conexión a tierra es e el suelo mismo.

Los materiales comprimidos en la superficie del suelo tienen una muy alta resistencia comparada con la baja resistencia de los metales. Como resultado, todo flujo de corriente a través del suelo tiene una disminución del voltaje considerable en una distancia corta. Esto ha sido aparente, el concepto de que el potencial a tierra ha sido cero, no es verdad. Un declive considerable de potencial es casi posible entre diferentes porciones de tierra, más particularmente entre las porciones que están inmediatamente adyacentes a un electrodo a tierra y las porciones que están alejadas del electrodo a tierra.

Hay una considerable variación en la resistencia del suelo. La resistencia depende de muchos factores, tales como:

- 1).- Tipo de suelo
- 2).- Profundidad
- 3).- Temperatura
- 4).- Contenido de humedad
- 5).- Porcentaje de concentración de sal en el suelo.

La resistencia depende de muchos factores, tales como:

- 1).- Tipo de suelo
- 2).- Profundidad
- 3).- Temperatura
- 4).- Contenido de humedad
- 5).- Porcentaje de concentración de sal en el suelo.

Los suelos de arcilla, barro y caliza, son suelos que tienen relativamente baja resistencia; suelos arenosos y rocosos tienen resistencias mucho más elevadas.

### PROMEDIO DE RESISTIVIDAD DE LA TIERRA

Tipo de tierra	Resistividad Ohms-Mts.
Suelo mojado orgánico	$10^1$
Suelo húmedo	$10^2$
Suelo seco	$10^3$
Yacimientos de roca	10

**ELECTRODO DE TIERRA.-** Las condiciones de tierra tienen una gran importancia en el tipo de conexiones de tierra que se deben de hacer. En general, hay dos tipos de conexiones de tierra:

1).- Aquellos que son hechos por tuberías de agua, por edificios de acero, y otras estructuras de acero que son instaladas para otros propósitos, además de conexiones de tierra.

2).- Aquellos que son hechos con varillas dirigidas, cables o placas enterradas, u otros tipos de electrodos diseñados para propósitos de conexiones de tierra.

Los sistemas de tuberías de agua, deberían de ser usados para conexiones a tierra cuando sea posible, en tanto como su gran largo usualmente corta la resistencia de tierra una fracción de un Ohm. Además los tubos son usualmente instalados a profundidades bajo la línea de congelación cuando la humedad es relativamente permanente y donde la resistencia es muy poco afectada por las variaciones de los cambios de estación. Una excepción puede hacerse cuando los sistemas de tubería de agua donde las conexiones en los tubos son selladas con cemento o compuesto similar que aíslan secciones de tubo uno de otro, por lo tanto reduciendo su efectividad para propiedades de conexión a tierra.

Cuando los tubos de agua no son disponibles, la tierra puede consistir de varillas dirigidas o tubos, placas enterradas, rejillas de cable a cable de equilibrio. Además existen varios tipos de diseños patentados de conexiones a tierra, pero son demasiado caros y raramente se usan.

Donde hay diseños de conexiones con tierra artificial pueden usarse varillas dirigibles o tubos que han demostrado que son más económicos. Los tubos son

usualmente de acero galvanizado, mientras que las varillas son usualmente hechas con una substancia de acero cubiertas por una envoltura relativamente gruesa de cobre puro.

El último tipo de electrodo, es de una ventaja especial, donde la instalación es requerida en suelos corrosivos. Comparada a la resistencia de alambre de tierra, electrodo de tierra, y contactos, entre electricidad y tierra es insignificante.

La resistencia del suelo mismo es considerada así la resistencia del suelo, como el electrodo hasta el punto donde la distancia adicional del mismo no varía el potencial. Se ha determinado que el 93% de la baja total del voltaje, ocurre dentro de un radio de 6 pies de tierra dirigida, y el 82% de la disminución total del voltaje, dentro de un radio del pie. Esto significa que entre el suelo dentro del primer pie alrededor de la tierra dirigida, aparece responsable por un 82% de la resistencia total del circuito de tierra, entre tanto los 5 pies adyacentes son responsables sólo por el 11% de la resistencia total del circuito. Por está razón el tratamiento del suelo es práctico e importante, ya que el 90% de la baja total del potencial toma el lugar dentro de 2 pies del tubo o varilla, estos deberán entonces ser puesto por lo menos 6 pies distantes de ser posible. Un tubo se deberá tener fuera del camino de la corriente densa del otro y la resistencia de las conexiones de tierra variarán inversamente como el número de varillas o tubos. Por razones de economía y efectividad, no es aconsejable usar más de 6 elementos por electrodo.

La resistencia de un cilindro de un cilindro de suelo adyacente a una varilla dirigida a el tubo, depende del contenido de humedad del suelo y de las condiciones y tirantes de empaque, así como su contenido químico. Suelos de alta resistencia son congelados, secos, flojos, arenosos, barro de grava o pedrejones. Suelos de baja resistencia contienen cenizas, carbón, materiales orgánicas o soluciones de sales.

En dirigir una varilla o tubo para un suelo es esencial que el electrodo sea dirigido debajo del nivel permanente de humedad. La tierra congelada tiene algunas veces la resistencia de suelo idéntico a una temperatura más alta.

El nivel permanente de humedad es usualmente a una profundidad acerca de 8 pies, aunque a veces es necesario ir considerablemente más profundo.

En algunos lugares es necesario usar tratamiento del suelo para reducir resistencia de tierra. Tal tratamiento de suelo consiste usualmente en escalar un trincherero pequeño como de 18" de profundidad alrededor de la varilla de tierra y llenándolo con 50 a 100 libras de roca tosca de sal, sulfato de cobre o sulfato de magnesio. La sal es más barata pero es altamente corrosiva, y

siendo soluble puede ser reemplazada. Sulfato de magnesio es más caro pero no es tan corrosivo, aunque es eléctricamente muy satisfactorio.

### TAMAÑO DE CABLE DE TIERRA

Corriente de Corto Circuito	Tamaño de Cable
Menos de 2,000 Ampers.	1/0
2,000-4,000 Ampers.	2/0
4,000-6,000 Ampers.	250 MCM
6,000-10,000 Ampers.	350 MCM
10,000-15,000 Ampers.	500 MCM
15,000-20,000 Ampers.	750 MCM
20,000-30,000 Ampers.	1,000 MCM
más de 30,000 Ampers.	Como se necesite

**EL CONECTOR DE TIERRA DE LA ESTACIÓN PRINCIPAL:-** El colector de la tierra de la estación principal deberá instalarse poco firme entre trincheras, usualmente 18" abajo de la superficie. A esto deberá estar conectado toda la tierra con alambre y perforaciones. Un cable mínimo de 2/0 deberá de ser considerado por estaciones y subestaciones. La forma usual es rectangular con marcas en las esquinas. Por razones de flexibilidad y contacto con la superficie, el cable de cordones retorcidos es preferible que un alambre delgado.

Hay tres sistemas de colector de tierra para usarse en subestaciones, en los cuales se pueden usar individualmente o en combinación cada uno de ellos. Estos son los sistemas de colector, ver diagrama, sistema radial y trabajo neto o sistema de rejilla.

De los tres tipos, el sistema de trabajo neto es más eficiente, pero es excesivamente caro. El sistema radial tiene varios defectos y deberá desarrollar una falla en alguno de los alambres, podrán ser apartados o separados de los alambres, podrán ser apartados o separados los alambres de los aparatos de tierra y podrá resultar peligroso un desnivel de potencial.

El sistema de colector de tierra es económico y eficiente. Las faltas o fallas pésimas del sistema radial son eliminados y cada pieza del equipo de tierra tiene una corta trayectoria de la línea de suelo. En adición, los potenciales peligrosos son evitados por un simple colector que disipa la falla a través de muchas trayectorias en paralelo.

El colector de tierra deberá de tener una sección de corte, tal, que no deberá de derretirse, quemarse o abrirse por dentro por una falla severa. Esto será determinado desde la corriente que se va a conducir y la posible duración de la falla. Para prevenir la falla del conductor, las recomendaciones mínimas para un corto circuito trifásico son mostradas en la tabla del tamaño del cable de tierra antes descrita.

## MINIMA VARILLA DE TIERRA Y TAMAÑO DE CABLE

USO	Numero	Tamaño	
Línea del pararrayo	1	5/8" x 8'	Igual a la línea no menor de 1/0
Apartarrayo de 11 KV	4	5/8" x 10'	1/0 para pequeñas, 4/0 para grandes estaciones
Apartarrayo de 22 a 66 KV	6	5/8" x 10'	Cable 4/0
Alambre de tierra para poste de madera	1	5/8" x 8'	Cable 2/0
Alambre de tierra para poste de acero	1	5/8" x 8'	Cable 2/0
Neutro común	1	5/8" x 8'	Cable 2/0
Cercas (en cada poste)		5/8" x 8'	Cable 2/0

La tabla anteriormente descrita menciona los tamaños de conductores de varillas de tierra, así como la guía entre el electrodo y el aparato que deberá de estar en el suelo. Estos no son los tamaños recomendados, pero el tamaño mínimo se conserva con la práctica.

**LOS APARTARRAYOS.-** Por la alta frecuencia de descarga es recomendable que el apartarrayo deba de tener una sección de corte como la estación de tierra.

A fin de evitar potenciales peligrosos deberá de construirse, si estos dos sistemas de tierras fueran unidades independientes, deberán de ser interconectadas.

El apartarrayo de tierra deberá de ser instalado inmediatamente en la base de la estructura y en donde sea posible circundarlo. Las conexiones del apartarrayo deberán de estar preferentemente con tubos de cobre. Por la alta resistencia de las descargas oscilatorias de los rayos, los materiales magnéticos deberán evitarse en el circuito.

Por cada apartarrayo de 66 KV. o más un electrodo de 6 varillas deberán de ser manejadas cerrando a la estructura y conectados por una guía tan corta



como sea posible. Para 22 KV. a 66 KV. un electrodo central de tierra bastará, cada estructura conectada a la varilla de tierra, deberá de ser por cables directos siempre y cuando la estructura esté cerrada. Si no están juntas y cerradas las estructuras, cada una deberá tener su propio electrodo. Para 11 KV. a 22 KV. las estructuras se manejarán desde un electrodo de tierra central de 6 varillas a lo más, deberán de ser conectadas a través de las guías de las estructuras. Para voltajes menores de 11 KV. las conexiones pueden ser hechas a la estación de tierra.

## DISEÑO DE UNA SUBESTACION ELECTRICA

Diseño de una subestación eléctrica para cuarto calderas que consta con las siguientes características del equipo.

UNIDAD	CAPACIDAD	VOLTAJE	DISTANCIA
M-01	3 HP	220 V	10 M
M-02	5 HP	220 V	15 M
M-03	10 HP	220 V	18 M
M-04	7.5 HP	220 V	20 M
M-05	15 HP	220 V	25 M
TA-1	45 KW	220 V	35 M
TA-3	60 KW	220 V	42 M
CL-1	10 TON	220 V	50 M
CL-2	15 TON	220 V	60 M

Cálculo y selección del equipo de los motores de C.A., 3φ, y con una eficiencia del 90% y un factor de potencia del 0.85.

Cálculo de la corriente nominal a plena carga (INPC).

$$INPC = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.90 \cdot 0.85}$$

Para un motor de 3 HP tenemos lo siguiente:

$$INPC = \frac{3 \text{ HP} \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.90 \cdot 0.85}$$

$$INPC = 7.70 \text{ Amp.}$$

Una vez obtenida la corriente nominal se selecciona el interruptor tomando en cuenta un factor de seguridad que depende de la potencia del motor y se clasifica como sigue:

1 - 7.5 HP	_____	200% In
2 - 25 HP	_____	165 % In
3 - En adelante	_____	140 % In

Para el motor de 3 HP le va a corresponder un factor de seguridad del 200% por lo tanto la máxima corriente por sobrecarga (Isc) sería la siguiente:

$$Isc = INPC \cdot F.S.$$

$$Isc = INPC \cdot 200\%$$

$$Isc = 15.5 \text{ Amp.}$$

El interruptor termomagnético que le va a corresponder es de  $\frac{3 \times 20}{100}$  tipo FA

Para el cálculo de calibre del conductor utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Corriente del conductor} = \frac{1.25 * \text{INPC}}{\text{Fa} * \text{Ft}}$$

Fa = Factor por agrupamiento

Ft = Factor por temperatura

Para el motor de 3 HP le corresponde una corriente de conductor (I<sub>cond</sub>) de:

$$I_{\text{cond}} = \frac{1.25 * 7.70}{1.00 * 0.87}$$

$$I_{\text{cond}} = 11.0 \text{ Amp.}$$

Con el valor de la corriente del conductor, con una temperatura máxima de aislamiento de 90° C y en la columna de la tubería o cable en las tablas encontraremos el valor del calibre a usar, como el valor de la corriente de conductor es de 11 Amp. y no aparece en las tablas, se procede a tomar el próximo inmediato a esta corriente y sería de 25 Amp. por lo tanto el calibre a usar sería de 14 AWG.

Para seleccionar el tubo conduit nos basamos en las tablas y con el calibre de 14 AWG resulta que el tubo conduit a usar sería de 1/2" ó 13mm.

La caída de tensión se produce por la resistencia que tiene el conductor su trayectoria, la caída máxima es del 3% de caída de tensión y se sigue en los siguientes pasos:

$$V = \frac{\text{FC} * \text{IP/cable} * L}{1000}$$

Para el cálculo de calibre del conductor utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Corriente del conductor} = \frac{1.25 * \text{INPC}}{\text{Fa} * \text{Ft}}$$

Fa = Factor por agrupamiento

Ft = Factor por temperatura

Para el motor de 3 HP le corresponde una corriente de conductor (I cond) de:

$$I_{\text{cond}} = \frac{1.25 * 7.70}{1.00 * 0.87}$$

$$I_{\text{cond}} = 11.0 \text{ Amp.}$$

Con el valor de la corriente del conductor, con una temperatura máxima de aislamiento de 90° C y en la columna de la tubería o cable en las tablas encontraremos el valor del calibre a usar, como el valor de la corriente de conductor es de 11 Amp. y no aparece en las tablas, se procede a tomar el próximo inmediato a esta corriente y sería de 25 Amp. por lo tanto el calibre a usar sería de 14 AWG.

Para seleccionar el tubo conduit nos basamos en las tablas y con el calibre de 14 AWG resulta que el tubo conduit a usar sería de 1/2" ó 13mm.

La caída de tensión se produce por la resistencia que tiene el conductor su trayectoria, la caída máxima es del 3% de caída de tensión y se sigue en los siguientes pasos:

$$V = \frac{FC * \text{IP/cable} * L}{1000}$$

FC = Factor de caída (Dato de tablas)

$I_p/\text{cable} = 1.25 * INPC$  (No es afectada por  $F_a$  y  $F_t$ ).

L = long. del interruptor al motor.

1000 = constante

$$V = \frac{10.76 * 9.6 * 10}{1000}$$

$$V = 1.03 \text{ Volts}$$

El porcentaje de caída de tensión es:

$$\%V = \frac{V * \sqrt{3} * 100}{VL}$$

$$\%V = \frac{1.03 * \sqrt{3}}{220}$$

$$\%V = 1.0\%$$

Para el motor de 3 HP le va a corresponder lo siguiente:

3 - 14 - 13

Para un motor de 5 HP con un voltaje de 220 V y una longitud de 15 M. Le va a corresponder lo siguiente:

1. INPC - 12.79 Amp (Corriente Nominal a plena carga)

2. I<sub>sc</sub> - 25.59 Amp. (Corriente por sobrecarga)

3.-El interruptor termomagnético que le corresponde sería de  $\frac{3 \times 30}{100}$  Tipo FA

4.- I<sub>cond</sub> = 18.39 Amp (Corriente del conductor).

5. El calibre que le corresponde sería de 14 AWG

6. La tubería conduit que le corresponde según las tablas será de 1/2" ó 13 mm.

7. V = 2.58 Volts.

8.  $\%V = 2.03\%$  (Por ciento de caída de tensión).

Para el motor de 5 HP le corresponde lo siguiente: 3 - 14 - 13

Para un motor de 10 HP con un voltaje de 220V y una longitud de 18 m. le va a corresponder lo siguiente:

1.-  $I_{NPC} = 25.6$  Amp. (Corriente Nominal a plena carga)

2.-  $I_{sc} = 42.22$  Amp (Corriente por sobrecarga)

3.- El interruptor termomagnético que le va a corresponder sería de  $\frac{3 \times 50}{100}$  tipo FA

4.-  $I_{cond} = 36.78$  Amp (Corriente de Conductor)

5.- El calibre que le corresponde según las tablas es de 10 AWG

6.- La tubería conduit que le corresponde según las tablas sería de 1/2" ó 13 mm.

7.-  $V = 2.45$  Volts

8.-  $\%V = 1.92\%$  (Por ciento de caída de tensión)

Para el motor de 10 HP le corresponde lo siguiente:

3 - 10 - 13

Para un motor de 7.5 HP con un voltaje de 220V y una longitud de 20 m. le va a corresponder lo siguiente:

- 1.- INPC = 19.19 Amp. (Corriente Nominal a plena carga)
- 2.- I<sub>sc</sub> = 38.38 Amp (Corriente por sobrecarga)
- 3.- El interruptor termomagnético que le va a corresponder sería de  $\frac{3 \times 40}{100}$  tipo FA
- 4.- I<sub>cond</sub> = 27.57 Amp (Corriente de Conductor)
- 5.- El calibre que le corresponde según las tablas es de 12 AWG
- 6.- La tubería conduit que le corresponde según las tablas sería de 1/2" ó 13 mm.
- 7.- V = 3.24 Volts
- 8.- %V = 2.5% (Por ciento de caída de tensión)

Para el motor de 10 HP le corresponde lo siguiente:

3 - 12 - 13



Para un motor de 15 HP con un voltaje de 220V y una longitud de 25m. le va a corresponder lo siguiente:

- 1.- INPC = 38.38 Amp. (Corriente Nominal a plena carga)
- 2.- I<sub>sc</sub> = 63.63 Amp (Corriente por sobrecarga)
- 3.- El interruptor termomagnético que le va a corresponder sería de  $\frac{3 \times 70}{100}$  tipo FA
- 4.- I<sub>cond</sub> = 55.14 Amp (Corriente de Conductor)
- 5.- El calibre que le corresponde según las tablas es de 6 AWG
- 6.- La tubería conduit que le corresponde según las tablas sería de 1" ó 25 mm.
- 7.- V = 2.01 Volts
- 8.- %V = 1.58% (Por ciento de caída de tensión)

Para el motor de 10 HP le corresponde lo siguiente:

3 - 6 - 25

Cálculo y selección del equipo de los climas considerando un factor de potencia del 150 % del la corriente nominal y un factor de potencia de 0.90.

Para encontrar la corriente nominal del clima utilizamos la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{\text{Ton} * 1900}{\sqrt{3} * V_L * FP}$$

Ton = Capacidad del clima en toneladas

1900 = Factor de Conversión Ton a Watts

V<sub>L</sub> = Voltaje de línea.

F<sub>p</sub> = Factor de potencia

Para un clima de 10 Ton tenemos lo siguiente:

$$I_n = \frac{10 \text{ Ton} * 1900}{\sqrt{3} * 220 * 0.9}$$

I<sub>n</sub> = 55.4 Amp.

Para el clima de 10 Toneladas vamos a tomar un factor de seguridad del 150% por lo tanto le va a corresponder una corriente de sobrecarga de :

$$I_{sc} = I_n * FS$$

$$I_{sc} = 59 * 150\%$$

$$I_{sc} = 88.5 \text{ Amp}$$

El interruptor termomagnético que le va a corresponder es de :

$$\frac{3 \times 100}{100} \text{ Tipo FA}$$

Para el cálculo del calibre del conductor utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Corriente de conductor} = \frac{1.25 * I_n}{F_a * F_t}$$

Para el clima de 10 Toneladas le va a corresponder una corriente de conductor de

$$I_{\text{cond}} = \frac{1.25 * 59.0}{1 * 0.87}$$

$$I_{\text{cond}} = 94.77 \text{ Amp}$$

Con el valor de la corriente de conductor nos vamos a las tablas y encontramos que el calibre a usar es de 4 AWG.

La tubería conduit a usar según los datos de las tablas sería de 1" ó 25 mm.

Para el clima de 10 Toneladas le va a corresponder lo siguiente :

3 - 4 - 25

Para el clima de 15 Toneladas con un voltaje de 220 V y una longitud de 60 m le va a corresponder lo siguiente:

1.-  $I_n = 88 \text{ Amp}$  (Corriente Nominal)

2.-  $I_{sc} = 132 \text{ Amp}$  (Corriente por sobrecarga)

3.- El interruptor termomagnético que le va a corresponder según las tablas sería de

$$\frac{3 \times 150}{225} \text{ tipo KVA}$$

4.-  $I_{\text{cond}} = 126.43 \text{ Amp}$  (Corriente de conductor)

5.- El calibre que le va a corresponder según los datos de tablas es de 1 AWG, pero como este calibre no es comercial se procede a utilizar el 1/0

6.- La tubería conduit que le corresponde según los datos de la tabla es de 1 1/2" ó 38 mm

Para el clima de 15 toneladas le va a corresponder lo siguiente:

3 - 1/0 - 38

## Carga de Alumbrado

20 Gabinetes Dobles, constando de 2 lamparas de 75 Watts

2 Gabinetes dobles constando de 2 lámparas de 39 Watts

Pot. en alumbrado

Lamparas de 75 Watts

$$P = (\#L) (W) (N) (Fc)$$

Donde :

#L = Número de lámparas por gabinete

W = Potencia por lámpara

N = Número de gabinetes

Fc = Factor de Corrección de equipo auxiliar

$$P = (2) (75)(20) (1.2)$$

$$P = 3600 \text{ Watts}$$

Lámparas de 39 Watts

$$P = (2) (39) (2) (1.2)$$

$$P = 187.2 \text{ Watts}$$

$$Pt = (3600 + 187.2) \text{ Watts}$$

$$Pt = 3787.2 \text{ Watts}$$

$$I_{sum} = \frac{Pt}{(\sqrt{3}) (VL) \text{ Cos } \theta}$$

$$I_{sum} = \frac{3787.2}{(\sqrt{3}) (220) (0.9)}$$

$$I_{\text{sum}} = 11.04 \text{ Amp}$$

Para los gabinetes 75 Watts

$$I_{\text{gab}} = \frac{P_{\text{gab}}}{(V_L) (\text{Cos } \theta)}$$

$$I_{\text{gab}} = \frac{(2) (75) (1.2)}{(127) (0.9)}$$

$$I_{\text{gab}} = 1.57 \text{ Amp}$$

Para los gabinetes 39 Watts

$$I_{\text{gab}} = \frac{P_{\text{gab}}}{(V_L) (\text{Cos } \theta)}$$

$$I_{\text{gab}} = \frac{(2) (39) (1.2)}{(127) (0.9)}$$

$$I_{\text{gab}} = 0.818 \text{ Amp}$$

Se emplearán 3 Interruptores termomagnéticos de 15 Amp. enchufable Num. de Catalago CH 115 Mca. Cutler-Hammer, cuya distribución será la siguiente:

2 Interruptores termomagnéticos protegerán 7 Gabinetes dobles con lamparas de 75 Watts

La corriente que circulará por dichos interruptores será:

$$I_{\text{interruptor}} = (\text{Num. de gabinetes}) (I_{\text{gab}})$$

$$I_{\text{interruptor}} = (7) (1.57 \text{ Amp.})$$

$$I_{\text{interruptor}} = 11.02 \text{ Amp.}$$

El interruptor termomagnético restante tendrá la siguiente carga:

6 gabinetes dobles, lampara de 75 Watts

2 gabinetes dobles, lampara de 39 Watts

La corriente que circulará por dichos interruptor será:

$I_{\text{interruptor}} = (\text{Num. de gabinetes}) (I_{\text{gab}})$

$I_{\text{interruptor}} = (6) (1.57 \text{ Amp.})$

$I_{\text{interruptor}} = 9.44 \text{ Amp.}$

$I_{\text{interruptor}} = (2) (.818)$

$I_{\text{interruptor}} = 1.636 \text{ Amp}$

$I_{\text{interruptor}} = (9.44 + 1.636) \text{ Amp}$

$I_{\text{interruptor}} = 11.076 \text{ Amp.}$

Se empleará un centro de carga Num. de catalogo CH8-S Mca. Cutler-Hammer  
El cuál tiene las siguientes características:

No. de circuitos = 8

Capacidad en amperes (zapata principal) = 100

Tipo de montaje = Sobreponer

Caída de tensión:

$$V = \frac{FC * IP/\text{cable} * L}{1000}$$

$IP/\text{cable} = 1.25 * INPC$

$IP/\text{cable} = 1.25 * (11.04)$

$IP/\text{cable} = 13.8 \text{ Amp.}$

$$V = \frac{10.76 * 13.8 * 35}{1000}$$

$$V = 5.197 \text{ V}$$

$$\%V = \frac{5.197 * \sqrt{3}}{220}$$

$$\% V = 4.09$$

### DATOS OBTENIDOS DE LOS MOTORES

UNIDAD	INTERRUPTOR	# CALIBRE	TUBO CONDUIT	%C. TENSION
M01	3X20	14AWG	13mm	1.00%
M02	3X30	14AWG	13mm	2.03%
M03	3X50	10AWG	13mm	1.92%
M04	3X40	12AWG	13mm	2.50%
M05	3X70	6 AWG	25mm	1.5%

### DATOS OBTENIDOS DE LOS CLIMAS

CL-1	3 X 100	4AWG	25.4mm	1.42%
CL-2	3 X 150	1/0	38mm	1.00%

### DATOS DE CARGA DE ALUMBRADO

TA-1		14AWG	12.5mm	4.09%
------	--	-------	--------	-------



## Cálculo de la capacidad del transformador

Para los motores:

$$\Sigma \text{HP} = 3 + 5 + 10 + 7.5 + 15 = 40.5 \text{HP}$$

$$\text{KW} = 0.746 * \text{HP} = 0.746 * 40.5$$

$$\text{KW} = 30.21 \text{ KW}$$

$$\text{FP} = \text{Cos } \theta$$

$$\theta = \text{A Cos FP} = \text{A Cos } 0.90 = 25.84$$

$$\text{KVAR} = \text{Tan } \theta * \text{KW} = \text{Tan } 31.78^\circ * 30.21$$

$$\text{KVAR} = 18.71$$

$$\text{KVA} = \sqrt{(30.21)^2 + (18.71)^2}$$

$$\text{KVA} = 35.33 \text{ KVA}$$

## PARA LOS CLIMAS

$$\Sigma \text{TON} = 10 + 15 = 25 \text{ TONELADAS}$$

$$\text{KW} = 1.900 * \text{TON} = 1.900 (25)$$

$$\text{KW} = 47.5 \text{ KW}$$

$$\text{FP} = \text{Cos } \theta$$

$$\theta = \text{A Cos FP} = \text{A Cos } 0.90 = 25.84$$

$$\text{KVAR} = \text{Tan } \theta * \text{KW} = \text{Tan } 25.84^\circ * 47.5$$

$$\text{KVAR} = 29.42$$

$$\text{KVA} = \sqrt{(47.5)^2 + (29.42)^2}$$

$$\text{KVA} = 55.87 \text{ KVA}$$

## PARA EL TABLERO DE ALUMBRADO

$$P = 3.78 \text{ Kw}$$

$$FP = \text{Cos } \theta$$

$$\theta = \text{A Cos F.P.} = \text{A Cos } 25.84^\circ (3.78)$$

$$\text{KVAR} = \text{Tan } \theta * \text{KW} = \text{Tan } 25.84^\circ * (3.78)$$

$$\text{KVAR} = 1.83$$

$$\text{KVA} = \sqrt{(3.78)^2 + (1.83)^2}$$

$$\text{KVA} = 4.19 \text{ kVA}$$

$$\text{KVA Totales} = 35.33 + 55.87 + 4.19$$

$$\text{KVA} = 95.39 \text{ KVA}$$

Consultando la tabla se eligió el transformador con las siguientes características:

Transformador tipo poste 3Ø, 13200-220/127 V. NOM-K

112.5 KVA

PESO = 750 Kg.

260 Lts. aceite

## CALCULO DEL CONDUCTOR PRINCIPAL DE BAJA TENSION

$$I_{nom} \text{ Transf. B. T.} = \frac{KVA}{\sqrt{3} (0.220)}$$

$$I_{nom} \text{ Transf. B. T.} = \frac{112.5}{\sqrt{3} (0.220)}$$

$$I_{nom} \text{ Transf. B. T.} = 295.23 \text{ Amp.}$$

$$I_{cond} = \frac{1.25 * I_{n \text{ B.T.}}}{F_a * F_t}$$

$F_a$  = Factor de Agrupamiento = 1.00

$F_t$  = Factor de temperatura = 0.87

$$I_{cond} = \frac{1.25 * (295.23)}{(1.00) (0.87)}$$

$$I_n = 424.18 \text{ Amp.}$$

El conductor Por línea será de 250 MCM

$$I_{prot.} = I_n * 1.25$$

$$I_{prot.} = (428.18) (1.25)$$

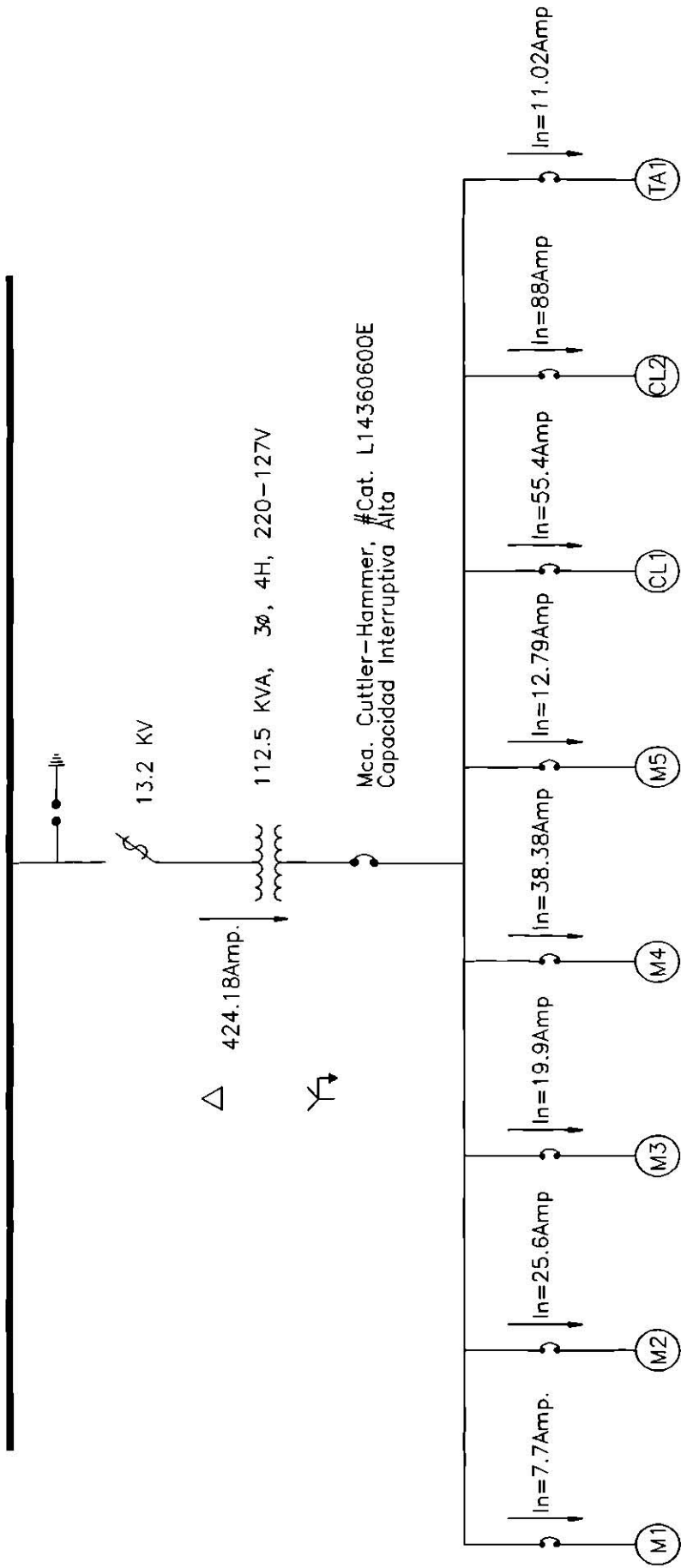
$$I_{prot.} = 530.25 \text{ Amp.}$$

Le corresponde un interruptor termomagnético Mca. Cutler-Hammer,

# Cat. = L14360600E,

600 VCA

Capacidad Interruptiva alta.



CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS (AMPERES) \*

temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipo	THWN, RHW, T, TW, TWD, MW		RHH, RHW, RW, THW		PVC, V, XW		LA, LBS, SA, AVB, SIS, FEI, THW, RHH, THHN, TITW, EP, XTHW *	
Calibre AWG, MCM	En tubo o cable	Al aire	En tubo o cable	Al aire	En tubo o cable	Al aire	En tubo o cable	Al aire
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
1/0	125	195	150	220	155	245	155	245
2/0	145	225	175	255	185	285	185	285
3/0	165	260	200	310	210	330	210	330
4/0	195	300	230	350	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	760	545	935	585	1000	585	1000

\* Datos obtenidos de las NTE-81.  
 ta = 30 °C

Tabla 302.4 NTE-81

Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit.

En general, al instalarse conductores en una canalización, debe haber suficiente espacio libre, tal que permita la disipación del calor generado, así como una fácil instalación y remoción de éstos en función de los factores de relleno permitidos.

En el Diario Oficial del día lunes 22 de abril de 1985 se publicó la expedición de adiciones, modificaciones y aclaraciones a las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, edición 1981, en las que mencionan los siguientes factores de relleno.

Artículo 304.4 Número de conductores (factor de relleno)

a) Todos los conductores que se usen en un tubo, sean portadores de corriente o no, incluyendo su aislamiento y otros forros, no deben ocupar más del 40% de la sección transversal del tubo en el caso de 3 conductores o más; no más del 30% cuando sean 2 conductores o más; del 55% cuando se trate de un solo conductor.

En los tablos a continuación se menciona el número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit, en función del tipo de conductor, calibre y diámetro del tubo a utilizar.

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG KCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (mm)											
		(5/8)	(3/4)	(1)	(1 1/8)	(1 1/2)	(2)	(2 1/2)	(3)	(3 1/2)	(4)	(4 1/2)	
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102		
T, TW y THW	14	9	16	25	45	61	-	-	-	-	-	-	-
	12	8	14	22	39	54	-	-	-	-	-	-	-
	10	7	12	20	35	48	78	-	-	-	-	-	-
	8	6	11	17	30	41	68	-	-	-	-	-	-
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	14	5	9	15	26	36	59	-	-	-	-	-	-
	12	4	8	13	24	33	54	-	-	-	-	-	-
	10	4	7	11	19	26	43	51	-	-	-	-	-
	8	3	6	9	17	23	38	53	-	-	-	-	-
T, TW y THW (sin cubierta exterior)	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	-	-	-
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	-	-
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	-	-
	1/0	-	1	1	2	3	5	8	12	16	21	-	-
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	2/0	-	1	1	1	2	3	5	7	10	14	18	-
	3/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15	-	-
	4/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15	-	-
	250	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15	-	-
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	300	-	1	1	1	2	3	5	7	10	13	-	-
	350	-	1	1	1	2	3	5	7	10	13	-	-
	400	-	1	1	1	2	4	5	7	10	13	-	-
	500	-	1	1	1	2	3	5	7	10	13	-	-

CAIDA  
 LONGITUD  
 WARE  
 00 KCM  
 AMP.

LAO ENTUBERIA  
 METALICA  
 PLTS

I R

Calcular la caida de tension para un circuito de 75 m. de longitud con conductor de cobre, calibre 300 kCM, el cual transporta una corriente de 405 amperes a una temperatura en el conductor de 90°C El cable se encuentra instalado dentro de una tuberia metalica y forma parte de un circuito trifasico que opera a una tension de 440 volts entre fases y un factor de potencia igual a la unidad

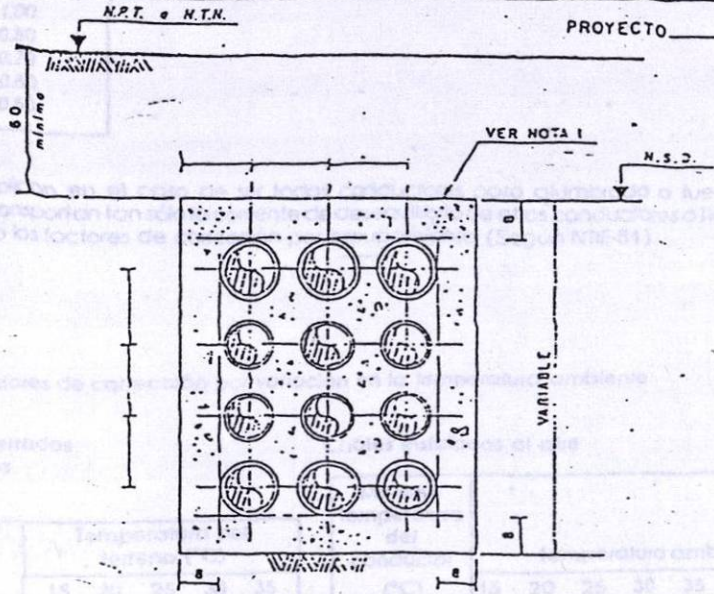
De la tabla de factores de caida de tension unitaria para cables de cobre se tiene que:

$F_c = 0.094$

Periodo de  $\frac{RES}{AMP}$   $\times$  LONG  
 $e = 0.094 \times 405 \times 75$   
 $e = 2855$  millivoltios  
 $e = 124$  volts al neutro  
 $e = 175$  volts entre fases

El porcentaje de caida de tension es:  
 $\frac{2855}{3000} \times 100$   
 $\approx 9.5\%$

Calibre AWG-kCM	IC = 10°C				IC = 10°C			
	Fp = 80%		Fp = 100%		Fp = 80%		Fp = 100%	
	No Medico	No Medico	No Medico	No Medico	No Medico	No Medico	No Medico	No Medico
20	33.13	33.12	41.30	41.30	34.73	34.73	43.30	43.30
15	20.35	20.35	25.00	25.00	21.87	21.87	27.30	27.30
16	13.14	13.14	16.30	16.30	13.78	13.78	17.10	17.10
14	8.31	8.31	10.30	10.30	8.70	8.7	10.75	10.75
12	5.25	5.25	6.47	6.47	5.50	5.50	6.77	6.77
10	3.32	3.32	4.05	4.05	3.48	3.48	4.25	4.25
8	2.12	2.12	2.55	2.55	2.22	2.22	2.68	2.68
6	1.35	1.35	1.60	1.60	1.42	1.42	1.68	1.68
4	0.874	0.874	1.01	1.01	0.914	0.914	1.06	1.06
2	0.574	0.570	0.637	0.637	0.559	0.559	0.667	0.667
1 1/2	0.335	0.331	0.400	0.400	0.403	0.403	0.419	0.420
1 1/4	0.320	0.312	0.375	0.375	0.332	0.332	0.332	0.333
3/4	0.265	0.260	0.261	0.253	0.278	0.270	0.274	0.265
1/2	0.225	0.217	0.210	0.202	0.233	0.225	0.220	0.211
250	0.201	0.193	0.175	0.171	0.208	0.200	0.169	0.179
300	0.175	0.170	0.151	0.144	0.154	0.151	0.152	0.150
350	0.162	0.154	0.131	0.124	0.167	0.155	0.137	0.130
400	0.151	0.142	0.114	0.110	0.156	0.144	0.121	0.115
500	0.145	0.125	0.093	0.090	0.138	0.128	0.099	0.092
600	0.124	0.114	0.081	0.076	0.125	0.111	0.084	0.079
750	0.114	0.103	0.068	0.064	0.116	0.105	0.075	0.069
1000	0.105	0.093	0.054	0.052	0.107	0.094	0.065	0.061



SIN ESCALA

ACOTACIONES EN cm.

NOTAS:

- 1.- CONCRETO PIGMENTADO DE ROJO
- 2.- EL BANCO DE DUCTOS TENDRA UN MAXIMO DE 12 TUBOS, DEBIENDOSE DEJAR MINIMO UN TUBO DE RESERVA.
- 3.- ESTOS VALORES ESTAN EN cm.

Ø	(2")	(1")	(1 1/4")	(1 1/2")	(2")	(2 1/2")	(3")	(4")
19	6	-	-	-	-	-	-	-
25	6	6	-	-	-	-	-	-
32	6	8	8	-	-	-	-	-
38	10	10	10	10	-	-	-	-
51	10	10	10	10	12	-	-	-
64	13	13	13	14	14	15	-	-
76	15	15	15	16	16	17	17	-
101	18	19	19	19	20	20	21	21

VER NOTA 3

mm	DIAMETRO EXTERIOR mm	KILOS POR TRAMO
19	25.40	2.741
25	31.75	4.290
32	40.45	5.543
38	46.38	6.396
51	58.82	9.755
64	73.00	16.028
76	88.90	22.141
101	114.30	31.779

SEPARACION MINIMA ENTRE CENTROS DE TUBERIA CONDUIT DE ACERO GALVANIZADO.

DATOS DE TUDO CONDUIT DE ACERO GALVANIZADO TIPO SEMPESADO

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE (NTIE-81, TABLA 302.4b)

Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima permisible en el aislamiento, °C						
	60	75	85	90	110	125	200
31 - 40	0.82	0.88	0.90	0.91	0.94	0.95	—
41 - 45	0.71	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	—
46 - 50	0.58	0.75	0.80	0.82	0.87	0.89	—
51 - 55	0.41	0.67	0.74	0.76	0.83	0.86	—
56 - 60	—	0.58	0.67	0.71	0.79	0.83	0.91
61 - 70	—	0.35	0.52	0.58	0.71	0.76	0.87
71 - 80	—	—	0.30	0.41	0.61	0.68	0.84
81 - 90	—	—	—	—	0.50	0.61	0.80
91 - 100	—	—	—	—	—	0.51	0.77
101 - 120	—	—	—	—	—	—	0.69
121 - 140	—	—	—	—	—	—	0.59

\* Para ampacidades a temperatura ambiente de 30 °C

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO PARA CABLES EN TUBERIA CONDUIT

(SEGUN NTIE-81)

Número de Conductores	Factor
1 a 3	1.00
4 a 6	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
43 y más	0.50

(NTIE-81  
TABLA 302.4a)

Nota estos factores se aplican en el caso de ser todos conductores para alumbrado o fuerza. Los conductores neutro que transportan tan sólo la corriente de desequilibrio de otros conductores o tierras no se toman en cuenta para los factores de corrección por agrupamiento (Según NTIE-81)

Factores de corrección por variación en la temperatura ambiente

Cables directamente enterrados o en ductos subterráneos

Máxima temperatura del conductor (°C)	Temperatura del terreno (°C)				
	15	20	25	30	35
60	1.13	1.07	1.00	0.93	0.85
75	1.10	1.05	1.00	0.95	0.88
80	1.09	1.04	1.00	0.96	0.90
90	1.07	1.03	1.00	0.97	0.92

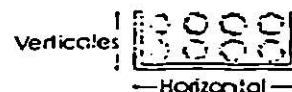
Cables instalados al aire

Máxima temperatura del conductor (°C)	Temperatura ambiente (°C)							
	15	20	25	30	35	40	45	50
60	1.50	1.41	1.32	1.22	1.12	1.00	0.87	0.71
75	1.31	1.25	1.20	1.13	1.07	1.00	0.93	0.85
80	1.27	1.22	1.17	1.12	1.06	1.00	0.94	0.87
90	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1.00	0.95	0.89

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO DE CABLES EN CHAROLAS

Cables con separación mantenida de 1/4 a 1 vez el diámetro del cable

Número de Cables Verticalmente	Número de Cables Horizontalmente					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83	0.82
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75	0.74
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69	0.68
4	0.77	0.72	0.68	0.67	0.66	0.65
5	0.75	0.70	0.66	0.65	0.64	0.63
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62	0.61



Ej 4 horizontal y 2 vertical

Factor = 0.76

## FACTORES DE DEMANDA

### COMERCIAL

### INDUSTRIAL

#### COMERCIO

F.D.

#### INDUSTRIA

F.D.

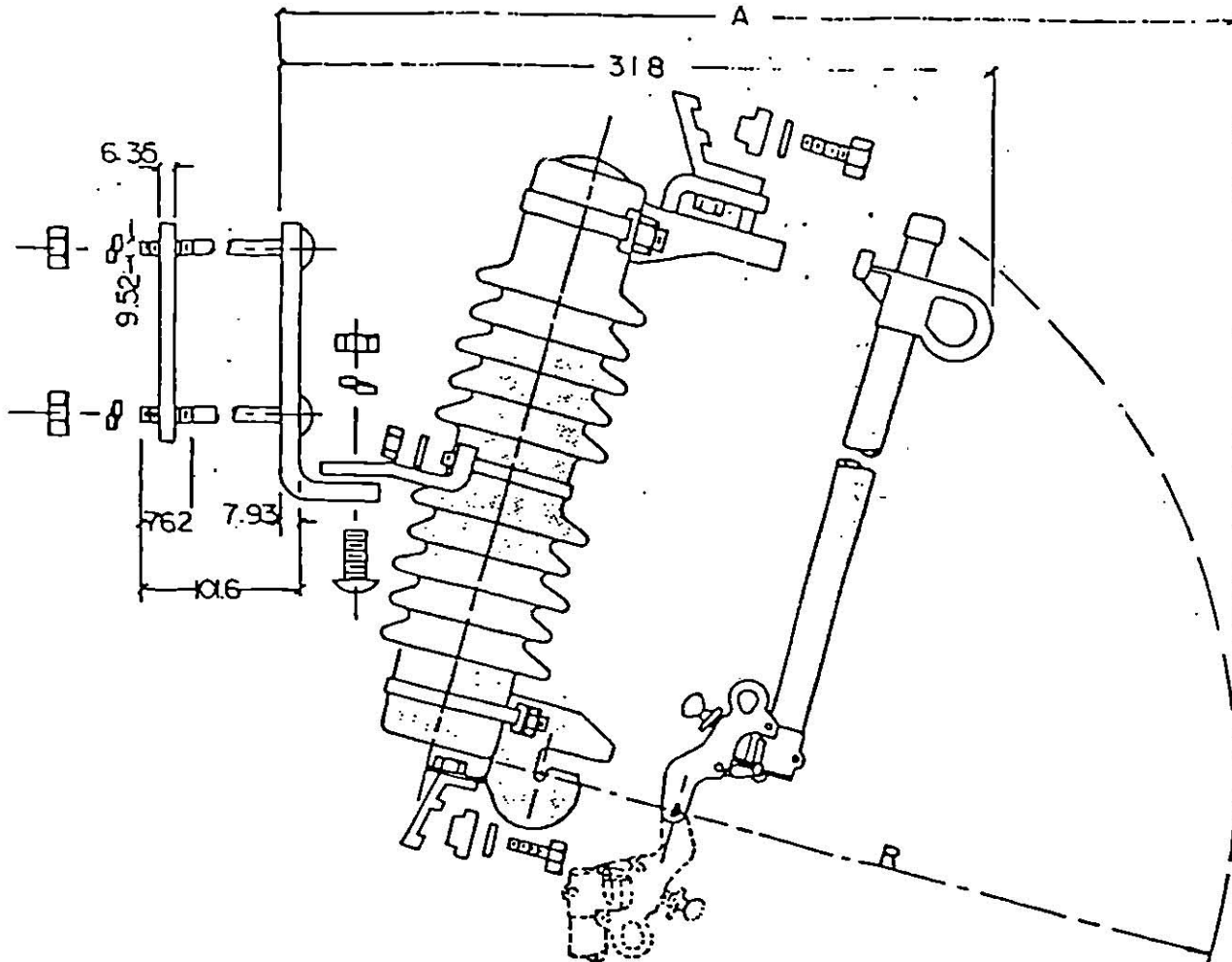
ALUMBRADO PUBLICO	1.00	AGUILERO (FABRICA DE)	0.70
APARTAMENTOS	0.35	ARMADORAS DE AUTOS	0.70
BANCOS	0.70	CARPINTERIAS (TALLERES DE)	0.65
BODEGAS	0.50	CARNE (EMPACADORAS)	0.80
CASINOS	0.85	CARTON (PRODUCTOS DE)	0.50
CORREOS	0.30	CEMENTO (FABRICA DE)	0.65
ESCUELAS	0.70	CIGARROS (FABRICA DE)	0.60
GARAGES	0.60	DULCES (FABRICA DE)	0.45
HOSPITALES	0.40	FUNDICION (TALLERES DE)	0.70
HOTELES CHICOS	0.50	GALLETAS (FABRICA DE)	0.55
HOTELES GRANDES	0.40	HIELO (FABRICA DE)	0.90
IGLESIAS	0.60	HERRERIA (TALLERES DE)	0.50
MERCADOS	0.80	IMPRENTAS	0.60
MULTIFAMILIARES	0.25	JABON (FABRICA DE)	0.60
ORIGINAS	0.65	LAMINA (FABRICA ARTICULOS)	0.70
RESTAURANTES	0.65	LAVANDERIA MECANICA	0.80
TEATROS	0.60	NIQUELADO (TALLERES DE)	0.75
TIENDAS	0.65	MADERERIA	0.65

FACTORES DE DEMANDA MAS USUALES PARA EL CALCULO DE TRANSFORMADORES EN INSTALACIONES ELECTRICAS.

MARMOLERIA (TALLERES DE)	0.70
MECANICO (TALLER)	0.75
MUEBLES (FABRICA DE)	0.65
PAN (FABRICA MECANICA DE)	0.55
PAPEL (FABRICA DE)	0.75
PERIODICOS (ROTATIVAS)	0.75
PINTERIAS (FABRICA DE)	0.70
QUIMICA (INDUSTRIA)	0.50
REFINERIAS (PETROLIO)	0.80
REFRESCOS (FABRICA DE)	0.55
TEXTILES (FABRICA DE TEJAS)	0.65
VESTIDOS (FABRICA DE)	0.45
ZAPATOS (FABRICA DE)	0.65

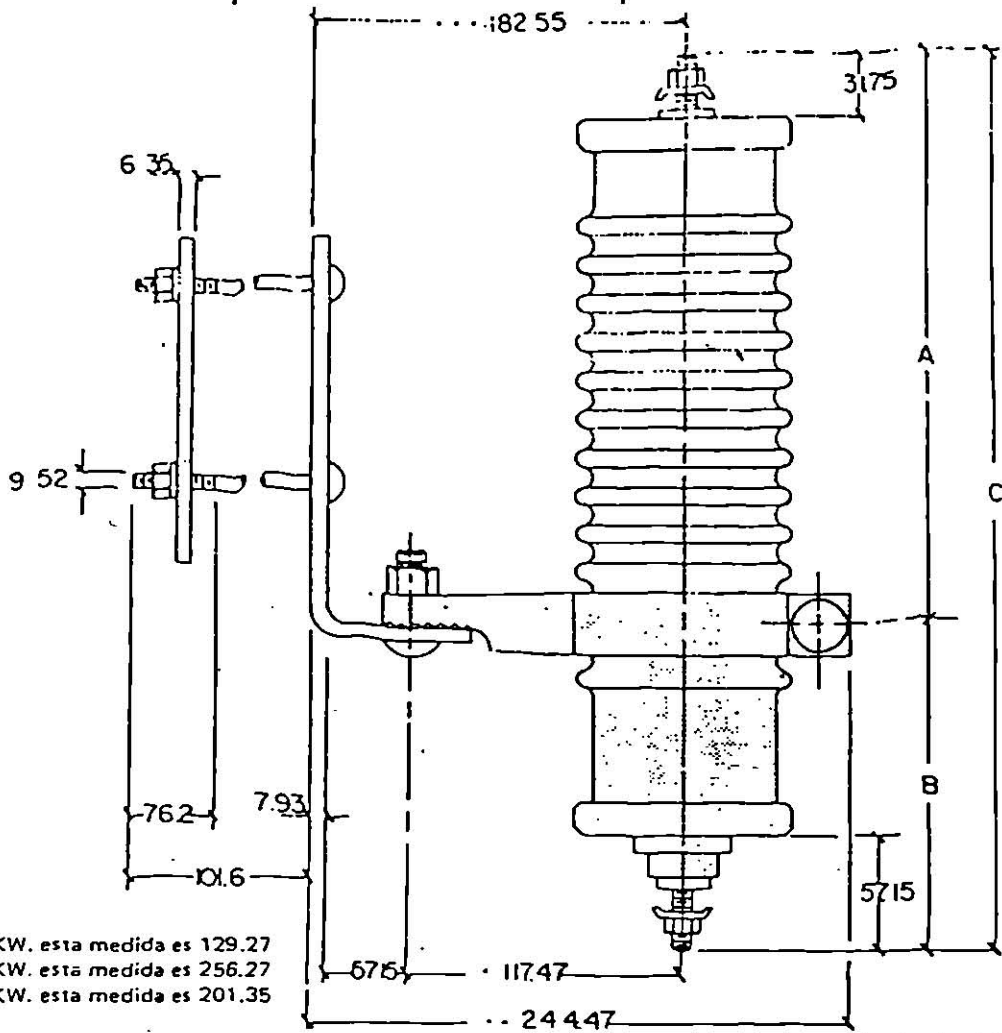


# Cortacircuitos fusible descubierto clase distribución para 100 amp.



CATALOGO	VOLTAJE MAXIMO (KV.)	NIVEL BASICO DE IMPULSO (KV.)	CORRIENTE CONTINUA (AMP.)	RANGO DE INTERRUPCION AMP.		TAPON	A	R	PESO KG.
				SIMETRICOS	ASIMETRICOS				
C.C.- 7.8/15	15	95	100	5600	8000	NO EXPANSIBLE	638	320	9
C.C.- 15/27	27	125	100	4000	6000	NO EXPANSIBLE	698	470	10
C.C.- 27/34.5	38	150	100	1300	2000	NO EXPANSIBLE	778	580	11.2

# Apartarrayos Autovalvular distribución serie "B" para 5000 Amp.



Para el apartarrayos de 27 y 30 KW. esta medida es 129.27  
 Para el apartarrayos de 27 y 30 KW. esta medida es 256.27  
 Para el apartarrayos de 27 y 30 KW. esta medida es 201.35

CLASE	V O L T A J E S					DIMENSIONES EN M.M.			PESO (Kg.)
	NOMINAL K.V.	DESCARGA 60 Hz. (KV. CRESTA/V2)		DESCARGA F. D. O. (KV. CRESTA)	DESCARGA 1.2 x 50 (KV. CRESTA)	A	B	C	
		MIN.	MAX.						
AR-3	3	5.5	9.5	14	12	112.87	123.63	236.5	2.5
AR-6	6	10	17	27	23	141.48	123.63	265.11	2.8
AR-7.5/8	7.5/8	13.5	21	35	31	209.55	138.11	347.66	3.8
AR-9/10	9/10	18	29	43	39	209.55	138.11	347.66	3.8
AR-12	12	20	33	51	44	238.13	173.03	411.16	4.4
AR-15	15	25	41	62	53	292.12	187.30	479.49	5.0
AR-18	18	30	49	73	62	293.71	204.76	498.47	5.2
AR-21	21	35	56	83	71	349.28	215.87	565.15	5.8
AR-24	27	38	63	93	80	382.65	244.41	627.06	6.4
AR-27	27	41	70	103	89	428.64	274.46	703.1	7.5
AR-30	30	45	79	115	99	468.10	301.51	769.68	9.3

NOTA: El peso del apartarrayos es neto

Tabla 403.93.4  
Corriente a plena carga en amperes, de motores de corriente directa

C.P.	Tensión nominal de armadura		
	120 V.	240 V.	500 V.
1/4	3.1	1.6	
1/3	4.1	2.0	
1/2	5.4	2.7	
3/4	7.6	3.8	
1	9.5	4.7	
1 1/2	13.2	6.6	
2	17.0	8.5	
3	25.0	12.2	
5	40.0	20.0	
7 1/2	58.0	29.0	13.6
10	76.0	38.0	18.0
15		55.0	27.0
20		72.0	34.0
25		89.0	43.0
30		106.0	51.0
40		140.0	67.0
50		173.0	83.0
60		206.0	99.0
75		255.0	123.0
100		341.0	164.0
125		425.0	205.0
150		506.0	246.0
200		675.0	330.0

Los valores dados en esta tabla son para motores funcionando a su velocidad normal.

Tabla 403.94.4  
Corriente a plena carga en amperes de motores monofásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

C.P.	127 V.	220 V.
1/6	4.0	2.3
1/4	5.3	3.0
1/3	6.5	3.8
1/2	8.9	5.1
3/4	11.5	7.2
1	14.0	8.4
1 1/2	18.0	10.0
2	22.0	13.0
3	31.0	18.0
5	51.0	29.0
7 1/2	72.0	42.0
10	91.0	52.0

Tabla 403.95.4  
Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

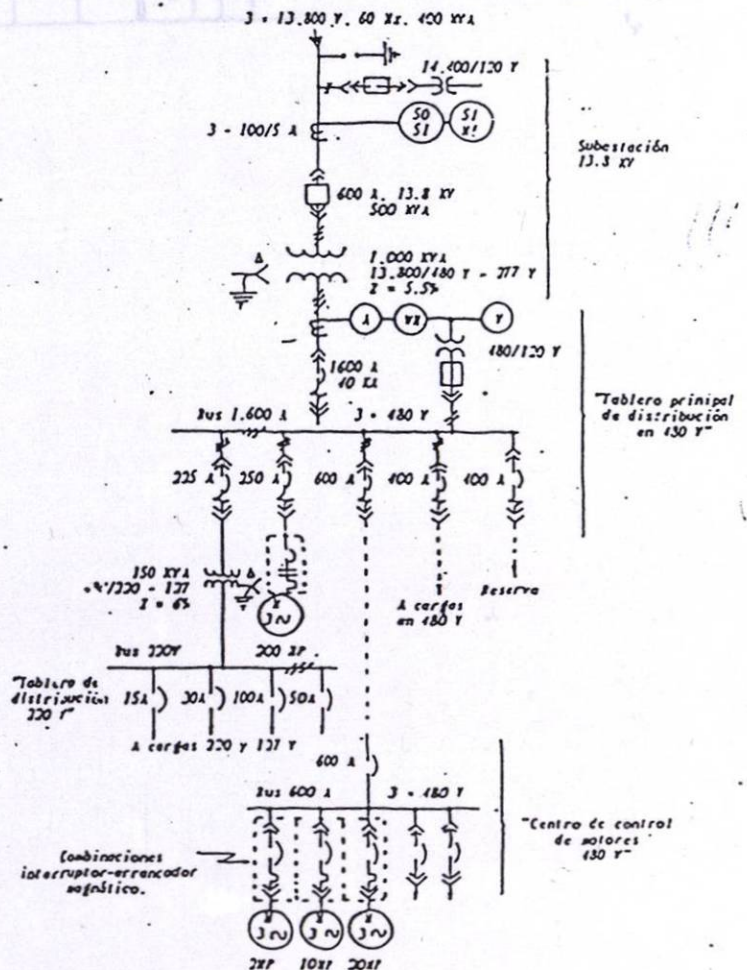
C.P.	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado (amperes)			Motor síncrono, con factor de potencia unitario (amperes)		
	220 V.	440 V.	2 400 V.	220 V.	440 V.	2 400 V.
1/2	2.1	1.0				
3/4	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1 1/2	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10.0	5.0				
5	15.9	7.9				
7 1/2	23.0	11.0				
10	29.0	15.0				
15	44.0	22.0				
20	56.0	28.0				
25	71.0	36.0		54	27	
30	84.0	42.0		65	33	
40	109.0	54.0		86	43	
50	136.0	68.0		108	54	
60	161.0	80.0	15	128	64	11
75	201.0	100.0	19	161	81	14
100	259.0	130.0	25	211	106	19
125	326.0	163.0	30	264	132	24
150	376.0	188.0	35	—	158	29
200	502.0	251.0	47	—	210	38

Estos valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

Equipo	Símbolo	Equipo	Símbolo
Aparatos		Cuchillas desconectoras sin carga, doble tiro	
Mufa terminal		Cuchillas desconectoras con carga	
Capacitor		Cuchillas desconectoras fusibles	
Interruptor de potencia (montaje fijo)		Fusible	
Interruptor de potencia (montaje removible)		Fusible enclavable	
Interruptor de potencia con cuchillas desconectoras		Generador (en general)	
Interruptor en aire (termostático o electromagnético, montaje fijo)		Generador de corriente alterna	
Interruptor en aire (montaje removible)		Generador de corriente directa	
Interruptor en aire con cabina de operación (montaje removible)		Motor en general	
Cuchillas desconectoras sin carga		Motor de inducción trifásico	
Accumulador (batería)		Motor de inducción monofásico	
Rectificador		Motor de corriente continua	
Resistor		Autotransformador	
Resistor variable		Transformador de corriente constante	
Reactor		Regulador de voltaje de inducción, monofásico	
Transformador de potencial		Regulador de voltaje de inducción, trifásico	
Transformador de corriente		Transformador con cambiador de derivaciones (taps) bajo carga	
Transformador de corriente tipo "bushing"		Contacto magnético con relevador de sobrecarga	
Transformador de 2 devanados (en general)		Instrumentos de medición:	
Transformador de 2 devanados con taps		A Anémometro	Para indicar el tipo de instrumento, se escribe dentro del círculo la letra o letras correspondientes
Transformador de 3 devanados		D Medidor de demanda	
		F Frecuencímetro	
		GD Detector de tierra	
		MA Miliampermetro	
		PT Medidor de factor de potencia	
		RD Registrador de demanda	
		S Sincronoscopio	
		T Temperatura	
		V Voltímetro	
		VAJ Varómetro	
		YABE Varímetro	
		V Voltímetro	
		W Watímetro	

Equipo	Símbolo	Conexión de devanados en transformadores	Símbolo
Relevadores más usuales:		Delta 3 fases-3 hilos	
21 De impedancia		Delta a tierra 3 fases-3 hilos	
25 De sincronización		Delta a tierra 3 fases-4 hilos	
27 De baja voltaje C.A.		Estrella 3 fases-3 hilos	
32 De potencia inversa C.D.		Estrella neutro a tierra, 3 fases-4 hilos	
37 De baja corriente		Zig Zag 3 fases	
40 De ceceo		Zig Zag 3 fases aterrizado	
45 De sobrevoltaje 2.0.		Estrella de 6 fases	
49 Térmico C.A.		Delta abierta	
50 Instantáneo de sobrecorriente		Delta abierta aterrizada en punto común	
51 De sobrecorriente con retardo de tiempo			
55 De factor de potencia			
59 De sobrevoltaje C.A.			
64 De protección a tierra			
67 Diferencial de potencia			
68 Térmico C.D.			
79 De recierre C.A.			
80 De baja voltaje C.D.			
87 Diferencial de corriente			

Ejemplo de diagrama unifilar de un sistema industrial.



TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS DE POTENCIA - DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS.

No. Verificación Nominal	Rango Verificación Nominal	KVA	Dimensiones en Cm.				Pesos en Kilogramos			
			A	B	C	D	Núcleo y Bobinas	Transformador Aislamiento	Acero	Total
3400	440	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	460/7/7/11	1000	241	137	141	238	2043	1513	1411	5070
	600	1200	242	141	200	240	2413	1604	1393	4714
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
4400	440/7/7/11	1500	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	600	1200	242	141	200	240	2413	1604	1393	4714
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
10000	440/7/7/11	1000	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	600	1200	242	141	200	240	2413	1604	1393	4714
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
17000	440/7/7/11	1000	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	600	1200	242	141	200	240	2413	1604	1393	4714
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
21000	440/7/7/11	1000	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	600	1200	242	141	200	240	2413	1604	1393	4714
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
27000	440/7/7/11	1000	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	600	1200	242	141	200	240	2413	1604	1393	4714
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
33000	440/7/7/11	1000	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	600	1200	242	141	200	240	2413	1604	1393	4714
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
40000	440/7/7/11	1000	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	600	1200	242	141	200	240	2413	1604	1393	4714
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
48000	440/7/7/11	1000	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	600	1200	242	141	200	240	2413	1604	1393	4714
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366
	140	130	241	134	143	231	1745	1411	1310	4366

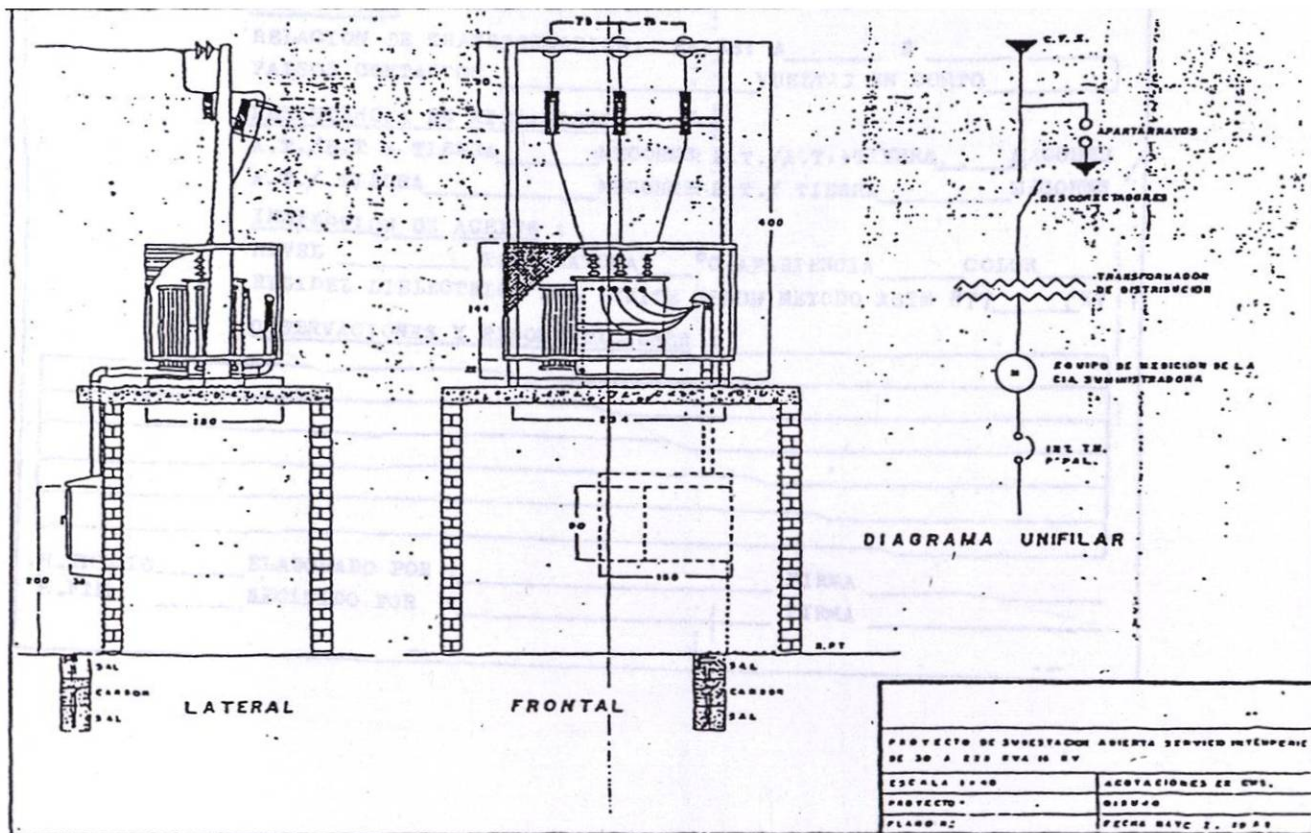
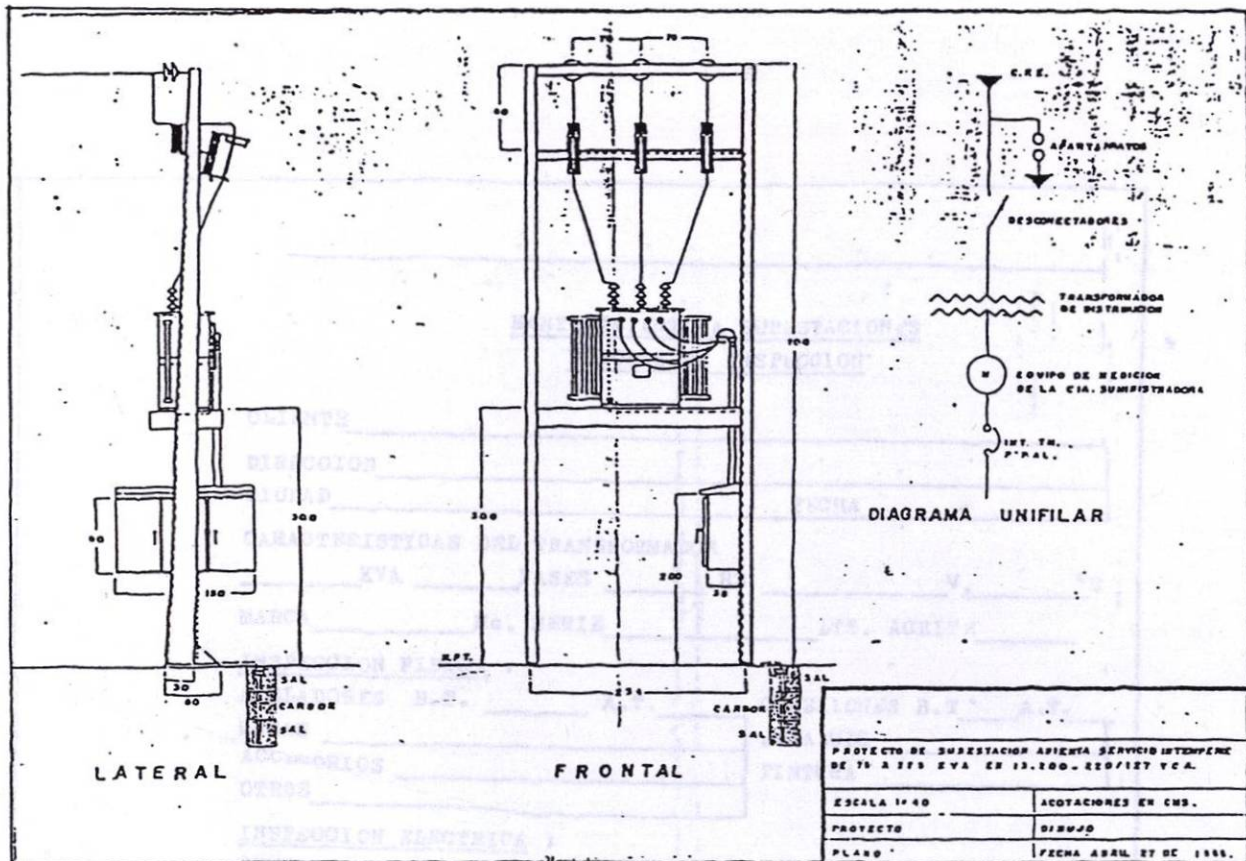
TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS  
CAPACIDAD EN AMPERES DE LOS FUSIBLES  
CONVENIENTE USARLOS PARA PROTECCIÓN DE  
LOS TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

KVA DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	11500 VOLTS			13200 VOLTS			22000 VOLTS			33000 VOLTS					
	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE				
4.5	1.13	3	.65	2	.38	1	1/2	.23	1	.2	1	.12	1	.17	1
7.5	1.88	5	1.09	3	.63	1	1/2	.38	1	.33	1	.24	1	.16	1
9	2.28	5	1.3	3	.75	2	.45	1/2	.39	1/2	.26	1	.17	1	
10	2.5	5	1.35	3	.84	2	.50	1/2	.44	1/2	.26	1	.17	1	
15	3.77	7	2.18	5	1.26	3	.75	2	.66	2	.39	1/2	.26	1	
22.5	5.55	10	3.27	7	1.88	5	1.13	3	.98	3	.59	1/2	.39	1/2	
25	6.3	15	3.64	7	2.07	5	1.26	3	1.09	3	.66	2	.44	1/2	
30	7.54	15	4.33	10	2.51	5	1.51	5	1.31	3	.79	2	.52	1/2	
37.5	9.43	15	5.42	10	3.14	7	1.88	5	1.64	5	.99	3	.66	2	
45	11.3	20	6.5	15	3.77	7	2.26	5	1.97	5	1.18	3	.79	2	
50	12.6	25	7.24	15	4.18	10	2.51	7	2.19	5	1.31	3	.87	2	
75	18.8	30	10.9	20	6.28	10	3.77	7	3.28	7	1.97	5	1.31	3	
100	25.1	40	14.5	25	8.37	15	5.02	10	4.37	10	2.63	5	1.75	5	
112.5	28.2	40	16.3	25	9.41	15	5.65	10	4.82	10	2.96	7	1.97	5	
150	37.7	50	21.8	30	12.5	20	7.53	15	6.56	15	3.94	7	2.62	5	
200	50.3	65	28.9	40	16.7	25	10.0	20	8.75	15	5.25	10	3.5	7	
225	56.5	80	32.7	50	18.8	30	11.3	20	9.84	20	5.9	10	3.94	10	
300	75.4	100	43.3	65	25.1	40	15.1	25	13.1	20	7.9	15	5.25	10	
400	100	100	57.7	80	31.7	50	22.6	30	19.7	40	11.8	20	7.87	15	
500	125	100	71.9	100	41.9	65	30.1	40	26.2	40	13.1	20	8.74	15	
650	150	100	86.8	100	50.2	65	37.2	40	33.9	50	15.8	25	10.5	20	
750	175	100	101.7	100	62.8	80	45.3	50	43.9	60	18.3	30	13.3	20	
1000	200	100	127.6	100	75.3	100	55.6	60	51.6	70	21.4	35	15.3	20	
1250	225	100	143.5	100	85.6	100	63.5	70	59.6	80	24.5	40	17.3	20	
1500	250	100	160.4	100	95.6	100	72.5	80	68.6	90	28.4	45	19.3	20	
2000	300	100	196.3	100	115.6	100	88.6	100	84.6	100	34.4	50	23.4	20	

VOLTAJE DEL SISTEMA

KVA DE TRANSFORMADOR MONOFÁSICO	2300 Volt			4000 Volts			6900 Volts			11500 Volts			13200 Volts			22000 Volts			33000 Volts		
	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE	AMP. FUSIBLE		
1	1/2	.65	2	.38	1	.22	1	.13	1	.11	1	.11	1	.11	1	.11	1	.11	1		
2	1/2	1.09	3	.63	1 1/2	.36	1	.22	1	.19	1	.19	1	.19	1	.19	1	.19	1		
3	3	1.3	3	.75	2	.43	1 1/2	.26	2	.23	1	.23	1	.23	1	.23	1	.23	1		
5	5	2.18	5	1.25	3	.72	2	.43	1 1/2	.38	1	.23	1	.23	1	.23	1	.23	1		
7 1/2	7 1/2	3.26	7	1.87	5	1.09	3	.65	2	.57	1 1/2	.34	1	.34	1	.34	1	.34	1		
10	10	4.35	10	2.5	7	1.45	3	.87	3	.76	2	.46	1 1/2	.46	1	.46	1	.46	1		
15	15	6.53	15	3.75	10	2.17	5	1.3	3	1.14	3	.68	2	.68	1	.68	1	.68	1		
25	25	10.9	20	6.25	15	3.62	7	2.17	5	1.89	5	1.14	3	1.14	3	.76	2	.76	2		
37 1/2	16.3	25	9.37	20	5.43	10	3.26	7	2.84	7	1.7	5	1.14	3	1.14	3	1.14	3	1.14		
50	21.8	30	12.5	25	7.23	15	4.35	10	3.79	7	2.27	5	1.52	5	1.52	5	1.52	5	1.52		
75	32.6	50	18.7	30	10.9	20	6.52	13	5.58	10	3.41	7	2.27	5	2.27	5	2.27	5	2.27		
100	43.5	65	25.0	40	14.5	25	8.7	15	7.58	15	4.55	10	3.03	7	3.03	7	3.03	7	3.03		
150	65.3	100	37.5	50	21.7	30	13.0	20	11.4	20	6.82	15	4.55	10	4.55	10	4.55	10	4.55		
200	90.0	100	50.0	65	29.0	40	17.4	25	15.2	25	9.10	15	6.06	15	6.06	15	6.06	15	6.06		
250	115.0	100	62.5	80	36.3	50	21.7	30	18.9	30	11.4	20	7.58	15	7.58	15	7.58	15	7.58		
300	140.0	100	75.0	100	48.0	65	29.0	40	25.2	40	15.2	25	10.1	20	10.1	20	10.1	20	10.1		
500	225.0	100	125.0	100	72.5	100	43.5	65	37.9	50	23.0	40	15.1	25	15.1	25	15.1	25	15.1		

1.- EL USO DE LOS FUSIBLES DE LA CAPACIDAD MÍNIMA INDICADA ASEGURA LA PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR CONTRA FALLAS EN EL SECCIONAMIENTO PROXIMAS A EL.



MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES  
REPORTE DE INSPECCION

CLIENTE \_\_\_\_\_

DIRECCION \_\_\_\_\_

CIUDAD \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

CARACTERISTICAS DEL TRANSFORMADOR :

KVA \_\_\_\_\_

FASES \_\_\_\_\_

HZ \_\_\_\_\_

V. \_\_\_\_\_

°C \_\_\_\_\_

MARCA \_\_\_\_\_

No. SERIE \_\_\_\_\_

LTS. ACEITE \_\_\_\_\_

INSPECCION FISICA :

AISLADORES B.T. \_\_\_\_\_

A.T. \_\_\_\_\_

CONEXIONES B.T. \_\_\_\_\_

A.T. \_\_\_\_\_

FUGAS \_\_\_\_\_

EMPALMES \_\_\_\_\_

ACCESORIOS \_\_\_\_\_

PINTURA \_\_\_\_\_

OTROS \_\_\_\_\_

INSPECCION ELECTRICA :

PRUEBA TTR

RELACION DE TRANSFORMACION. PASES: A \_\_\_\_\_ B \_\_\_\_\_

FALSOS CONTACTOS \_\_\_\_\_

VUELTAS EN CORTO \_\_\_\_\_

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO :

A.T./B.T + TIERRA \_\_\_\_\_

MEGOHMS

B.T./A.T.+TIERRA \_\_\_\_\_

MEGOHMS

A.T./ TIERRA \_\_\_\_\_

MEGOHMS

B.T./ TIERRA \_\_\_\_\_

MEGOHMS

INSPECCION DE ACEITE :

NIVEL \_\_\_\_\_

TEMPERATURA \_\_\_\_\_

°C

APARIENCIA \_\_\_\_\_

COLOR \_\_\_\_\_

RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE SEGUN METODO ASTM 877 \_\_\_\_\_ KV

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES :


H. INICIO \_\_\_\_\_

ELABORADO POR : \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

H. FIN \_\_\_\_\_

RECIBIDO POR : \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_



ACCESORIOS ESPECIALES

No.	Descripción	No.	Descripción
1	Termómetro con contactos de alarma	12	Válvula de alivio para sobre presiones anormalmente altas tipo mecánico
2	Indicador de nivel del líquido con contactos de alarma	13	Caja de boquillas en el lado de alta tensión
3	Tanque conservador	14	Brida en el lado de alta tensión
4	Indicador de temperatura en el punto más caliente	15	Caja de boquillas en el lado de baja tensión
5	Relevador Bucholz	16	Brida en el lado de baja tensión
6	Cambiarlo de derivaciones de 5 posiciones	17	Conectores en el lado de baja tensión
7	Cambiarlo de derivaciones nombrado bajo carga	18	Conectores en el lado de alta tensión
8	Provisión para ventiladores	19	Pintura especial
9	Ventiladores	20	Líquido aislante de alto punto de ignición, silicon o similar
10	Bases con ruedas para rodar en dos sentidos	21	Equipo automático para gas inerte con contactos de alarma
11	Relevador térmico de sobrecarga	22	Relevador de presión súbita con contactos de alarma

PRUEBAS ELECTRICAS DE ACUERDO A NORMAS

1	Resistencia Medición hecha en todos los devanados en su conexión de tensión nominal	6	Corriente de Excitación Medición hecha a tensión nominal
2	Relación Medición en la tensión nominal y en las derivaciones	7	Impedancia y pérdidas de carga a corriente nominal
3	Polaridad o secuencia de fases	8	Prueba de potencial aplicado
4	Pérdidas en vacío Medición hecha en la tensión nominal	9	Prueba de potencial inducido
5	Megger	10	Rigidez dieléctrica del aceite

CARACTERISTICAS ESPECIALES

Eléctricas		Mecánicas	
1	Pérdidas vacío: Watts	1	Largo. Mts.
2	Pérdidas totales: Watts	2	Ancho Mts.
3	% Corriente excitación	3	Alt. Mts.
4	Impedancia %	4	Peso total Kgs.
5	Eficiencia %	5	Acete Lts.
6	Nivel de ruido		
7	Nivel básico de impulso		

Recomendaciones para la Inspección y mantenimiento de transformadores arriba de 300 KVA; en vista de que los transformadores son los eslabones vitales para la operación de las grandes empresas industriales y comerciales, es necesario que para su funcionamiento continuo y confiable deba proporcionárseles una

atención adecuada. Esto se logra mediante a través de un programa regular inspecciones, pruebas y mantenimiento de rutina. A continuación presenta una serie de recomendaciones hechas para un transformador crítico en su operación y que una falla de él ocasiona problemas de alto costo a la empresa.

No. Ranglones a Inspeccionar

1. Corriente de carga (amperes)
2. Voltaje
3. Temperatura ambiente
4. Temperatura de los devanados
5. Temperatura del líquido
6. Presión del gas (tanque)
7. Nivel del líquido
8. Equipo de sellado automático de gas
  - a) Indicador de presión de gases del transformador
  - b) Contenido de gas del cilindro
  - c) Circuito de alarma de baja presión
  - d) Equipo externo de gas y herrajes
9. Equipo de enfriamiento por agua
  - a) Temperatura del agua dentro y fuera
  - b) Velocidad del gasto de agua
  - c) Bombas de agua
  - d) Bombas de circulación de aceite
10. Equipo de enfriamiento FOA o FA
  - a) Ventiladores-aspas y motores por acumulación de suciedad
  - b) Cojinetes de ventiladores
  - c) Intercambiador de calor (núcleo del radiador)
11. Transformadores tipo seco (enfriados con aire forzado) Temperatura del aire dentro y fuera.

Programa Recomendado

- Cada hora o usar amperímetro registrador  
Cada hora  
Cada hora  
Cada hora  
Cada hora  
Cada hora  
Cada hora  
Diario  
Diario  
Diario  
Trimestral  
Semestral  
Semestral  
Semestral  
Semestral  
Mensual  
Mensual  
Mensual  
Mensual  
Mensual  
Cada dos años o después de 6,000 horas de operación, lo primero que ocurra  
Anual  
Cada hora

Tabla II - Programa de Inspección recomendada para los accesorios auxiliares que requieren que el transformador sea desconectado

No. Ranglones a Inspeccionar

1. Tanque, accesorios y empaques por fugas, herrumbre, etc
2. Dispositivos de liberación de presión
3. Boquillas
4. Apartarrazos
5. Cambiadores de derivación
6. Equipo de Control, Relevadores y Circuitos
7. Conexiones de tierra
8. Alarmas de protección
9. Análisis de gas.
10. Prueba de presión de bobinas de enfriamiento o intercambiador de calor externo

Programa

- Semestral  
Trimestral  
Semestral  
Semestral  
Semestral  
Mensual  
Semestral  
Mensual  
Mensual  
Anual  
Anual

INFORMACION GENERAL  
PRUEBAS ELECTRICAS  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO



Tabla III - Programa recomendado para pruebas eléctricas y frecuencia para un transformador crítico

PROGRAMA RECOMENDADO DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO

No. Prueba de Mantenimiento	Programa
1. Líquido aislante	
a) Resistencia dieléctrica	Anual
b) Número de neutralización	Anual
c) Color	Anual
2. Resistencia de aislamiento	Anual
3. Índice de polarización	Anual
4. Factor de Potencia	Anual
5. Alto potencial de CA (Prueba)	Cada 5 años
6. Prueba de voltaje inducido	Cada 5 años

LIMITES DE PRUEBA PARA ACEITE TIPO MINERAL

Prueba	Satisfactorio	Debe ser Filtrado	Descartese y Reemplacese
Resistencia dieléctrica (ASTM D 377)	23 KV	Menos de 22 KV	-
Número de neutralización	0.4 Max	0.4 a 1.0	Mayor de 1.0
Color	3 <sup>er</sup> Max	Arriba de 3 <sup>er</sup>	-

	Corriente Continua	CORRIENTE ALTERNA		
		UNA FASE	2 FASES *4 HILOS	3 FASES
AMPERES Conociendo HP	$\frac{HP \times 746}{E \times N}$	$\frac{HP \times 746}{E \times N \times f.p.}$	$\frac{HP \times 746}{2 \times E \times N \times f.p.}$	$\frac{HP \times 746}{1.73 \times E \times N \times f.p.}$
AMPERES Conociendo KW	$\frac{KW \times 1000}{E}$	$\frac{KW \times 1000}{E \times f.p.}$	$\frac{KW \times 1000}{2 \times E \times f.p.}$	$\frac{KW \times 1000}{1.73 \times E \times f.p.}$
AMPERES Conociendo KVA	_____	$\frac{KVA \times 1000}{E}$	$\frac{KVA \times 1000}{2E}$	$\frac{KVA \times 1000}{1.73 \times E}$
KW	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times f.p.}{1000}$	$\frac{I \times E \times f.p. \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times f.p. \times 1.73}{1000}$
KVA	_____	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73}{1000}$
POTENCIA en la flecha HP	$\frac{I \times E \times N}{746}$	$\frac{I \times E \times N \times f.p.}{746}$	$\frac{I \times E \times 2 \times N \times f.p.}{746}$	$\frac{I \times E \times 1.73 \times N \times f.p.}{746}$
Factor de potencia	Unkario	$\frac{W}{E \times I}$	$\frac{W}{2 \times E \times I}$	$\frac{W}{1.73 \times E \times I}$

- I - Corriente en amperes
  - E - Tensión en volts
  - N - Eficiencia expresada en decimales
  - HP - Potencia en Horse Power
  - f.p. - Factor de potencia
  - KW - Potencia en Kilowatts
  - KVA - Potencia aparente en Kilovoltamperes
  - W - Potencia en watts
  - R.P.M. - Revoluciones por minuto
  - f - Frecuencia
  - p - Número de polos
- Para sistemas de 2 fases 3 hilos, la corriente en el conductor común es 1.41 veces mayor que en cualquiera de los otros conductores.
- R.P.M. =  $\frac{f \times 120}{p}$

**SIMBOLOS GENERALES  
PARA DIBUJOS EN PLANTA  
PROYECTO**

	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TABLERO DE ALUMBRADO
	TABLERO DE EMERGENCIA
	TABLERO DE INSTRUMENTOS.
	TABLERO DE TRANSFERENCIA
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD TIPO NAVAJA
	CONTACTOR PARA ALUMBRADO
	TRANSFORMADOR TIPO SECO
	ARRANCADOR MANUAL
	ARRANCADOR MAGNETICO
	MOTOR HORIZONTAL ALTA TENSION
	MOTOR VERTICAL ALTA TENSION
	MOTOR HORIZONTAL
	MOTOR VERTICAL
	UNIDAD DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA
	CONTROL FOTOELECTRICO
	CAJA DE LAMINA O FIERRO FUNDIDO
	CONDULET
	TUBO CONDUIT VISIBLE
	TUBO CONDUIT OCULTO
	TUBO CONDUIT BAJO PLATAFORMA
	DUCTO SUBTERRANEO BAJA TENSION
	DUCTO SUBTERRANEO ALTA TENSION
	CHAROLA DE 61cm. DE ANCHO (ILUMINAR DE AZUL LAS CHAROLAS)
	CHAROLA DE 30cm. DE ANCHO (ILUMINAR DE AZUL LAS CHAROLAS)
	DUCTO CUADRADO DE LAMINA
	CABLE DE COBRE DESNUDO PARA SISTEMA DE TIERRAS
	CABLE PARA PARARRAYOS
	VARILLA PARA TIERRAS
	REGISTRO CON VARILLA
	PUNTA DE PARARRAYOS

TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE DISTRIBUCION — DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS

Alt. Volt. Nominal	Base Volt. Nominal	KVA	Dimensiones en Cm				Peso en Kilogramos				Total
			A	B	C	D	Núcleo / Bobinas	Tubo / Accesorios	Arroz	Total	
180	120/110	10	34	34	40	37	80	39	14	13	13
		15	41	41	47	81	42	17	18	21	21
		20	48	48	54	88	49	24	25	28	28
		25	55	55	61	95	56	31	32	36	36
200/110	138 x 600	10	103	61	66	78	87	43	37	187	208
		15	104	64	68	80	93	46	40	203	228
		20	107	70	74	83	100	49	43	219	248
		25	111	76	80	87	107	52	46	235	268
250/110	210 x 600	10	121	71	77	91	100	50	44	226	256
		15	123	74	80	94	103	53	47	242	276
		20	126	77	83	97	106	56	50	258	296
		25	129	80	86	100	109	59	53	274	316
300/110	270 x 600	10	141	81	87	101	110	57	50	305	335
		15	143	84	90	104	113	60	53	321	355
		20	146	87	93	107	116	63	56	337	375
		25	149	90	96	110	119	66	59	353	395
360/110	340 x 600	10	158	91	97	111	120	61	54	374	404
		15	160	94	100	114	123	64	57	390	424
		20	163	97	103	117	126	67	60	406	444
		25	166	100	106	120	129	70	63	422	464
450/110	440 x 600	10	177	101	107	121	130	65	58	453	493
		15	179	104	110	124	133	68	61	469	513
		20	182	107	113	127	136	71	64	485	533
		25	185	110	116	130	139	74	67	501	553
600/110	600 x 600	10	210	110	116	131	150	70	62	563	603
		15	212	113	119	134	153	73	65	579	623
		20	215	116	122	137	156	76	68	595	643
		25	218	119	125	140	159	79	71	611	663

TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE DISTRIBUCION — DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS

Alt. Volt. Nominal	Base Volt. Nominal	KVA	Dimensiones en Cm				Peso en Kilogramos				Total
			A	B	C	D	Núcleo / Bobinas	Tubo / Accesorios	Arroz	Total	
180	120/110	10	63	77	50	43	59	49	31	142	162
		15	70	84	57	50	66	56	38	165	185
		20	77	91	64	57	73	63	45	188	208
		25	84	98	71	64	80	70	52	211	231
2100	1407/254	10	108	111	52	41	87	81	50	298	318
		15	115	118	59	48	94	88	57	321	341
		20	122	125	66	55	101	95	64	344	364
		25	129	132	73	62	108	102	71	367	387
1155	649/254	10	131	134	53	42	90	84	53	330	350
		15	138	141	60	49	97	91	60	353	373
		20	145	148	67	56	104	98	67	376	396
		25	152	155	74	63	111	105	74	399	419
10000	4107/254	10	156	159	54	43	93	87	56	360	380
		15	163	166	61	50	100	94	63	383	403
		20	170	173	68	57	107	101	70	406	426
		25	177	180	75	64	114	108	77	429	449
70000	2200	10	201	204	55	44	96	90	59	440	460
		15	208	211	62	51	103	97	66	463	483
		20	215	218	69	58	110	104	73	486	506
		25	222	225	76	65	117	111	80	509	529

Altura total B = Frente, C = Fondo, D = Altura a la tapa. Todos los pesos son aproximados; se debe usar para estimaciones. Los que se listan en el manual.

