



T

TK175

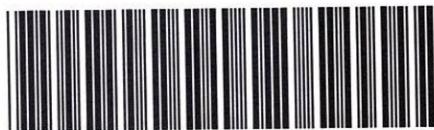
M8

c.1

K1751

8

1



1080064309

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA SUBESTACION ELECTRICA ✓

NOMBRE: MARCO ANTONIO MURILLO ZAVALA

MATRICULA: 500366

SAN NICOLAS DE LOS GARZA N.L. A 12 DE JULIO DE 1996

T
TK1751
M8



monterrey n.l. a 20 de mayo de 1996

A continuacion me es grato presentar un algunos datos actuales de el Reglamento de Instalaciones Electricas y Normas Tecnicas ya que en la actualidad nuestro pais va creciendo en los diferentes aspectos economicos y sociales dandole la oportunidad a la microy pequeña empresa a hacer una expansion en sus instalaciones y en lo que respecta a el INGENIERO ELECTRICISTA es muy importante estar actualizado en las diferentes normas tecnicas por LA SECRETARIA DE MINAS INDUSTRIA PARAESTATAL Y LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD ,costos,tipos,calidad y servicios de subestaciones electricas asi como todos los terminos del equipo y -- accesorios que se deben tomar en consideracion para el diseno constrccion y mantenimiento de una subestacion electrica.

A T E N T A M E N T E

MARCO ANTONIO MURILLO ZAVALA

MATRICULA: 500366

I.- INTRODUCCION.

En la actualidad La energia electrica desempeña un papel muy importante para el avance de cualquier sociedad, ya que se ha convertido una de las enegias mas importantes actualmente dado en sus muy diferentes - aplicaciones que van de lo industrial, comercial, residencial, domestica etc. y su utilización ya sea para iluminar un foco de una casa hasta -- toda una ciudad, asi como proporcionar energia necesaria para impulsar toda clase de motores eléctricos utilizados en todo tipo de las indutrias. De igual forma la energia electrica representa el punto de partida para su transformación en otros tipos de energia aprovechables y que proporcionan diferentes servicios al hombre en su en su vida cotidiana.

Ahora para disponer de ese fluido eléctrico se requiere de un sistema tan complejo en el que intervienen diferentes equipos, componentes y que podemos agrupar en cuatro etapas que son: la generación y transmisión, la distribución y la etapa final que es el consumo de esa energía eléctrica. En la etapa de generacion y transmision intervienen lo -- que es la planta de generacion, las subestaciones de elevación y las líneas y dispositivos de transmisión. La segunda etapa comprende a las subestaciones de reduccion y los sistemas o redes de distribución. La etapa final la comprende en si todos los equipos y aparatos de consumo conectados que generalmente se le denomina "carga electrica".

El presente trabajo esta enfocado al diseno teorico de una subestacion eléctrica asi como a la descripción de todos los elementos que en esta intervienen y que podemos ubicarla entre la etapa dos y tres del - sistema de energía eléctrica.

II. CONCEPTO DE SUBESTACION, SU FUNCION Y CLASIFICACION.

DEFINICION: la subestación eléctrica es "un conjunto de elementos que interconectados entre sí sirven para transformar la energía eléctrica y sus características (voltaje, corriente, frecuencia, etc) o conservarlas dentro de cierto límites ."

Las subestaciones eléctricas, intervienen en las distintas etapas que tiene la energía eléctrica desde su generación hasta su consumo, por lo que su función no esta limitada a proporcionar energía eléctrica a un nivel de voltaje de utilización sino que también puede desarrollar las siguientes funciones como son: un switcheo en una red transmisión y distribución, una transformación de voltaje o una compensación de potencia. Entonces resulta difícil hacer una clasificación precisa de las subestaciones, sin embargo podemos clasificarlas en forma general como sigue:

1.- Por su operación.

- a) De corriente alterna.
- b) De corriente directa.

2.- Por la función que desempeñan.

- a) Elevadoras. (aumentan el nivel del voltaje)
- b) Reductoras. (reducen el nivel del voltaje)
- c) De enlace. (para la interconexión de líneas de transmisión o de distribución)
- d) Rectificadoras (para proporcionar energía eléctrica en corriente directa)

3.- Por su construcción.

- a) Tipo intemperie (o subestaciones abiertas para operación en el exterior)
- b) Tipo interior (para operar bajo techo)
- c) Tipo blindado (para operar tanto en interiores como en exteriores)

III.- SIMBOLOGIA Y DIAGRAMA UNIFILAR.

La simbología es un sistema convencional con que se representa un suceso, un concepto o flujo de operación, pudiendo ser estos desde un ciclo de operación cerrado o un ciclo de operación abierta, ambos tan simples o tan complejos según los símbolos que los integren y el flujo de operación realizada, por lo tanto todo equipo, aparato o dispositivo eléctrico para fines de análisis prácticos y de representación se le -- asocia con un símbolo con el cual se le identifica.

El diagrama unifilar de una subestación eléctrica es el resultado de conectar en forma simbólica y a través de un solo hilo todo el equipo que forma parte de la instalación, mediante un conjunto de símbolos normalizados considerando la secuencia de operación de cada uno de los elementos siendo de mayor prioridad las necesidades de carga del sistema en el presente y futuro

Podemos resumir que para seleccionar el diagrama unifilar mas adecuado y economico de una instalacion electrica, son los siguientes:

- a) Continuidad del servicio.
- b) Versatilidad de la operacion.
- c) Facilidad de mantenimiento de los equipos.
- d) Cantidad y costo del equipo electrico.

IV.- DESCRIPCION DEL EQUIPO DE UNA SUBESTACION.

En esta parte se intenta describir a grandes rasgos, las características mas importantes del equipo principal o que se instalan en una subestacion y que, salvo algunos elementos, se muestra en su totalidad en el diagrama unifilar de la subestacion de que se trate.

Dichos equipos se van a reunir en dos grupos, uno integrado por los elementos primarios o principales y el grupo dos integrado por los elementos secundarios.

ELEMENTOS PRIMARIOS:

- 1.- Transformador.
- 2.- Interruptor de Potencia.
- 3.- Restaurador.
- 4.- Cuchilla fusible.
- 5.- Cuchillas desconectadoras y cuchillas de prueba.
- 6.- Apartarrayos y pararrayos.
- 7.- Tableros duplex de control.
- 8.- Capacitores.(condensadores)
- 9.- Transformadores de instrumentos (de potencial y de corriente).
- 10.- Red de tierras.

ELEMENTOS SECUNDARIOS.

- 1.- Cables de potencia y de control.
- 2.- Alumbrado.
- 3.- Estructuras.
- 4.- Equipos contra incendio.
- 5.- Equipo de filtrado de aceite.
- 6.- Carrier.
- 7.- Trincheras, ductos, conductos, drenajes y cercas o mallas.

Dada la importancia que tiene el primer grupo de elementos y que son los mas importantes de la subestacion se hara una descripcion gral. de cada elemento.

IV.1 EL TRANSFORMADOR.

El transformador es el elemento central de una subestacion electrica y en torno a el se encuentran los demas equipos que la componen y es en el donde encuentran su base las etapas de transmision y distribucion de todo sistema de energia electrica.

Podemos definir al transformador como el conjunto de elementos-- electrocomagneticos sin partes moviles, cuya funcion principal es la transferencia de energia electrica de un circuito a otro por medio de una induccion electromagnetica, que tiene como consecuencia un cambio en las magnitudes tanto de corriente como de voltaje.

En la siguiente figura se representa la construccion esencial de un transformador. Sobre un nucleo laminado de material ferromagnetico se situan dos devanados independientes de N_p y N_s vueltas.

El valor del transformador de potencia radica en su capacidad de aceptar una potencia de entrada aparente a cualquier combinacion de voltaje y corriente y entregarla a una carga a una combinacion diferente. Esto se logra debido a que se crea o induce un flujo magnetico comun -- tanto en el devanado primario como en el devanado secundario, en consecuencia el voltaje inducido en una sola vuelta o espira del devanado, $e = 4.44f\Phi$, es identico tanto en el primario como en el secundario. Entonces se tiene que las

ecuaciones fundamentales aplicables al transformador son las que describen la relacion de transfromacion, el voltaje inducido, y que a continuacion se detallan:

Relacion de transformacion:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Voltaje inducido:

$$V_p = 4.44 \phi f N_p \times 10^{-8} \quad (\text{volts por fase})$$

$$V_s = 4.44 \phi f N_s \times 10^{-8} \quad (\text{volts por fase})$$

Potencia:

$$P_p = V_p I_p$$

$$P_s = V_s I_s$$

$$P_{\text{entrada}} = P_{\text{salida}}$$

en donde:

- V_p = Voltaje de fase del primario
- V_s = Voltaje de fase del secundario
- I_p = Corriente de fase en el primario
- I_s = Corriente de fase en el secundario
- N_p = Numero de espiras por fase del primario
- N_s = Numero de espiras por fase del secundario
- Ø_m = Flujo magnetico
- f = Frecuencia de operacion del transformador
- P = Potencia electrica

El transformador puede considerarse integrado en forma general - por tres partes principales: una parte activa, una parte pasiva y los accesorios

La parte activa esta esta formada por un conjunto de elementos - del separados del tanque principal y que agrupa a los siguientes elementos:

- 1.- NUCLEO. Este constituye el nucleo magnetico, que esta fabricado en laminas de acero al silicio, con un espesor de 0.28 mm como minimo.
- 2.- BOBINAS. Estas constituyen el circuito electrico. Se fabrican utilizando alambre magneto recubierto con barniz o solera de cobre o de aluminio enrollado en micarta aislante teniendo la características requeridas para su temperatura de operacion y el el medio en que va estar sumergida.
- 3.- CAMBIADOR DE DERIVACIONES O TAPS. Constituye el mecanismo -- que permite regular la tension de la energia que fluye de un transformador. Puede ser de operacion automatica o manual y puede instalarse en el lado de alta o baja tension dependiendo de la capacidad y tension del aparato, aunque conviene instalarlos en alta tension debido a que su costo disminuye en virtud de que la intensidad de corriente es menor. Por lo general se tienen 4 taps de 2.5% en el devanado primario. -- dos arriba y dos abajo del voltaje nominal del transformador dando un total de ajuste de mas del 5% y menos del 5% por co-

--8-

nsiguiente se pueden tener 5 diferentes valores de voltaje en el secundario del mismo.

4.- BASTIDOR. Esta formado por un conjunto de elementos estructurales que rodean el nucleo y las bobinas, y cuya funcion es soportar los esfuerzos mecanicos y electromagneticos que se desarrollan durante la operacion del transformador.

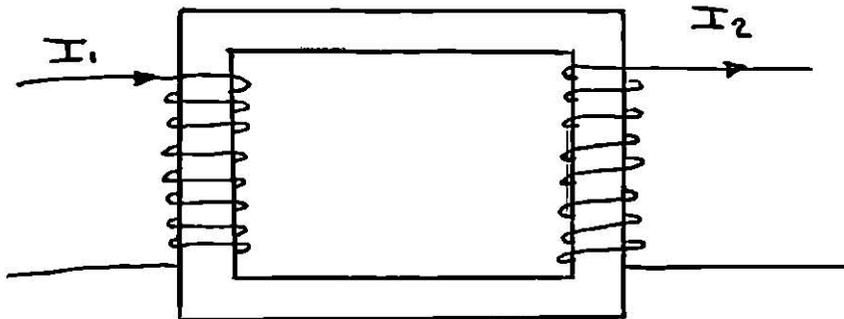
La parte pasiva consiste en el tanque donde se aloja la parte -- activa y va sumergida en liquidos, el tanque debe ser hermetico, soportar el vacio absoluto, sin presentar deformacion permanente, proteger electrica y mecanicamente al interruptor, ofrecer puntos de apoyo para el transporte y la carga del mismo, soportar los enfriadores, bombas de aceite, ventiladores y los accesorios especiales.

Los accesorios de un transformador son un conjunto de partes y dispositivos que auxilian en la operacion y facilitan las labores de mantenimiento.

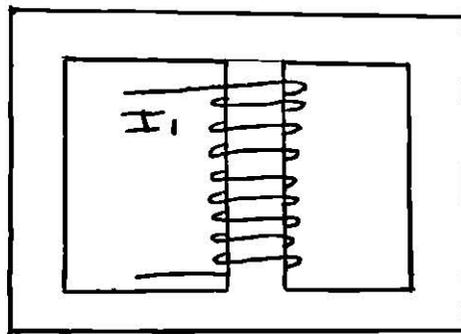
IV.1.1 CLASIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES.

Los transformadores se pueden clasificar segun sus caracteristicas entre las que podemos mencionar las siguientes: segun la estructura de los transformadores se clasifican como sigue:

TIPO NUCLEO.- En el cual dos grupos de devanados o arrollamientos abrazan a un nucleo unico

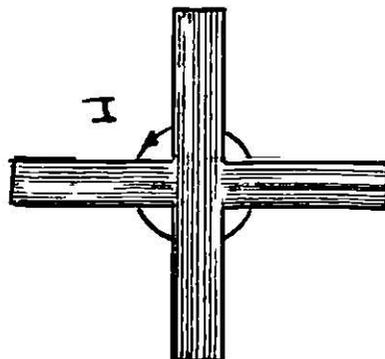


TIPO ACORAZADO.- En este tipo de nucleo, el flujo magnetico que atraviesa a un unico grupo de devanados, al menos, por dos componentes existentes en circuitos magneticos en paralelo,



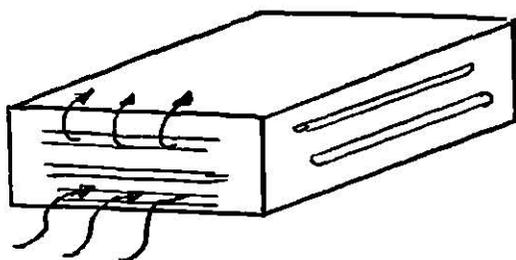
TIPO ACORAZADO

DISTRIBUIDO.- Este tipo representa una modificacion del anterior corrientemente empleado en transformadores de dist. de determinadas potencias

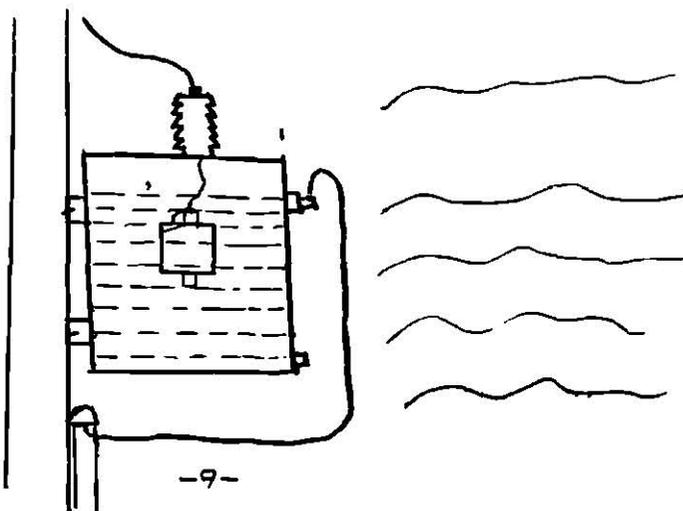


De acuerdo a su tipo de refrigeración o enfriamiento ya sea empleado aire, aceite o agua como medio refrigerante para la disipación del calor producido se tiene lo siguiente:

- 1) Refrigerado por aire. (Tipo AA). Este transformador es tipo seco y se emplea en ciertas instalaciones en las que hay que reducir el peligro de incendio a causa del mismo transformador, los cuales se instalan por su bajo costo de mantenimiento por ejemplo de este caso son los transformadores instalados en el interior de fábricas donde el voltaje secundario de suministro sea de 440/254v se instalaría uno de 440-220/127 volts

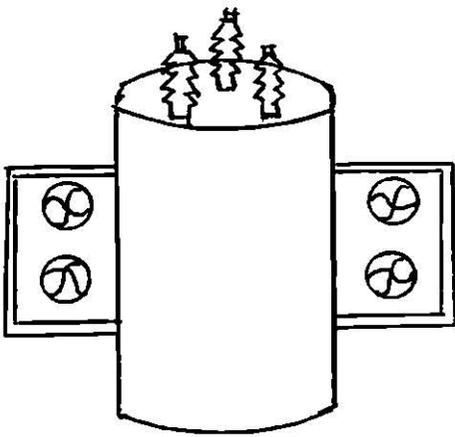


- 2) Refrigerado por inmersión en aceite. (Tipo OA). La mayoría de los transformadores de distribución los cuales se fabrican en norma "k" y norma "j" siendo también los transformadores de potencia de este tipo. en los cuales el sistema de enfriamiento normalmente radiadores o ventiladores



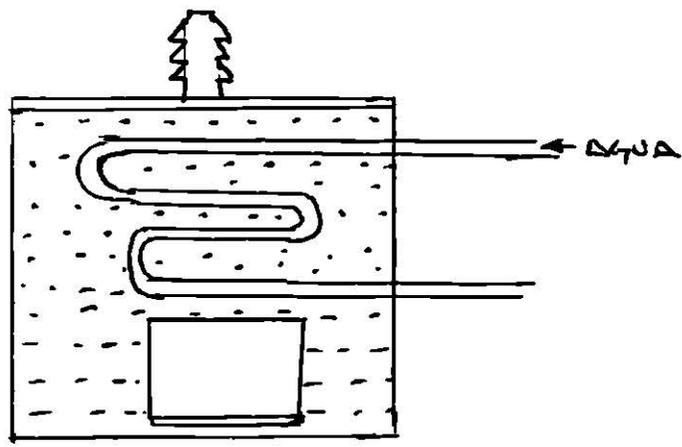
3) Refrigerado por inmersión en aceite y aire forzado. (Tipo OA/FA).

Para mandar aire fresco a los radiadores pueden instalarse inyector-
es de aire o cierto numero de pequenos ventiladores regulados por un
termostato.

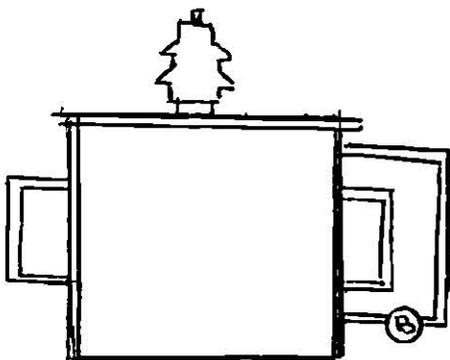


4) Refrigerado por inmersión en aceite y agua. (Tipo OW). Cuando se

dispone de una fuente adecuada de agua refrigerante y deba
conservarse el espacio puede refrigerarse el aceite caliente
mediante agua que circule por un serpentín de tubería de cobre que
rodee al tanque por su parte interior.



5) Refrigerado por inmersión en aceite, aceite y aire forzado. (Tipo FDA). El aceite caliente del transformador puede hacerse circular - mediante la adición de bombas en el exterior. El aceite se extrae de la parte superior y se introduce por la parte inferior. Al extraerse se pone en contacto con el aire frío o con cualquier otro medio (agua) extrayéndole el calor.



Otra clasificación de los transformadores es de acuerdo a sus nº de fases que pueden ser, monofasicos y trifasicos. Los transformadores monofasicos, como su nombre lo indica posee una sola fase, es decir un arrollamiento primario y un secundario, puede suministrar corriente en un voltaje de línea 2 veces mayor al voltaje de fase siendo de diferentes tipos cuando la naturaleza de la carga así lo requiera, sin embargo, se puede obtener potencia trifasica a partir de la conexión de tres transformadores monofasicos, existe un tipo de transformador monofasico el cual es tipo unicornio de una fase en el primario y hilo de guarda - de la subestacion reductora

En los transformadores trifasicos, las conexiones trifasicas estan hechas internamente, mediante tres bobinas, cada una con su respectivo devanado primario y secundario, interconectados. La selección para la

instalacion de uno u otro tipo de transformador dependera de diversos factores como por ejemplo: el tipo de carga a alimentar, capacidad del transformador, espacio disponible, costo comparado de ambos transformadores cargas futuras, ampliacion de la subestacion etc.

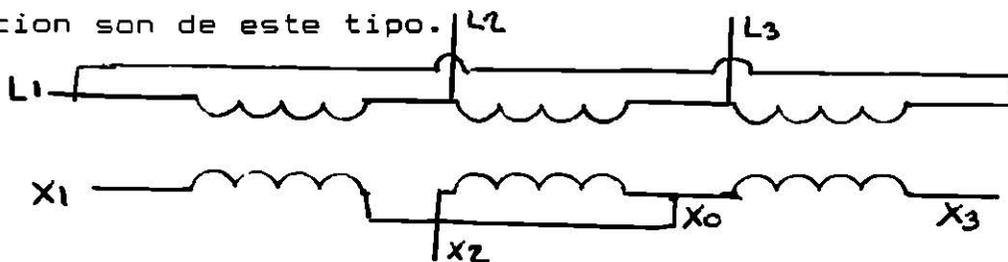
IV.1.2 CONEXIONES EN LOS TRANSFORMADORES.

Las conexiones en los transformadores basicamente son cuatro

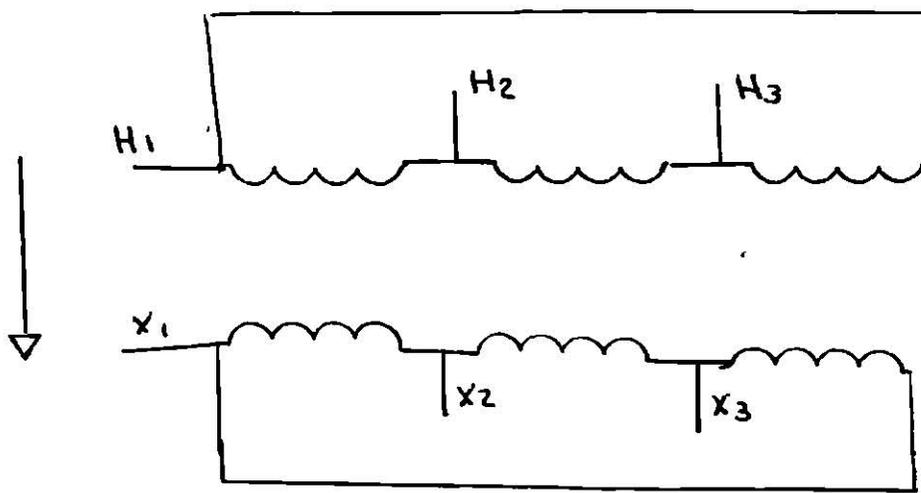
- a) Delta-Estrella
- b) Delta-Delta
- c) Estrella-Delta
- d) Estrella-Estrella

estas conexiones se aplican tanto a los transformadores trifasicos internamente, como a los transformadores monofasicos externamente. Para la aplicacion de cada una de estas conexiones se hara considerando la conexion trifasica de un banco de tres transformadores monofasicos:

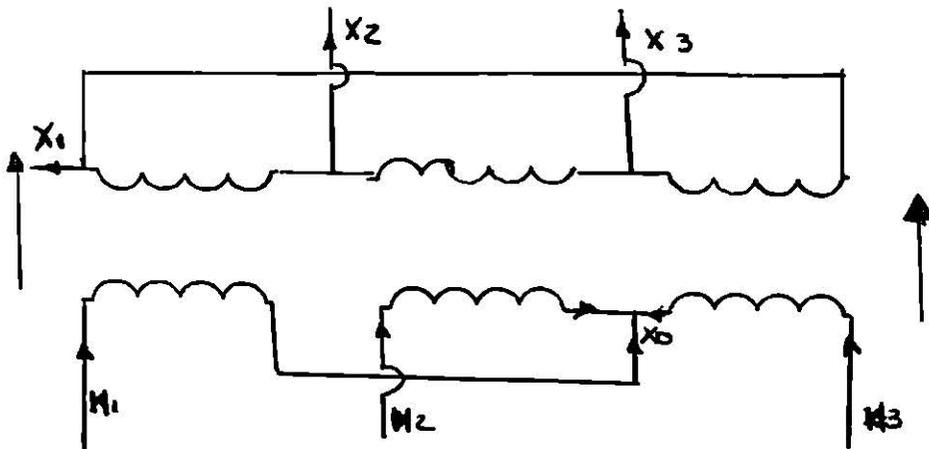
A) DELTA-ESTRELLA.- Esta conexion es la mas usada en las subestaciones industriales. conectando en delta el lado de alta tension, y en estrella el lado de la carga, lograndose tener dos niveles de voltaje en el lado de la carga normalmente todos los transformadores de distribucion son de este tipo.



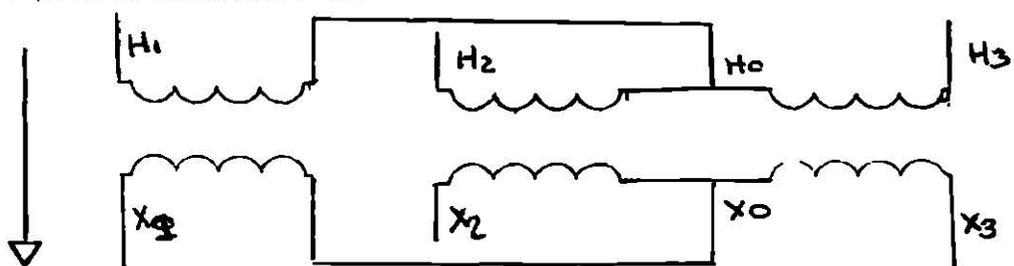
B) DELTA-DELTA.- Esta conexion es poco usada, ya que esta limitada para alimentar cargas a tres hilos (motores trifasicos). Tiene la desventaja de que debe operar a tensiones relativamente bajas, pero tiene la ventaja de que si un transformador falla se puede seguir alimentando a la carga trifasica con los transformadores restantes, resultando la conexion conocida como delta abierta-delta abierta, pero la potencia total del banco disminuye hasta el 60% de la potencia total.



c) ESTRELLA-DELTA.- Esta conexión tiene características contrarias a la delta-estrella y es empleada para reducir la tensión y alimentar cargas trifásicas exclusivamente. También es utilizada en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras, cuya función es reducir los voltajes, en los sistemas de distribución es poco usual, -- pero en algunas ocasiones se emplea para distribución rural a 20 kV.



d) ESTRELLA-ESTRELLA.- Este tipo de conexión es poco usada, y solo se emplea en subestaciones donde se trabaja en muy alta tensión en el primario y en el secundario (mayores 100 kV). En las subestaciones industriales prácticamente no tiene uso.



Existe tambien la conexion en "paralelo" de transformadores monofa y transformadores trifasicos. Dicha conexion consiste en que sus devanados primarios estan conectados a una misma fuente de alimentacion y -- sus secundarios a la misma carga. Se pueden establecer ciertas razones para que el emparalelamiento se efectue, las siguientes que son:

- 1.- Para aumentar la capacidad de la subestacion.
- 2.- Para dar flexibilidad de operacion (continuidad en el servicio).
- 3.- Para repartir la carga que se tiene que alimentar.

Para que los transformadores funcionen en paralelo se tienen las siguientes condiciones necesarias:

- 1.- Que tengan iguales voltajes en sus primarios y secundarios. es decir igual relacion de transformacion.
- 2.- Que tengan el mismo desplazamiento angular, es decir, la misma conexion de las anteriormente mencionadas.
- 3.- Se deben conectar con la misma secuencia de fases.
- 4.- El porcentaje de impedancia debe ser el mismo.
- 5.- La frecuencia de operacion debe ser la misma, por lo general es de 60Hz

IV.1.3 PRUEBAS EN LOS TRANSFORMADORES.

En esta parte se pretende dar una informacion basica de las pruebas minimas que se efectuan en los transformadores una vez de que se termino de fabricar. Algunas de estas pruebas se incluyen durante su mantenimiento una vez que ya esta operando en la subestacion:

- 1.- INSPECCION DEL APARATO. Se verifica el cumplimiento ciertas normas y especificaciones.
- 2.- ACEITE AISLANTE. Se debe verificar la rigidez dielectrica y la acidez asi como tambien si no existe la humedad.
- 3.- RESISTENCIA DE AISLAMIENTO. Se mide con un aparato "megger" de 100 0 volts, durante un minuto, corrigiendo la lectura a 20 C.
- 4.- INSPECCION DEL ALAMBRADO DE CONTROL. Se comprueba la continuidad y la operacion de los circuito de control, proteccion, medicion, señalizacion sistema de enfriamiento, cambiador de derivaciones y transformadores de instrumentos.
- 5.- RELACION DE TRANSFORMACION. Esta prueba se efectua para determinar que la bobinas han sido fabricadas, de acuerdo con el diseno y con el numero de vueltas exacto.
- 6.- POLARIDAD. Se requiere su comprobacion para efectuar la conexion -- adecuada de los bancos de transformadores
- 7.- POTENCIAL APLICADO. Sirve para comprobar el aislamiento de los devanados con respecto a tierra.
- 8.- POTENCIAL INDUCIDO. Sirve para comprobar el aislamiento entre espiras y entre secciones de los devanados. Consiste en inducir entre las terminales de un devanado, una tension doble de la nominal durante un minuto, y a una frecuencia al doble de la nominal, para que no se sature el nucleo.

9.- PERDIDAS EN EL HIERRO Y POR CIENTO DE LA CORRIENTE DE EXCITACION.

Estos valores se indican en las especificaciones de acuerdo con sus valores maximos permitidos, que se llaman valores garantizados.

10.- PERDIDAS DE CARGA Y PORCIENTO DE IMPEDANCIA. Como en el caso anterior, tambien se fijan los valores garantizados, de sobrepasar estos valores se cobran multas a los fabricantes de transformadores.

11.- TEMPERATURA. Estas pruebas por ser caras, se efectuan a una unidad de cada lote. se desarrollan conectando el cambiador de derivaciones en posicion de perdidas maximas y trabajando el sistema de enfriamiento correspondiente en plena capacidad.

13.- RUIDO.- Es una prueba de tipo opcional, que muestra si el transformador cumple con los niveles de ruido establecidos en las normas correspondientes.

14.- DESCARGAS PARCIALES. Tambien es una prueba opcional. pero en la actualidad en muchas especificaciones se esta solicitando como prueba de rutina ya que un transformador puede pasar todas las pruebas anteriores y sin embargo, en caso de existir descargas parciales en su aislamiento puede llegar a fallar en un tiempo relativamente corto.

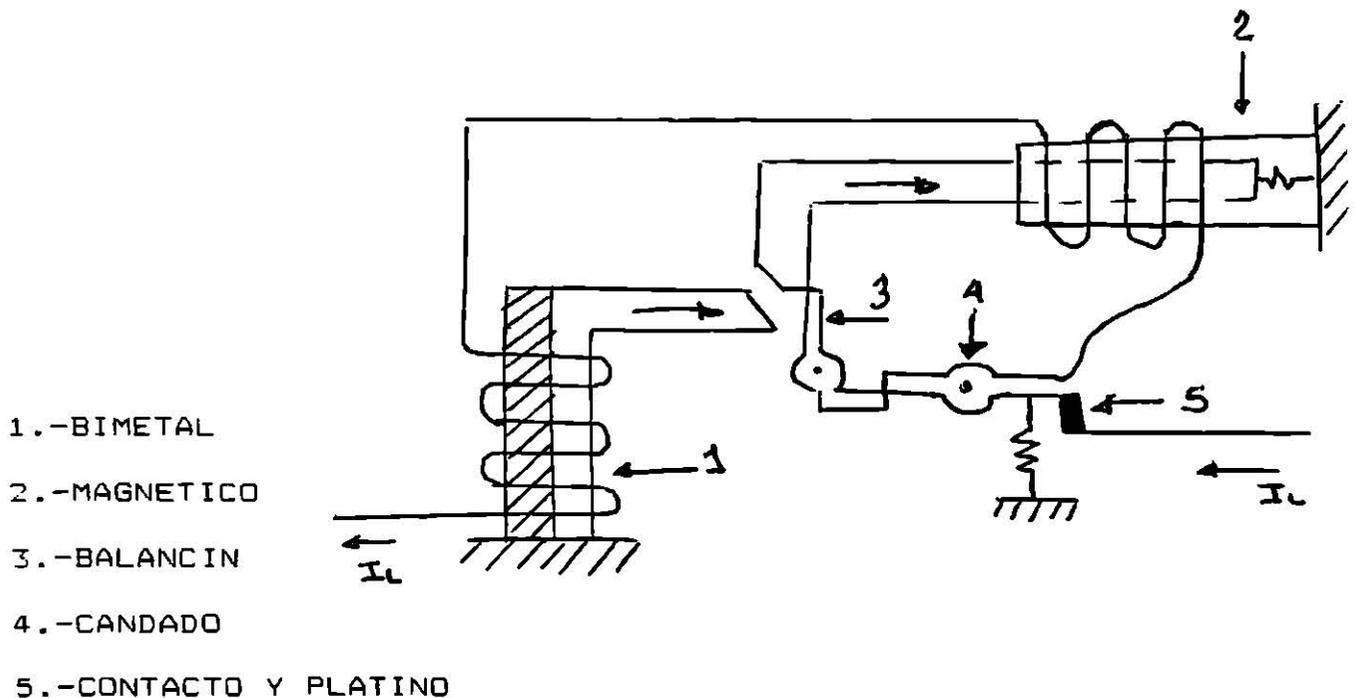
15.- INSPECCION PREVIA AL EMBARQUE.- Consiste en la comprobacion de la presion de nitrogeno, contenido de oxigeno, hermeticidad, megger de embarque y humedad residual.

IV.2 EL INTERRUPTOR

El interruptor es un dispositivo destinado al cierre y apertura de la continuidad de un circuito electrico bajo carga, en condiciones normales de operacion, asi como, y esta es su funcion principal, bajo condiciones de corto circuito. Cuando el interruptor realiza la apertura o cierre de un circuito electrico bajo carga (corriente nominal) o bajo condiciones de falla del circuito o sistema (corriente de cortocircuito) recibe el nombre de "interruptor de potencia" o "disyuntor".

El interruptor es considerado junto con el transformador, el dispositivo mas importante de una subestacion. Su comportamiento determina el nivel de confiabilidad que se pueda tener de un sistema electrico ya sea de distribucion o de potencia. El interruptor debe ser capaz de interrumpir corrientes electricas de intensidades y f.p. diferentes pasando desde las corrientes capacitivas de varios cientos de amperes a las inductivas de varias decenas de kiloamperes (cortocircuito).

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO



El interruptor puede considerarse formado por tres partes principales que son:

PARTE ACTIVA: Constituida por las camaras de extincion que soportan los contactos fijos y el mecanismo de operacion que soporta los contactos moviles.

PARTE PASIVA: Formada por una estructura que soporta uno o tres depositos de aceite, si el interruptor es de aceite, en los que se aloja la parte activa.

ACCESORIOS: En esta parte se consideran incluidas las siguientes partes:

- a) Boquillas terminales, que a veces incluyen transformadores de corriente.
- b) Valvulas de llenado, descarga y muestreo del fluido aislantes.
- c) Conectores de tierra.
- d) Placa de datos.
- e) Gabinete que contiene los dispositivos de control, proteccion, medicion, accesorios como: compresora, resorte, bobinas de recierre o de disparo, calefaccion,, etc.

IV.2.1 PARAMETROS DE LOS INTERRUPTORES.

A continuación se dará una breve definición de los parámetros que hay que considerar en un interruptor.

- a) TENSION NOMINAL. Es el valor eficaz de la tensión entre fases del sistema en el que se instala el interruptor.
- b) TENSION MAXIMA. Es el valor máximo de la tensión para la cual está diseñado el interruptor y representa el límite superior de la tensión, al cual debe operar según normas.
- c) CORRIENTE NOMINAL. Es el valor eficaz de la corriente normal máxima que puede circular continuamente a través del interruptor sin exceder los límites recomendados de elevación de temperatura.
- d) CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO INICIAL. Es el valor pico de la primera semionda de corriente, comprendida en ella la corriente transitoria
- e) CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO. Es el valor eficaz de la corriente máxima de cortocircuito que pueden abrir las cámaras de extinción de arco. Las unidades son kiloamperes aunque comúnmente son más de c.c.
- f) TENSION DE RESTABLECIMIENTO. Es el valor eficaz de la tensión máxima de la primera semionda de la componente alterna, que aparece entre los contactos del interruptor después de la extinción de la corriente.
- g) RESISTENCIA DE CONTACTO. Cuando una cámara de arqueo se cierra, se produce un contacto metálico, en una área muy pequeña formada por tres puntos, que es lo que en geometría determina un plano.
- h) CAMARAS DE EXTINCION. Es la parte primordial de cualquier interruptor eléctrico, en donde al abrir los contactos se transforma en calor la energía que circula por el circuito de que se trate. Dichas cámaras deben soportar los esfuerzos electrodinámicos de las corrientes cortocircuito, así como los esfuerzos dieléctricos, que aparecen al producirse la desconexión de bancos de reactores, transformadores y capacitores.

IV.2.2 TIPOS DE INTERRUPTORES.

Los interruptores se clasifican de acuerdo con los elementos - que intervienen en la apertura del arco de las camaras de extincion y - que pueden dividirse en los siguientes grupos, y estan ordenados conforme a su aparicion historica:

- 1.- GRAN VOLUMEN DE ACEITE.
- 2.- PEQUENO VOLUMEN DE ACEITE.
- 3.- NEUMATICOS (AIRE COMPRIMIDO).
- 4.- HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF6).
- 5.- VACIO.
- 6.-TERMOMAGNETICOS
- 7.-ELECTROMAGNETICOS

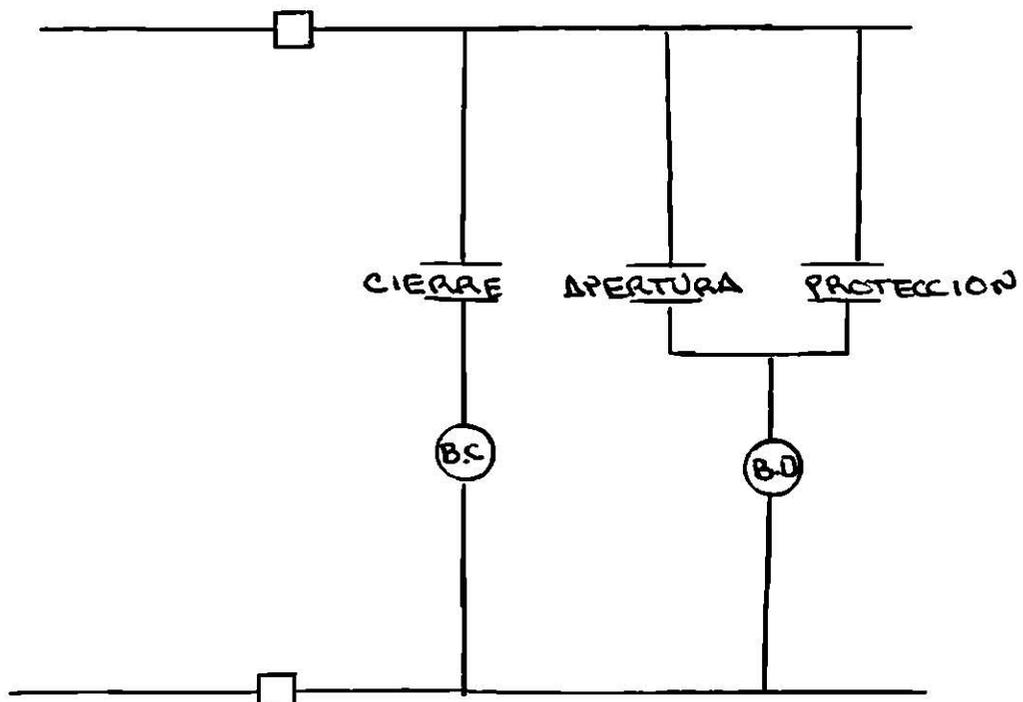
TIPOS DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICO:

- 1.-INTERRUPTOR EN CAJA MOLDEADA
- 2.-INTERRUPTOR DE AJUSTE INSTANTANEO
- 3.-INTERRUPTOR NO AUTOMATICO NO AUTOPROTEGIDO
- 4.-TIPO ENCHUFABLE SIN PROTECCION DE C.C.
- 5.-CON PROTECCION DE FALLAS A TIERRA
- 6.-TIPO ENCHUFABLE CON PROTECCION DE C.C.
(I-LINE)
- 7.-INTERRUPTOR DE PEDAL
- 8.-INTERRUPTOR DE NSEGURIDAD
- 9.-INTERRUPTORES DE PRESION

IV.3 EL RESTAURADOR.

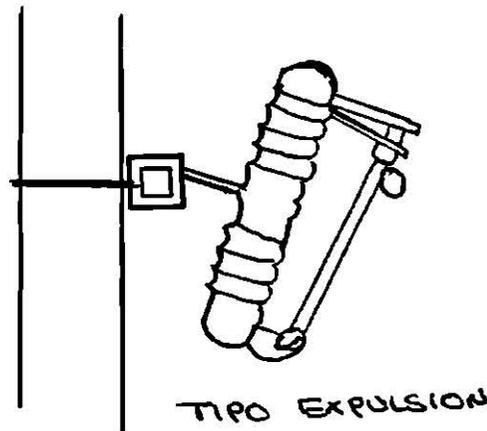
En algunos sistemas de distribución, además de la protección de los equipos eléctricos, se tiene el problema de dar "continuidad" al suministro de energía eléctrica, entonces la protección que se planea se realiza tomando en cuenta los dos factores mencionados. El restaurador se diseña para satisfacer dicha necesidad y no es más que un interruptor de operación automática que no requiere de accionamiento manual para sus operaciones de cierre y apertura (la operación manual se refiere al mando por control remoto), es decir construido de tal manera que un disparo o un cierre está calibrado de antemano y opera bajo una secuencia lógica predeterminada y constituye un interruptor de operación automática con características de apertura y cierre regulables de acuerdo con las necesidades de la red de distribución que se va a proteger.

El restaurador es en sí un interruptor en aceite con sus tres contactos dentro de un mismo tanque y opera en capacidades interruptivas relativamente bajas y con tensiones no muy elevadas construido así para funcionar con tres operaciones de recierre y cuatro de aperturas, con un intervalo entre cada una de las operaciones calibrado de antemano.



IV.4 CUCHILLAS

Las cuchillas son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalacion electrica, para efectuar manio-
bras de operacion o bien para darles mantenimiento. Las cuchilla pueden
abrir circuitos bajo tension nominal pero nunca cuando este fluyendo --
corriente a traves de ellas. Antes de abir un juego de cuchillas debera
abrirse primero el interruptor correspondiente.



La diferencia entre las cuchillas y un interruptor, considerando
que los dos abren o cierran circuitos, es que las cuchillas no pueden -
abrir circuitos con corriente y el interruptor si puede abrir cualquier
tipo de corriente, desde el valor nominal hasta el valor de cortocircu-
ito, en pocas palabras la diferencia se establece por la "capacidad in-
terruptiva" que posee el interruptor y que la cuchilla no la tiene.

existen diferentes tipos de cuchillas como axcontinuacion se descr
ben:

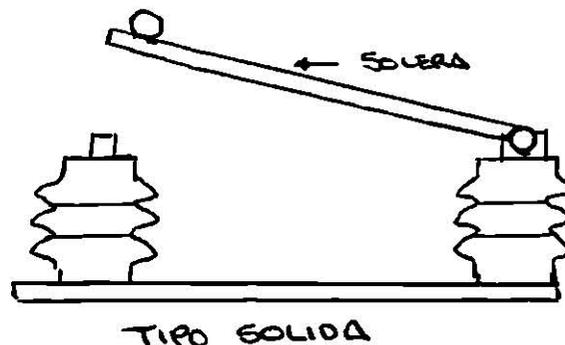
- 1.-cuchillas SOLIDAS se construyen desde 200a en 4600v hasta 1200
amps en 34500v o voltajes mas elevados
- 2.-operacion en grupo este tipo de cuchillas normalmente se utili-
zan para el switcheo de circuitos los cuales se operan con car-
ga incluyendo camaras de arqueo

IV.4.1 CUCHILLA FUSIBLE.

La cuchilla fusible es el medio de desconexión el cual se tiene un a una protección interior a el que se le llama listón fusible el cual se selecciona por la corriente nominal en el primario. Dicho elemento se encuentra dentro de un cartucho de conexión y desconexión. El listón elemento fusible se selecciona de acuerdo con el valor de la corriente nominal que va a circular por el, y los fabricantes proporcionan el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal. Los fusibles representan un medio de protección eléctrica de una red que hacen las veces de un interruptor, siendo más económicos que estos. La función de los fusibles es la de interrumpir circuitos cuando se produce en ellos una sobrecorriente, y soportar la tensión transitoria de recuperación que se produce posteriormente.

De acuerdo a su capacidad de ruptura, lugar de instalación y costo, pueden utilizarse diferentes tipos de fusibles, entre los más conocidos se pueden mencionar los siguientes:

- 1.- EXPULSION.
2. LIMITADOR DE CORRIENTE.
3. VACIO.



IV.5 EL APARTARRAYOS.

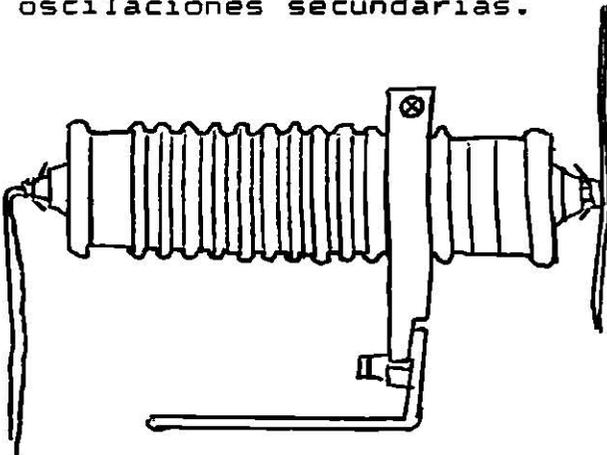
Los apartarrayos son unos dispositivos electricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosfericas, operacion de interruptores o desbalanceo de sistemas. teniendo las-- características principales de Comportarse como un aislador mientras la tension aplicada no exceda de cierto valor predeterminado, convertirse en conductor al alcanzar la tension ese valor y conducir a tierra toda la onda de sobrecorriente producida por la onda de sobretension. Una vez que desaparece la sobretension y se reestablece la tension normal, el dispositivo de sobrtension debe ser capaz de interrumpir la corriente, estas características se logran con el dispositivo denominado "apartarrayos".teniendo las siguientes funciones.

- 1.- Descargar las sobretensiones cuando su magnitud llega al valor de la tension disruptiva de diseno.
- 2.- Conducir a tierra las corrientes de descarga producida por sobretensiones.
- 3.- Debe desaparecer la corriente de descarga al desaparecer la sobretension.
- 4.- No deben de operar con sobretensiones temporales, de baja frecuencia.
- 5.- La tension residual debe ser menor que la tension que resisten los aparatos a los cuales protege.

Los apartarrayos se pueden clasificar segun su principio general de operacion, y que son:

1. APARTARRAYOS TIPO AUTOVALVULAR. Este tipo de apartarrayos es de los llamados tambien de tipo convencional y esta constituido por una serie de resistencias no lineales de carburo de silicio, practicamente sin inductancia presentadas como pequenos cilindros de material prensado.

Las resistencias no lineales son unos pequenos cilindros formados por pequenas particulas de carburo de silicio. Dichos cilindros tienen la propiedad de disminuir su resistencia en presencia de sobretensiones y de aumentarla a un valor practicamente infinito al regresar la tension a su valor nominal. Esto convierte al apartarrayos en una valvula de seguridad para las altas tensiones, que funciona en el momento necesario, evitando la persistencia de la corriente de cortocircuito sin que se produzcan las oscilaciones secundarias.

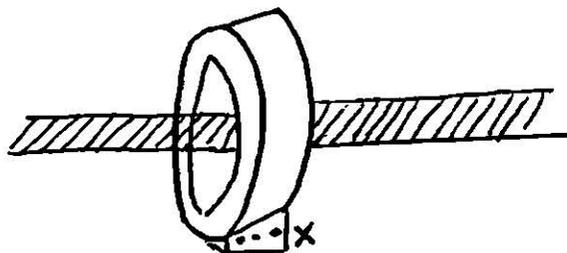


2. APARTARRAYOS DE OXIDOS METALICOS. Este tipo de apartarrayos esta basado en la curva de tensioncorriente de las resistencias y es menos lineal que la del caso de carburo de silicio, conduce cuando la tension es superior a la tension maxima de referencia y cierra la conduccion -- cuando la tension regresa a su valor normal. Estan consituidos por varias piezas de resistencia no-lineal, de oxidos de zinc, apiladas dentro de una columna hueca de porcelana, sin entrehierros. En la parte superior de la porcelana tienen una placa relevadora de presion que, en caso de una sobrepresion interna, se rompe y permite escapar los gases hacia arriba sin producir danos laterales.

IV.6 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS

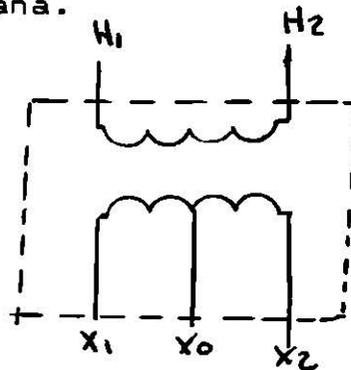
Los transformadores de instrumentos son unos aparatos electromagnéticos cuya función principal es la de reducir a escala las magnitudes de tensión y corriente que se utilizan para la protección y medición de los diferentes circuitos de una subestación, o sistema eléctrico normalmente son utilizados para subestaciones cuya carga sea mayor a 60 kw medido en baja tensión (tc' tipo dona) y en subestaciones con medición en alta tensión. haciéndose con el objetivo de disminuir el peligro de las altas tensiones en los tableros de control y protección, se dispone de los aparatos llamados transformadores de corriente (TC'S) y transformadores de potencial (TP'S), que representan a escalas muy reducidas las grandes magnitudes de corriente y de tensión respectivamente. Por lo general dichos transformadores se diseñan y construyen con sus secundarios. para corrientes de 5 amperes y tensiones de 120 volts.

- 1.- TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO DONA. Estos transformadores se conectan pasando por el interior de tc' generando una inducción magnética la cual se transfiere en el secundario



- 2.- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE EN ALTA TENSION. este transformador se conecta en serie con la línea alimentadora siendo un transformador monofásico teniendo un defasamiento normal de 60° en adelante transformando la corriente y aislando los circuitos sec de el alta tensión.

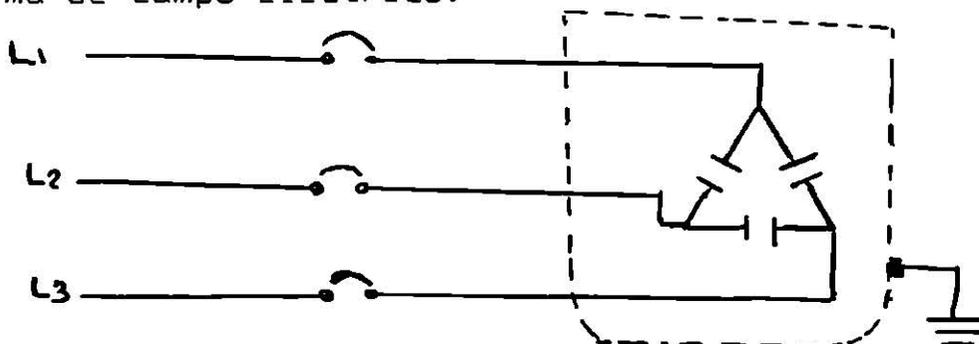
2.- TRANSFORMADORES DE POTENCIAL. Son aparatos en que la tension secundaria bajo condiciones normales de operacion, es proporcional a la tension primaria, ligeramente desfasada. Tambien desarrolla las dos funciones: transformar la tension y aislar los instrumentos de proteccion y medicion conectados a los circuitos de alta tension. El primario se conecta en paralelo con el circuito a controlar y el secundario se conecta tambien en paralelo con las bobinas de tension de los diferentes aparatos de medicion y proteccion que requieran ser energizados. Estos transformadores se fabrican para servicio interior o exterior, y al igual que los de corriente, se fabrican con aislamientos de resinas sinteticas para tensiones bajas o medias, mientras que para las altas tensiones se emplean aislamientos de papel, aceite y porcelana.



3.-AUTOTRANSFORMADOR DEFASADOR.- este aparato tiene una relacion de 1:1 cuya funcion es la de defassar los voltajes y corrientes de una medicion en alta tension un angulo de defasamiento de 60° uno de el otro para que el sistema de medicion completamente balanceado.

IV.7 CAPACITORES.

Los capacitores o condensadores son dispositivos electricos que estan diseñados para la correccion de el angulo de defasamiento entre la potencia activa y la potencia reactiva ademas esto ayuda en diferentes cosas como la ahorrarle a el usuario una penalizacionb por bajo factor potencio y estos estan formados por dos laminas o placas paralelas conductoras, separadas por una lamina dielectrica y que al aplicar una diferencia de tension tienen la capacidad de almacenar energia electrcia en forma de campo electrico.



En las instalaciones industriales y de potencia, los capacitores se instalan en grupos llamados "bancos de capacitores". El uso de -- bancos de capacitores con el objeto de mejorar el factor de potencia de la energia electrica demandada en plantas industriales es una aplicaci-- on plenamente probada compensando la energia reactiva requerida por motores, transformadores, balastras etc. mejorando el factor de potencia.

Los bancos de capacitores se deben de localizar de manera que proporcionen el mayor beneficio posible. Los puntos de conexi-- on de los bancos de capacitores en el sistema electrico de una planta industrial pueden ser:

- 1.- En las terminales de los motores.
- 2.- En las barras de baja tension de la subestacion.
- 3.- En las barras de alta tension de la subestacion.

IV.8 RED DE TIERRAS.

Uno de los aspectos tambien importantes para la proteccion contra sobretensiones en las subestaciones es la de disponer de una red de tierra adecuada, a la que se conectan los neutros de los aparatos, los apartarrayos los hilos o cables de guarda, las estructuras metalicas, los tanques de los aparatos y aquellas otras partes metalicas que deban estar al potencial de tierra cuya necesidad es tener un sistema de tierras haciendose con la finalidad de cumplir con las siguientes funciones:

- a) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia, para la circulacion de las corrientes de tierra, ya sea que se deban a una falla de cortocircuito o a la operacion de un apartarrayos.
- b) Evitar que, durante la circulacion de estas corrientes de tierra puedan producirse diferencias de potencial entre distintos punto de la subestacion
- c) Facilitar mediante sistemas de relevadores, la eliminacion de fallas a tierra en los sistemas electricos.
- d) Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio electrico.

IV.8.1 DISPOSICIONES BASICAS DE LAS REDES DE TIERRA.

Basicamente se consideran tres tipos de disposiciones de redes de tierra:

- a) Sistema radial
- b) Sistema de anillo
- c) Sistema de red.

El sistema radial es el mas barato, pero el menos satisfactorio ya que al producirse una falla en un aparato, se producen grandes gradientes de potencial. Este sistema consiste en uno o varios electrodos a los cuales se conectan las derivaciones a cada aparato.

El sistema de anillo se obtiene, como su nombre lo indica, un cable de cobre de suficiente calibre (aprox 1000MCM) en forma de anillo, alrededor de la superficie ocupada por la subestacion y conectando derivaciones a cada aparato, mediante un cable mas delgado (500 MCM o 4/0 AWG). Este sistema es economico y eficiente y en el se eliminan las grandes distancias de descarga a tierra del sistema radial. Los potenciales peligrosos disminuyen al dispersarse la corriente de falla por varios caminos en paralelo.

El sistema de red es el mas empleado actualmente en nuestro sistema electrico y consiste, como su nombre lo indica, en una malla formada por cable de cobre (aprox. 4/0 AWG) conectada a traves de electrodos de varillas de copperweld a partes mas profundas para buscar para buscar zonas de menor resistividad. Este sistema es de los mas eficientes, pero tambien es el mas costoso de los tres tipos.

IV.8.2 ELEMENTOS DE LA RED DE TIERRA

Los elementos que generalmente conforman un red de tierra son los siguientes:

1.- CONDUCTORES. Los conductores utilizados en los sistemas de tierra son de cable de cobre de calibres superiores al 4/0 AWG dependiendo del sistema que se utilice. ya que electricamente pueden usarse -- cables de cobre hasta No. 2 AWG. Para sistemas de anillo se ha empleado cable de cobre de 1000 MCM y en cambio para el sistema de malla se esta usando en la actualidad cable de cobre de 4/0 AWG. Se utiliza el cobre por su mejor conductividad, tanto electrica como termica y sobre todo, por ser resistente a la corrosion debido a que es catodico respecto a otros materiales que pudieran estar enterrados cerca de el.

- 2.- ELECTRODOS. Los electrodos son varillas que se clavan en terrenos mas o menos blandos(tipo 1) y que sirven para encontrar zonas mas humedas, y por lo tanto con menor resistividad electrica. Los electrodos pueden fabricarse con tubos o varillas de fierro galvanizado o bien con varillas de copperweld., en cambio, las varillas de acero tipo copperweld consistentes en una varilla de fierro a la cual se le adhiere una lamina de cobre la cual va desde 3 milésimas de , cobre hasta 15 milésimas dependiendo de la corrosion del terreno en los casos dlonde el terreno sea duro o smiduro no es recomendable - instalar varillas ya que seria un gasto inutil por lo que se recomendaria otro tipo de sistema.
- 3.- ELECTRODOS PARA APARTARRAYOS. este tipo de varilla se le llaman punta depararrayos Son los electrodos que instalan sobre la parte mas elevada de las estructura de la subestacion y que complementan la red de cables de guarda que se extiende sobre los copetes de las estructuras de la subestacion para protegerla de posibles descargas directas de los rayos.
- 4.- CONECTORES . Son los elementos que se utilizan para unir a la red de tierras todos los electrodos enterrados, las estructuras metálicas, los neutros de los transformadores, las puestas a tierra de todos los equipos, puntas para pararrayos etc. Los tipos de conectores empleados en los sistemas de tierra son principalmente tres: conectores atornillables tipo zapatas, conectores bipartidos, y derivados conectores a compresion hidrâhulica y conectores soldables tipo Cadweld. Teniendo como caracteristica principal soportar toda la corriente de la red de tierra en forma continua y variable.

5.- MOLDES PARA CONECCION SOLDABLE . Este tipo de accesorio sirve para moldear las cargas soldables número 90 y 115 siendo estos de grafito puro para soportar las altas temperaturas al momento de la conexión . Existiendo los siguientes tipos :

- a) Molde tipo T sirve para derivar todos las puestas a tierra - de el sistema.
- b) Molde tipo X sirve para cerrar las mallas siendo normalmente del mismo calibre.
- c) Molde para conexión de varilla a cable . sirve para unir las varillas cooperwell al cable cal. 4/0 .

- 35 -

- d) Molde para conexión de cable a estructuras metálicas . sirve - ra poner a tierra todas las estructuras metálicas.

IV.9 REACTORES.

Los reactores son dispositivos que consisten en una serie de bobinas que se emplean para limitar las corrientes de cortocircuito y así disminuir en esta forma la capacidad interruptiva de un interruptor y por lo tanto su costo, también se emplean los reactores en la corrección del factor de potencia de las líneas de transmisión de potencia cuando circulan corrientes de carga muy bajas, conectándose los reactores en derivación.

Para el caso de las subestaciones, los reactores se conectan en el neutro de bancos de transformadores, para limitar la corriente de cortocircuito a tierra. En algunas ocasiones se conectan en serie con cada una de la tres fases de un transformador, para limitar la corriente de cortocircuito trifásica.

Se pueden clasificar los reactores de acuerdo a su capacidad y que pueden ser:

- 1.- TIPO SECO. Para potencias reactivas pequeñas.
- 2.- TIPO SUMERGIDO EN ACEITE. Para potencias elevadas, en el que tienen un núcleo y requieren estar encerrados en un tanque de lámina, en el que las terminales salen a través de unas boquillas de porcelana y en algunas ocasiones requieren de sistemas de eliminación del calor generado por las pérdidas internas del aparato. De hecho este tipo de reactores pueden semejarse a un transformador tanto por su forma como por su tamaño.

IV.10 TABLEROS ELECTRICOS.

El término de tableros eléctricos es aplicable tanto a los llamados de pared como a los tableros de piso, existiendo los diferentes tipos de alumbrado, de fuerza, de control, y de distribución existiendo para soportar corrientes desde 60 Amperios hasta 1200, 2000 etc., alojando en su interior todos los interruptores derivados para la distribución de circuitos en un sistema eléctrico.

El sistema más empleado para encerrar los aparatos eléctricos en el campo de la baja tensión es el de montarlos dentro de tableros eléctricos cerrados, que están hechos con perfiles y láminas metálicas.

Estos tableros se encuentran disponibles para cubrir las exigencias de una distribución normal de las instalaciones y de la protección, así como el control de motores y la distribución de la potencia.

También se tienen los denominados centro de control de motores con los tableros de control de potencia.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES. Es un tablero que se utiliza para alimentar los componentes del alimentador de los motores y sus circuitos derivados. Están constituidos de estructura metálica normalizada cal 14 con compartimientos en el que se colocan los dispositivos de mando y control de motores. Cada compartimiento o panel contiene por lo general un interruptor automático que constituye un órgano seccionador y de protección para la corriente de corto-circuito, estaciones de botones a control remoto, un sistema de barras generales de distribución, cuchillas o un interruptor general a la entrada.

V.- EL CORTOCIRCUITO EN LA SUBESTACION.

En el diseño de una subestación eléctrica es muy importante tener presente las fallas originadas por cortocircuito y es muy importante seleccionar los equipos de protección en base a este fenómeno para el es muy imprescindible un estudio y cálculo de las magnitudes de las corrientes de cortocircuito que se pueden presentar en el sistema o instalación debido a fallas del mismo por diferentes causas presentándose en cualquier punto o lugar del sistema eléctrico de la subestación, y requiriéndose que los elementos de protección operen para abrir el circuito, de lo contrario el equipo y los aparatos de la instalación, ya sea cables, transformadores, motores, máquinas, alumbrado, tableros y demás, se someterían a altos esfuerzos mecánicos y térmicos debido a que circulan magnitudes grandes de corrientes siendo de dos tipos:

- 1.- SIMETRICA. Es el valor eficaz de la componente de corriente alterna en el momento de la separación de los contactos del interruptor. Esta se origina cuando al pasar la onda de tensión por su valor máximo se inicia el cortocircuito.
- 2.- ASIMETRICA. Es el valor total de la corriente de cortocircuito, que ocurre en el instante en que se separan los contactos del interruptor, y que comprende en cada instante, la suma de dos términos: el de corriente directa, que decrece exponencialmente y el de corriente alterna que se mantiene constante respecto al tiempo. La corriente asimétrica se origina cuando al inicio del cortocircuito la onda de la tensión pasa por el valor de cero.

V.1 EL CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

El calculo de las corrientes de cortocircuito se puede hacer mediante metodos matematico tales como el metodo sistema por unidad Los calculos de las corrientes de cortocircuito con fines practicos para instalaciones de tipo individual, se pueden hacer por metodos aproximados simples, en el que los valores obtenidos dan un idea de las magnitudes de corriente que se pueden presentar en caso de falla.

Ahora para el calculo de las corrientes de cortocircuito simetrica el punto de partida es el de determinar la impedancia equivalente del circuito mas alla del punto donde se presenta la falla.

Para determinar dicha impedancia es preciso conocer las impedancias de todos lo elementos que intervienen en la instalacion y que contribuyen a las corrientes de cortocircuito.

A continuacion se indica la forma de calcular la impedancia de cada uno de los elementos:

A) IMPEDANCIA DE LA RED DE ALIMENTACION. La caracteristica de la red se proporciona al usuario como un valor de potencia de cortocircuito (Pcc) expresada en MVA, el valor de la corriente de cortocircuito se obtendra por lo tanto como:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{3 \times V}$$

El valor de la impedancia de la red de alimentacion se obtiene como sigue:

$$Z_s = \frac{V^2}{P_{cc}} \quad (\text{ohms})$$

B) GENERADORES Y MOTORES SINCRONOS. Por lo general la impedancia de estas maquinas esta constituida principalmente por la reactancia ya --que la resistencia puede despreciarse sin cometer un error apreciable. La relacion entre la resistencia y la reactancia en la mayor parte de los casos esta entre 0.02 y 0.04 ohms. Los valores de reactancia estan por lo general expresadas en porciento. Para obtener el valor en ohms de la reactancia por fase se puede emplear la siguiente formula:

$$X'd = \frac{X'd(\%) \times V_n^2}{P_n \times 100} \quad \text{ohms/fase}$$

en donde:

- V_n = Tension nominal del generador. (kV)
- P_n = Potencia nominal del generador.(MVA)
- X'd = Reactancia transitoria del generador. (ohms/fase)
- X'd(%) = Reactancia transitoria del generador en porciento.

C) MOTORES DE INDUCCION. Para el caso de los motores de induccion se puede despreciar la resistencia de manera que la impedancia se toma unicamente como la reactancia del motor. La accion de los motores de induccion, durante el cortocircuito, se amortigua rapidamente, tanto, que el valor de la corriente de cortocircuito permanente se puede considerar como cero La reactancia de cortocircuito de un motor de induccion se puede calcular de acuerdo con la siguiente formula:

$$X_m = \frac{V_n}{3 \times I_{ar}} \quad \text{O} \quad X_m(\%) = \frac{100 I_n}{I_{ar}}$$

en donde:

- I_n = Corriente nominal del motor.
- X_m = Reactancia subtransitoria del motor (el mismo valor para X'd) en ohms/fase.
- V_n = Voltaje nominal del motor
- I_{ar} = Corriente de arranque del motor.

D) TRANSFORMADORES. La impedancia de los transformadores por lo general es proporcionada por los datos de placa del mismo transformador y esta expresada en porcentaje. Pero también se puede calcular considerando su resistencia y reactancia, ya que en la práctica no siempre se puede despreciar su resistencia con respecto a su reactancia. Esto es válido para transformadores con impedancias mayores del 6%, sin embargo estos parámetros se pueden calcular de la siguiente forma:

$$R_t = R_r \times V_n^2 / (100 P_n)$$

$$X_t = X_r \times V_n^2 / (100 P_n)$$

en donde:

R_t = Resistencia equivalente de cortocircuito del transformador en ohms/fase
 X_t = Reactancia equivalente de cortocircuito del transformador en ohms/fase
 R_r = Porcentaje de caída de tensión por
 resistencia (resistencia en porcentaje)
 X_r = Porcentaje de caída de tensión por
 reactancia (reactancia en porcentaje)
 V_n = Tensión nominal del transformador en kV
 P_n = Potencia nominal del transformador en KVA

E) CABLES DE POTENCIA. Los valores de resistencia y reactancia de los diferentes tipos de cables se pueden obtener de los catálogos de los diferentes fabricantes, en este caso, a diferencia de las líneas aéreas de cables desnudos, la resistencia no se puede despreciar debido a que su valor prevalece sobre la reactancia para el cálculo de la impedancia. La resistencia depende del material y de la sección de los conductores y se calcula con la siguiente expresión:

$$R = \frac{L}{A}$$

en donde:

- R = Resistencia del cable en ohms/fase
= Resistividad del material conductor en ohms-mm/Km
- L = Longitud del conductor
- A = Area del conductor en mm

En el caso de los cables de unipolares la reactancia depende del espesor del aislamiento, de la presencia de la armadura metalica y del sistema de instalacion.

$$X = \omega L - (1/\omega C)$$

en donde:

- X = Reactancia del cable en ohms/fase
- $\omega = 2 \pi f$. f = frecuencia del sistema en Hertz.
En Mexico es de 60
- L = Inductancia en Henry
- C = Capacitancia en farads.

En la mayoria de los caso la capacitancia es despreciable para los calculos de cortocircuito. En una primera aproximacion, y a reserva de obtener los valores de reactancia de tablas caracteristicas de cables, se puede tomar una reactancia de $X = 0.1$ ohms/km.

V.2 SISTEMA DE "POR UNIDAD" PARA EXPRESAR IMPEDANCIAS

Para fines practicos de calculo de las corrientes de cortocircuito es comun expresar los valores de las impedancias de los elementos ya se sea en ohms, en porciento, o en "por unidad" sobre un valor base elegido.

El sistema de "por unidad" o "p.u." es generalmente el mas apropiado cuando en el circuito existen diferentes niveles de voltaje.

En general se tiene que:

$$\text{Valor en por-unidad} = \frac{\text{un numero}}{\text{un numero base}}$$

El numero base es tambien llamado valor unidad ya que en el sistema de "por unidad" tiene un valor unitario. Asi, un voltaje base es tambien llamado voltaje unidad.

El simbolo utilizado para expresar valores en "por unidad" es (0/1), o tambien la abreviatura "p.u." como subindice de la magnitud en cuestion, por ejemplo $X_{pu} = X(0/1)$.

Para determinar el valor en "por-unidad" de un valor en porciento -- dado, se divide este ultimo valor por 100. Asi, un transformador con un impedancia de 6% tiene una impeancia en "por unidad" de 0.06.

$$Z_{pu} = \text{Ohms (0/1)} = \frac{\text{Ohms(\%)}}{100} = \frac{Z(\%)}{100}$$

En un sistema por-unidad usado para expresar magnitudes electricas de voltaje, corriente, e impedancia (reactancia), se selecciona un voltaje base y unos KVA base, con lo cual quedan definidas los valores base de la corriente y de la impedancia (ohms) segun se indica.

Para sistemas monofasicos:

Se usa el subindice B para los valores base.

$$I_B = \text{Amperes}_B = \frac{\text{KVA}_B}{\text{KV}_B} = \frac{\text{KVA} \times 1000}{V_B}$$

$$Z_B = \text{Ohms}_B = \frac{V_B}{I_B} = \frac{V_B^2}{\text{KVA}_B \times 1000} = \frac{(\text{KV})^2 \times 1000}{\text{KVA}_B}$$

por lo tanto se tiene que:

$$Z_{pu} = \text{Ohms}(0/1) = \frac{\text{Ohms}}{\text{Ohms}_B} = \frac{\text{Ohms} \times \text{KVA}_B}{(\text{KV})^2 \times 1000}$$

en donde KVA_B son los KVA monofasicos y los KV_B es el voltaje de linea a neutro

Para sistemas trifasicos:

$$I_B = \frac{\text{KVA}_B \times 1000}{3 \text{ V}_B} = \frac{\text{KVA}_B}{3 \text{ KV}_B}$$

$$Z_{pu} = \text{Ohms}_B \frac{\text{V}_B}{3 I_B} = \frac{\text{V}_B^2}{\text{KVA}_B \times 1000} = \frac{(\text{KV})^2 \times 1000}{\text{KVA}_B}$$

por lo tanto se tiene que:

$$Z_{pu} = \text{Ohms}(0/1) = \frac{\text{Ohms}}{\text{Ohms}_B} = \frac{\text{Ohms} \times \text{KVA}_B}{(\text{KV})^2 \times 1000}$$

En donde los KVA_B son los KVA trifasicos, los KV_B es el voltaje de linea a linea y los ohms base son por fase.

Una vez elegidos los valores base (V y KVA), se puede proceder a convertir lo valores ohmicos de las reactivas de cables, alambres y otros elementos o valores en por-unidad, utilizando las formulas anteriores.

Las reactancias de los transformadores, generadores, motores, etc., se dan normalmente en por ciento y con base en su propia capacidad en KVA. Por ello deben convertirse a los KVA base seleccionados, segun la siguiente formul

$$X_{pu} \text{ (en KVA } B) = X_{pu} \text{ (en KVA particular)} \times \frac{\text{KVA } B}{\text{KVA (part.)}}$$

Para la conversion a valores "pu" de la reactancia del sistema de la compania suministradora se tiene que:

a) Si se conoce el valor de cortocircuito en KVA del sistema.

$$X_{pu} \text{ del sistema} = \frac{\text{KVA seleccionada}}{\text{KVA de cortocircuito del sistema sum.}}$$

b) Si se conoce el valor de cortocircuito del sistema en amperes (rms simetrico):

$$X_{pu} \text{ del sistema} = \frac{\text{KVA seleccionado}}{\text{Corriente de C.C.} \times 3 \times \text{KV}}$$

Tambien si se requiere convertir la impedancia en "pu" a una nueva base de voltaje se puede emplear la siguiente relacion:

$$Z_{pu} \text{ Base 2} = Z_{pu} \text{ Base 1} \times \frac{\text{KV } B1^2}{\text{KV } B2^2}$$

Para calcular la corriente (o potencia) de cortocircuito se pueden emplear las siguientes relaciones:

$$\text{Cortocircuito simetrico en KVA} = \frac{\text{KVA Base}}{X_{pu}}$$

$$\text{Cortocircuito simétrico en amperes} = \frac{\text{KVA Base}}{\sqrt{3} X_{pu} \text{ KV}_B} = \frac{I_B}{X_{pu}}$$

en donde :

X_{pu} es la reactancia equivalente entre la fuente o fuentes y el punto de falla y kv son los kilovolts de línea a línea

EJEMPLO DE DISEÑO DE UNA SUBESTACION ELECTRICA.

CALCULO ELECTRICO DE UNA SUBESTACION EN MEDIA TENSION

EN UNA PLANTA DE ASALTO SE PRETENDE AUMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCION POR LO QUE SE CALCULARA LA SUBESTACION ELECTRICA POR LO QUE TENEMOS LA SIGUIENTE CARGA:

- 1.- Contiene un motor sincrónico sobrecargado de 300 HP. con un factor de potencia de 0.85 (+). con una reactancia subtransitoria de 0.2 p.u. y una transitoria de 0.26 p.u.
- 2.- una maquina (drying drum unit) con cuatro motores de inducción de 15 HP con un f.p. de .85 (-).
- 3.- una maquina (plant frame equipment) con un motor de 5 hp., 2 motores de 7.5 hp con un f.p. de .85 (-).
- 4.- una maquina (burner sistem) tres motores de 50, 15 y 3 HP con. f.p. de .85 (-)
- 5.- una maquina (slat) con un motor de 40. con un f.p. de .85 (-).
- 6.- una maquina enfriadora de carpeta asfáltica (cold feed bin) con un motor de 3 hp y uno de 7.5 hp con un f.p. de .85 (-).
- 7.- una maquina canalizadora de asfalto y arena para un silo (tanque) con un motor de 3 hp y uno de 7.5 hp con un f.p. de .85 (-).
- 8.- una maquina mezcladora (BH520-8) con un motor de 75 hp , un motor de 15 hp, y un motor de 5 hp con un f.p. de .85 (-).
- 9.- Se tiene también un tablero de alumbrado de 100 KW con un factor de potencia de 0.9 en atraso a un voltaje de 220v ubicado fuera de la subestacion a 100 mts.

Se supondrá que dicha planta tiene un factor de demanda de 0.65 y además de que todos los motores de inducción tienen una reactancia subtransitoria de 0.25 p.u.

teniendo así las siguientes consideraciones:

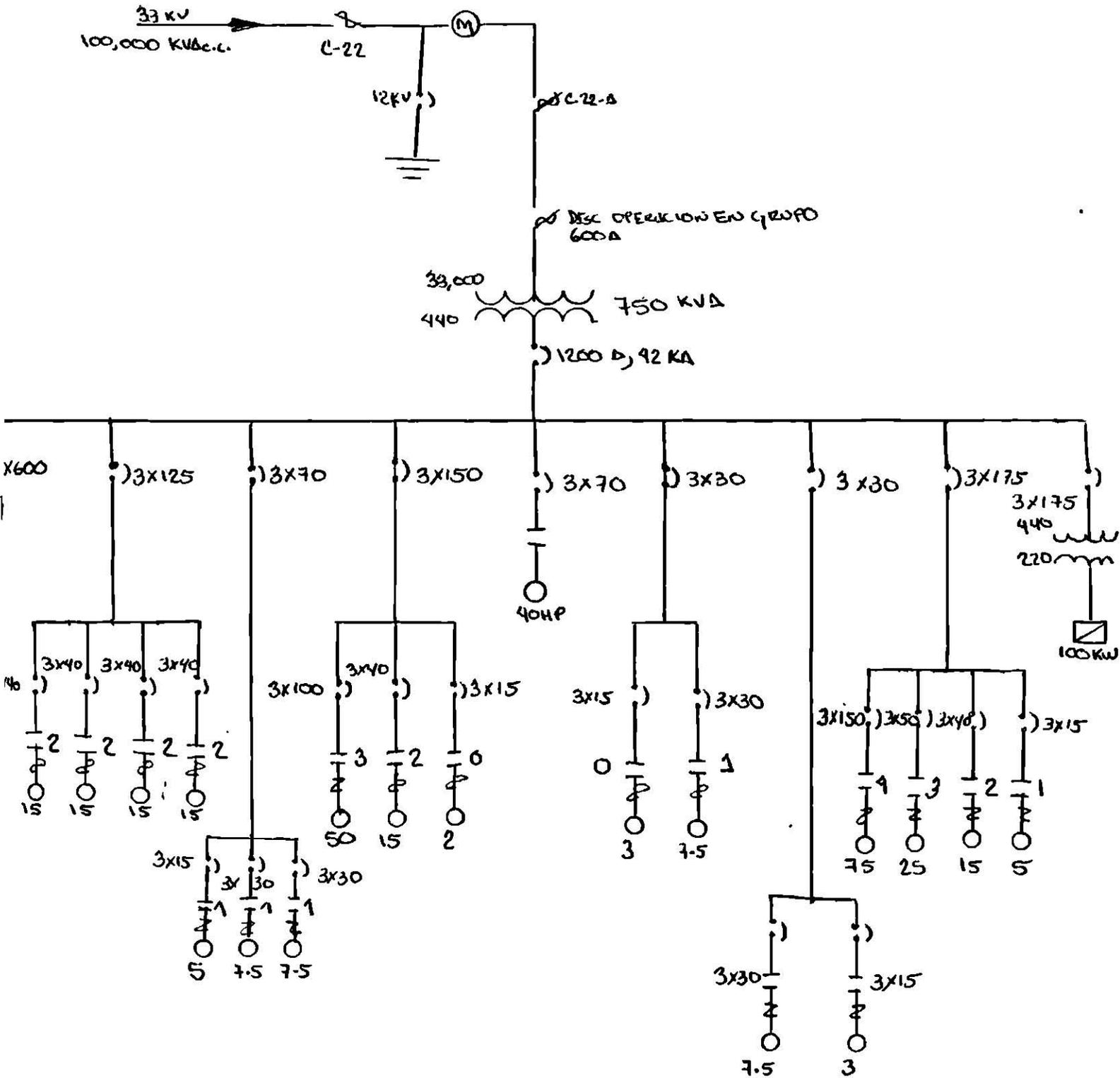
- a).- el voltaje de suministro para todos los motores es de 440 volts
- b).- el voltaje de suministro por parte de C.F.E. es 33000 volts.
- c).- el dato de corto circuito es 100,000 KVAcc
- D).- la subestacion estará localizada a 1000 mts del punto de entrega de C.F.E.

Con la información anterior se obtendrá los siguientes:

- a) diagrama unifilar
- b) la capacidad de el transformador en kVA de 13.2/.44 Kv.
- c) protección en el lado de baja tensión
- d) protección de los equipos en el lado de alta tensión
- e) cálculo y selección del equipo de motores .
- f) caída de voltaje para el tablero de alumbrado.
- g) cálculo de la capacidad del transformador de alumbrado
- h) cálculo de la corriente de cortocircuito por el método por unidad en el lado de alta tensión.
- i) cálculo de la corriente de cortocircuito por el método por unidad en el lado de la baja tensión.

A) ELABORACION DEL DIAGRAMA UNIFILAR.

Considerando la información mencionada se tiene que el diagrama unifilar queda de la siguiente forma:



b) CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR.

La forma de calcular la capacidad del transformador se efectua aplicando la suma de las cargas comenzando con los hp:

capacidad hp	cantidad	total
75	1	75
50	1	50
40	1	40
25	1	25
15	6	90
7.5	4	30
5	2	6
2	1	2

	total	328.0 hp

por lo tanto para obtener, los kilowatts es:

$$KW = .0746HP$$

$$328 \times 0.746 = \underline{224.68 \text{ KW}}$$

de donde:

$$FP = KW/KVA \quad \text{=====) } KVA = KW/FP$$

$$KVA = 224.68 / 0.85 = \underline{287.86 \text{ KVA}}$$

$$KVAR = KVA \times \text{SEN } \theta = 287.86 \times \text{SEN}(31.79) = \underline{151.90 \text{ KVAR}}$$

y para el tablero de alumbrado con fp=0.9

$$KVA = KW/FP = 100 / 0.9 = \underline{111.11 \text{ KVA}}$$

$$KVAR = KVA \text{ SEN } \theta = 111.11 \times \text{SEN}(31.79) = \underline{48.42 \text{ KVAR}}$$

y para el motor sincrono de 300 hp con fp=0.85 en adelanto

$$KW = 300HP \times 0.746 = \underline{223.8 \text{ KW}}$$

$$KVA = KW/FP = 223.8 / 0.85 = \underline{263.29 \text{ KVA}}$$

$$\text{KVAR} = \text{KVA} \text{ SENO} = 263.29 \times \text{SEN}(31.79) = 138.67 \text{ KVAR}$$

por lo tanto realizando la sumatoria

$$\text{KW} = 244.68 + 100 + 223.8 = 568.48$$

$$\text{KVA} = 287.86 + 111.11 + 263.29 = 662.26$$

$$\text{KVAR} = 151.90 + 48.42 + 138.67 = 338.99$$

$$\text{KVA}_{\text{inst}} = \sqrt{(\text{KVAR})^2 + (\text{KW})^2}$$

$$\text{KVA}_{\text{inst}} = \sqrt{(338.99)^2 + (568.48)^2}$$

$$\text{KVA}_{\text{inst}} = 661.87$$

$$\text{KVA}_{\text{trans.}} = \text{KVA}_{\text{inst.}} \times \text{FD} + 20 \text{ AL } 30\% \text{ KVA}_{\text{inst.}}$$

$$\text{KVA}_{\text{transf}} = 661.87 \times 0.6 + 661.87 \times 0.3$$

$$\text{KVA}_{\text{transf}} = 595.68 \text{ kva}$$

por lo tanto tomamos el proximo superior siendo de 750 kva tipo "oa" norma "j" con relacion de voltaje de 33000-440/ 254 v.

C).-PROTECCION POR AMPACIDAD EN EL LADO DE BAJA TENSION

$$\text{KVA} = 1.732 \times \text{V} \times \text{I}$$

$$\text{I} = \text{KVA} / 1.732 \times \text{V} = 750,000 / 1.732 \times 440\text{V} = 984.11 \text{ amps.}$$

$$\text{I} = 984.11 \times 1.25 = 1230 \text{ amps}$$

por lo que seleccionamos un interruptor termomagnético de 3 polos
1200 amps

Para determinar el conductor en el secundario considerando una
temperatura de 75°C y una temperatura ambiente de 31 a 40°C

$$I_{F/cable\ total} = \frac{1.25 (I_{tot})}{ft \times fa} = \frac{1.25 \times 984.11}{0.88 \times 1}$$

$$I_{F/cable\ total} = 1397\ \text{amps}$$

dividiendo entre 3 la corriente de línea por lo tanto sería 4 líneas
por fase de 400 mcm en una tubería de 101 mm siendo 4 tuberías; existen
otras alternativas como instalar los cables por un ducto cuadrado o un
electroducto con barras de 1400 amps

D) CALCULO DE LA PROTECCION EN ALTA TENSION (CUCHILLA FUSIBLE).

Para el cálculo de la protección en alta tensión es necesario
obtener la corriente nominal en alta tensión y multiplicar esta
corriente por el 200%, las fórmulas a aplicar son las siguientes:

$$KVA_{trans} = 1.732 \times V \times I_n$$

$$I_n = \frac{KVA_{trans}}{1.732 \times KvAT}$$

$$I_n = \frac{750000}{1.732 \times 33000} = 13.12\ \text{amps}$$

$$I_{p/protAT} = 2 \times I_{nAT}$$

$$I_{p/protAT} = 2 \times 13.12a = 26.40\ a.$$

Por lo tanto seleccionamos un fusible de 30 amps tipo k

Para la selección del calibre del conductor desde la acometida
hasta las terminales de alta tensión del transformador se aplica la
siguiente ecuación:

$$I_{cond} = \frac{1.25 \times I_{NAI}}{F.t. \times F.A.}$$

F.t. factor por temperatura.
F.A. Factor de agrupamiento.
(ver tablas respectivas)

$$I_{cond} = \frac{1.25 \times 13.12}{1 \times 1} = 16.4 \text{ amps}$$

por ser desnudos al aire libre

SELECCION DEL APARTARRAYOS.

Para seleccionar el apartarrayos que protegiera al transformador se aplicara la siguiente formula:

$$KVL-n = \frac{KVL-L}{1.732}$$

$$KVL-n = \frac{33000}{1.732} = 19050.55V$$

La tension de extincion del apartarayos debe ser el 150% de la tension entre fase y tierra del sistema, por lo tanto:

$$V_{ext.} = 1.5 \times KVL-n$$

$$V_{ext.} = 1.5 \times 19050.55$$

$$V_{ext.} = 28578.83 \text{ V}$$

por lo tanto seleccionamos un apartarrayo de 30 kv tipo oxido de zink

E) CAIDA DE VOLTAJE :PARA TABLERO DE ALUMBRADO

$$V = \frac{F_c \cdot I \cdot p/cable}{1000}$$

$$p/cable = \frac{Kw}{1.732 \times v \times fp} = \frac{100}{1.732 \times .44 \times .9 \times .88 \times 1} = 145.79 \text{ amp} = 165.67 \text{ amp}$$

PAR AMPLICIDAD LE CORRESPONDE UN CALIBRE 2/0 A 75 Grados C

$$V = \frac{0.4 \times 100 \times 165 \times 67 \text{ AMP}}{1000} = 6.62$$

$$\% V = \frac{V \times 1.732}{V} = \frac{6.62 \times 1.732}{440} \times 100 = 2.6\%$$

POR LO TANTO SI CUMPLE LA MAXIMA CAIDA DE TENSION ES DEL 3%

F) SELECCION DE CABLE Y TUBERIA

$$\begin{aligned} I_{p/cable} \quad 50 \text{ hp} &= \frac{0.746 \times 50 \times 1.25}{1.732 \times v \times fp \times ef \times ft \times fa} = \\ &= \frac{0.746 \times 50 \times 1.25}{1.732 \times .44 \times .85 \times .09 \times .88 \times 1} = \\ &= \frac{46.62 \text{ AMP}}{0.5130} \end{aligned}$$

$$I_{p/cable} \quad 50 \text{ hp} = 90.86 \text{ Amps}$$

POR LO TANTO SELECCIONAMOS UN CABLE CAL. 2 Y EN TUBERIA DE 1 1/4"

$$I_{p/cable} \quad 40 \text{ hp} = \frac{0.746 \times 40 \times 1.25}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9 \times .88 \times 1} = \frac{37.3 \text{ amp}}{0.5130}$$

$$I_{p/cable} \quad 40 \text{ hp} = \frac{72.70 \text{ amps}}{\text{-----}}$$

POR LO TANTO SELECCIONAMOS UN CABLE CAL. 4 Y EN TUBERIA DE 1 1/4"

$$I_{p/cable} \quad 25 \text{ hp} = \frac{0.746 \times 25 \times 1.25}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9 \times .88 \times 1} = \frac{23.31 \text{ amps}}{0.5130}$$

$$I_{p/cable} \quad 25 \text{ hp} = \frac{45.44 \text{ amps}}{\text{-----}}$$

POR LO TANTO SELECCIONAMOS UN CABLE CAL. 6 Y EN TUBERIA DE 1 1/4"

$$I_{p/cable} \quad 15 \text{ hp} \quad = \quad \frac{0.746 \times 15 \times 1.25}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9 \times .88 \times 1} \quad = \quad \frac{13.98 \text{ amps}}{0.5130}$$

$$I_{p/cable} \quad 15 \text{ hp} \quad = \quad \underline{\underline{27.26 \text{ amps}}}$$

POR LO TANTO SELECCIONAMOS UN CABLE CAL 8 Y EN TUBERIA DE 1"

$$I_{p/cable} \quad 7.5 \text{ hp} \quad = \quad \frac{0.746 \times 7.5 \times 1.25}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9 \times .88 \times 1} \quad = \quad \frac{6.99 \text{ amps}}{0.5130}$$

$$I_{p/cable} \quad 7.5 \text{ hp} \quad = \quad \underline{\underline{13.63 \text{ amps}}}$$

POR LO TANTO SELECCIONAMOS UN CABLE CAL 10 YA QUE EL MINIMO REQUERIDO PARA FUERZA UTILIZADO Y EN UNA TUBERIA DE 3/4"

E) CALCULO Y SELECCION DEL EQUIPO DE LOS MOTORES

Con la potencia del motor expresada en "HP", el voltaje entre lineas del motor trifasico, si dichos motores no tienen los datos especificos (sobre todo en motores de tamaño considerable) se puede considerar una eficiencia del 90% y un factor de potencia atrasado (-) en caso de no conocer lo datos de placa, se puede obtener la corriente nominal a plena carga mediante la siguiente formula:

$$I_{npcm} = \frac{746 \times HP}{1.73 \times V \times n \times F.P.}$$

Una vez que se obtiene la corriente nominal a plena carga, se selecciona el interruptor termomagnetico, para lo cual los motores tienen una clasificacion de tres grupos dependiendo de su potencia de tal forma que la corriente nominal a plena carga se ve afectada por un factor de seguridad para seleccionar la capacidad del interruptor termomagnetico.

Motores pequenos	1-7 1/2 HP	200%In
Motores medianos	10-25 HP	165%In
Motores grandes	30 HP y mayores	140%In

Si el valor de corriente que obtiene aplicando los factores de seguridad no es comercial se selecciona el inmediato superior.

$$I_{p/int} \quad (75 \text{ hp}) \quad = \quad \frac{75 \times 0.746 \times 1.4}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9} \quad = \quad 232.61 \text{ amps}$$

$$I_{p/int} (50 \text{ hp}) = \frac{50 \times 0.746 \times 1.4}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9} = 89.53 \text{ amps}$$

$$I_{p/int} (40 \text{ hp}) = \frac{40 \times 0.746 \times 1.4}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9} = 44.77 \text{ amps}$$

$$I_{p/int} (25 \text{ hp}) = \frac{25 \times 0.746 \times 1.65}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9} = 52.77 \text{ amps}$$

$$I_{p/int} (15 \text{ hp}) = \frac{15 \times 0.746 \times 1.65}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9} = 31.66 \text{ amps}$$

$$I_{p/int} (7.5 \text{ hp}) = \frac{7.5 \times 0.746 \times 2.00}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9} = 19.19 \text{ amps}$$

$$I_{p/int} (5 \text{ hp}) = \frac{5 \times 0.746 \times 2.00}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9} = 12.79 \text{ amps}$$

$$I_{p/int} (3 \text{ hp}) = \frac{3 \times 0.746 \times 2.00}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9} = 7.67 \text{ amps}$$

$$I_{p/int} (2 \text{ hp}) = \frac{2 \times 0.746 \times 2.00}{1.732 \times .44 \times .85 \times .9} = 5.11 \text{ amps}$$

F) CAIDA DE TENSION PARA TABLERO DE ALUMBRADO.

La caída de tensión se produce por la resistencia que tiene el conductor al paso de la corriente durante su recorrido a través de la línea.

Las Normas Técnicas para instalaciones Eléctricas establecen un límite para la caída de tensión a un total del 5% por alimentador más el alumbrado del circuito derivado 3% máximo permitido por cada alimentador o circuito derivado hasta alcanzar el total.

La manera de calcular la caída de tensión es mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\%AV = \frac{F_c \times I \times L}{1000}$$

en donde: %A.- Caída de tensión en por ciento.

Fc.- Factor de caída de tensión unitaria. Ver tabla respectiva.

I.- Corriente nominal a plena carga (amperes).

VL.- Voltaje de línea (volts).

$$I \text{ p/cable} = \frac{kw}{1.732 \times v \times fp} = \frac{100}{1.732 \times .44 \times .9 \times .88 \times 1} = \frac{145.79 \text{ amp}}{.88} = 165.67 \text{ amp}$$

Por ampacidad le corresponde un cal 2/0 a 75 grados C

$$V = \frac{0.4 \times 100 \times 165.67 \text{ AMP}}{1000} = 6.62$$

$$\% V = \frac{V \times 1.732}{V} = \frac{6.62 \times 1.732 \times 100}{440} = 2.6 \%$$

POR LO TANTO SI CUMPLE LA MAXIMA CAIDA DE TENSION ES DEL 3%

G) CALCULO DE CAPACIDAD DE UN TRANSFORMADOR DE ALUMBRADO

$$P = 1.732 \times V \times I \times FP$$

$$P = 1.732 \times KVA \times FP$$

$$KVA = \frac{P}{1.732 \times FP} = \frac{100}{1.732 \times .85} = 67.92 \text{ AMP}$$

POR LO TANTO SERIA UN TRANSFORMADOR TIPO SECO DE 440/220/120 - VULTS CON CAPACIDAD DE 112.5 KVA.

$$I \text{ P/INTERRUPTOR} = \frac{KVA}{1.732 \times V} = \frac{75 \times 1.25}{1.732 \times .44} = 98.41 \text{ AMP}$$

LE CORRESPONDE UN INTERRUPTOR DE 3 X 125 AMPS.

$$I \text{ P/CABLE} = \frac{\text{KW}}{1.732 \times V \times \text{F.P} \times \text{FT} \times \text{FA}} = \frac{100}{1.732 \times 44 \times 0.9 \times 0.88 \times 1}$$

$$I \text{ P/CABLE} = 165.67 \text{ AMP}$$

POR LO QUE CORRESPONDE UN CABLE CAL 2/0 EN TUBERIA DE 2" (51 MM)

H) CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO POR EL METODO POR UNIDAD

DATOS:

1. CALCULO DE LA IMPEDANCIA DE LA RED

$$Z_R = \frac{\text{KVA BASE} \times 1000}{\text{KVA REGIMEN}}$$

$$\text{KVA BASE} = 1000$$

$$Z_R = \frac{1000 \times 100}{100,000} = 1\% = 0.01 \text{ P.U}$$

2. CALCULO DE LA IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR BASE

$$\frac{Z_T}{\text{BASEM}} = \frac{\text{KVA BASE NUEVOS} \times Z_T \text{ BASE DADA}}{\text{KVA BASE DADA}}$$

$$\frac{Z_T}{\text{BASEM}} = \frac{1000 \times 5.75}{750} = 7.66\% = 0.076 \text{ P.U}$$

3. CALCULO DE LA IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR DE ALUMBRADO EL CUAL TIENE UNA CAPACIDAD DE 112.5 KVA, 3 F Y CON EL 3% IMPEDANCIA.

$$Z_{T.A} \text{ BASE M} = \frac{1000 \times 3}{112.5} = 26.788\% = 0.267 \text{ P.U}$$

4. CALCULO DE LA IMPEDANCIA DE LA SUMA DE LOS MOTORES DE INDUCCION CONSIDERANDO UNA IMPEDANCIA BASE DE 0.25 PU Y ES EL MISMO FACTOR DE POTENCIA

$$FP = \frac{P}{S} \implies S = \frac{P}{FP} = \frac{0.746 \times 328 \text{ HP}}{0.85}$$

$$S = 297.86 \text{ KVA}$$

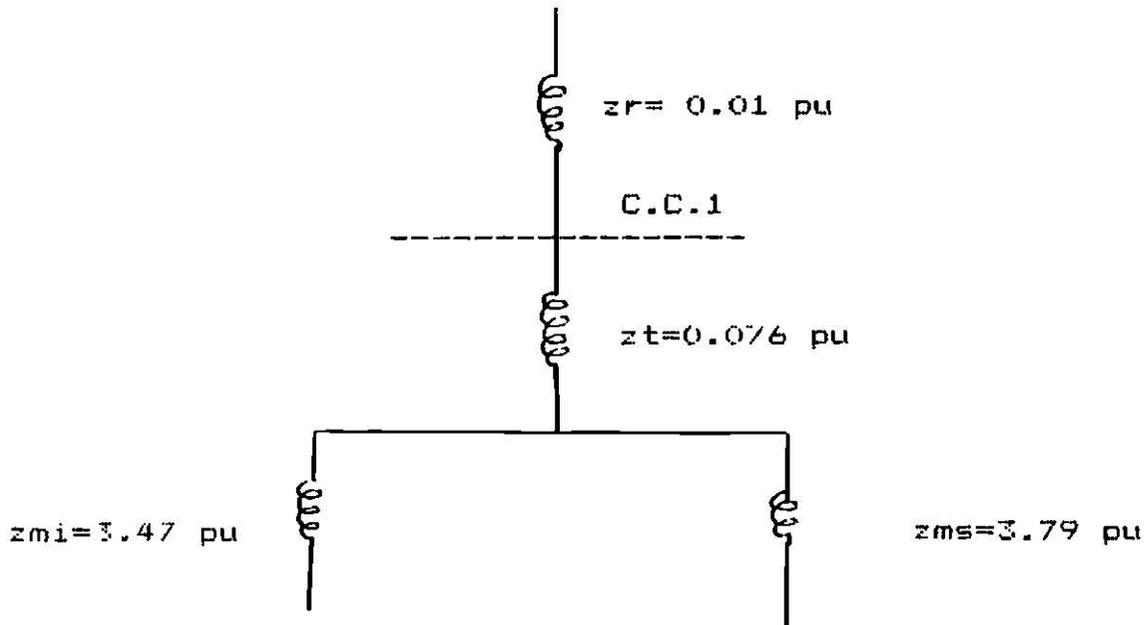
$$Z \text{ SUMA M.I P.U} = \frac{1000}{287.86} = 3.47 \text{ P.U}$$

5. CALCULO DE LA IMPEDANCIA DE EL MOTOR SINCRONO

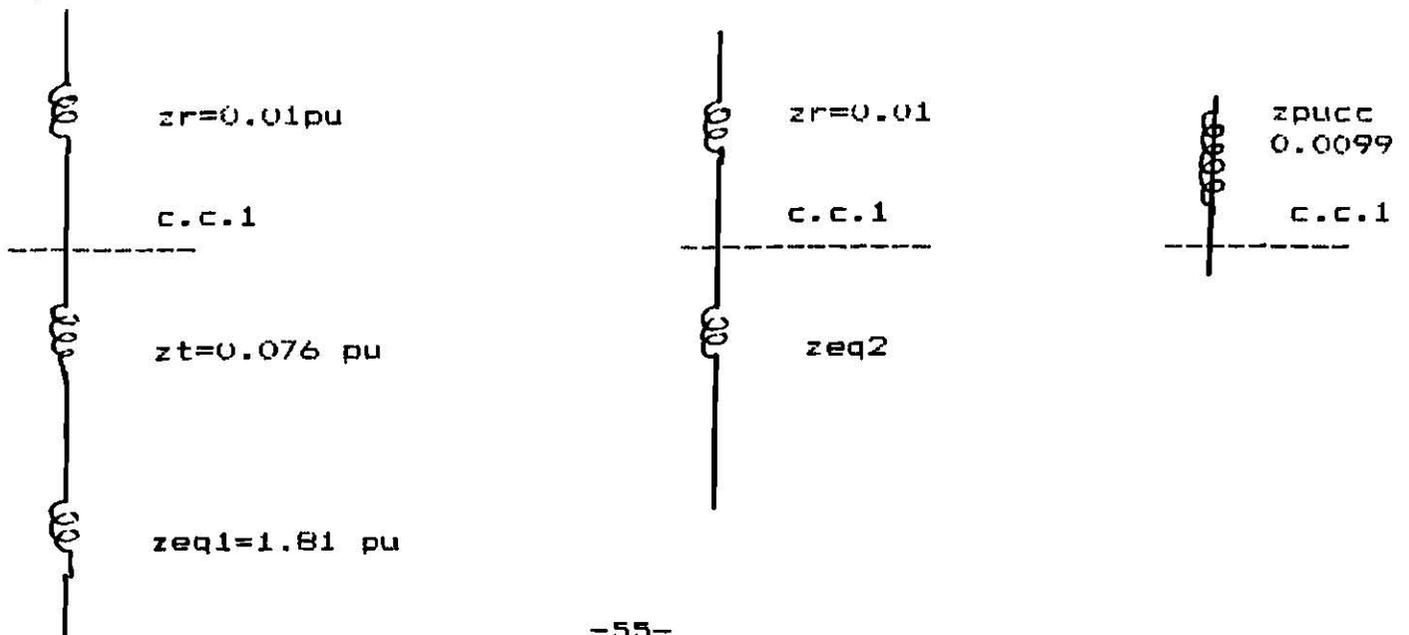
$$FP = \frac{P}{S} \implies S = \frac{P}{FP} = \frac{0.746 \times 300}{0.85} = 263.30$$

$$ZM \text{ S. PU} = \frac{1000}{263.30} = 3.79 \text{ P.U}$$

6. TRANSFORMAR EL DIAGRAMA UNIFILAR EN LAS REACTANCIAS OBTENIDAS ANTERIORMENTE SIN ICLUIR EL ALUMBRADO



7.-SACAR LA IMPEDANCIA EQUIVALENTE



$$z_{eq1} = \frac{(3.47 \times 3.79)}{3.47+3.79} = 1.81 \text{ pu}$$

$$z_{eq2} = 0.076 + 0.076 = 1.886 \text{ pu}$$

$$Z_{pucc} = \frac{0.01 \times 1.8886}{0.01 + 1.8886} = 0.00994 \text{ p.u.}$$

8.- SE DETERMINA LA CORRIENTE SIMETRICA Y ASIMETRICA EN EL LADO DE ALTA TENSION (PRIMARIO)

$$I_{cc \text{ sim}} = \frac{KVABase}{Z_{pucc} \times 1.732 \times kv \text{ en el corto}}$$

$$I_{cc \text{ sim}} = \frac{1000}{0.00994 \times 1.732 \times 33} = 828.43 \text{ amps simetricos}$$

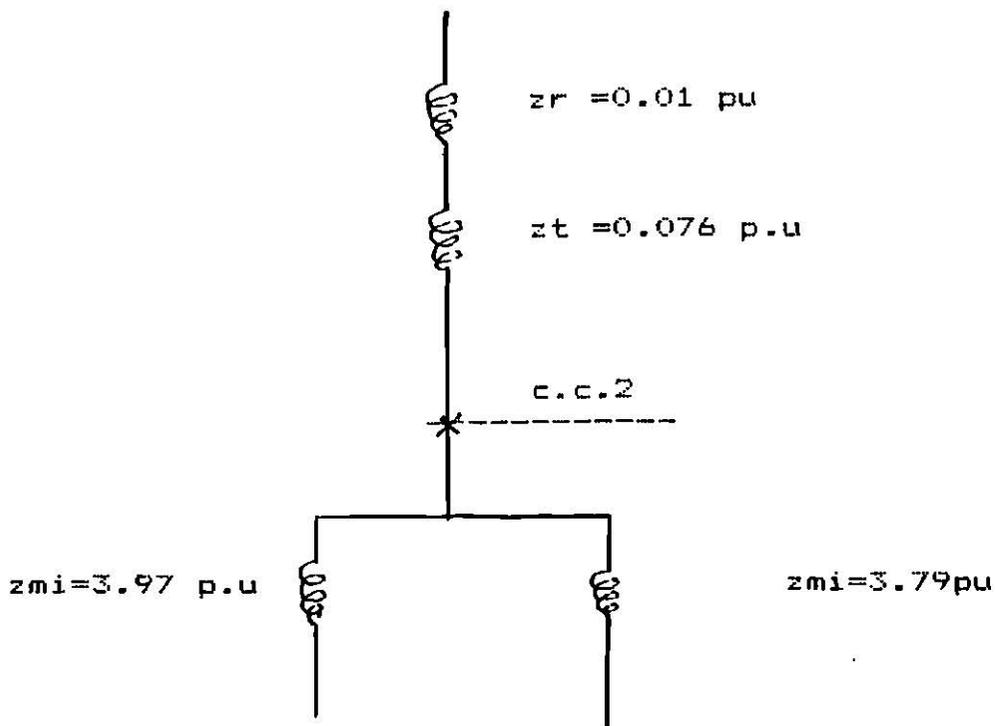
$$I_{cc \text{ asim}} = 1.6 \times I_{cc \text{ sim}}$$

$$I_{cc \text{ asim}} = 1.6 \times 828.43 \text{ amps}$$

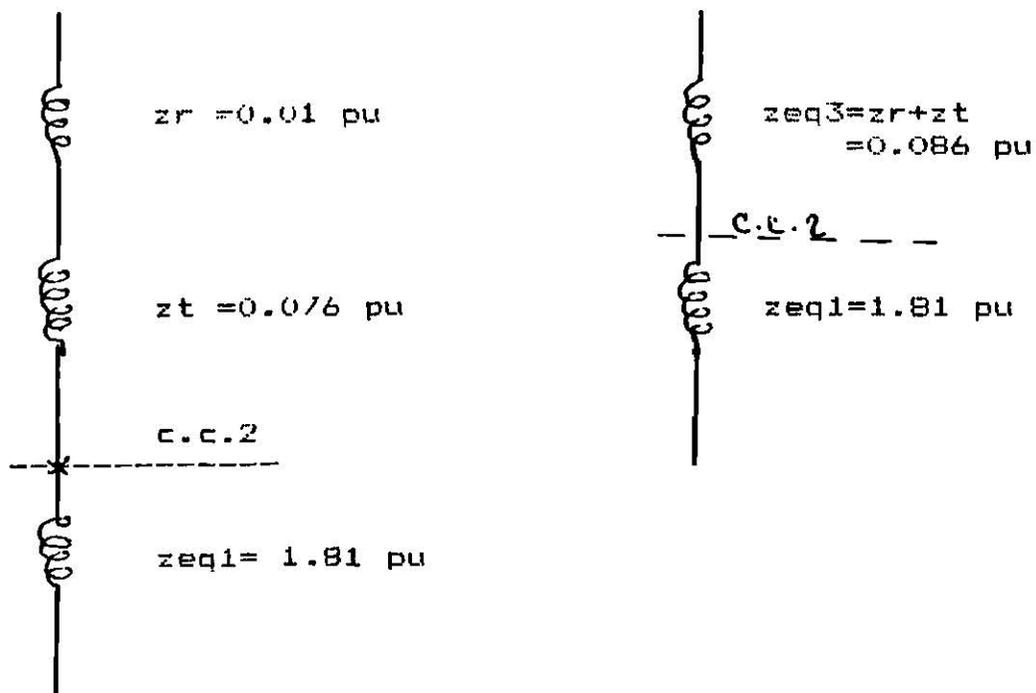
$$I_{cc \text{ asim}} = 1325 \text{ amps}$$

por lo tanto se selecciona un cortacircuito fusible de 100 amps, 33000 volts .8 kamps asim en el primario.

H).- SE DETERMINARA LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSION



cicuito equivalente:



$$Z_{pucc} = \frac{1.81 \times 0.086}{1.81 + 0.086} = 0.082$$

$$I_{cc \text{ sim}} = \frac{kVA \text{ base}}{Z_{pucc} \times 1.732 \times KV \text{ en el corto}}$$

$$I_{cc \text{ sim}} = \frac{1000}{0.082 \times 1.732 \times 0.44} = 15,988.78 \text{ amps sim}$$

$$I_{cc \text{ asim}} = 1.6 \times I_{cc \text{ sim}}$$

$$I_{cc \text{ assim}} = 1.6 \times 15,988.70 = 25,582 \text{ amps asimetricos}$$

por lo tanto seleccionamos un interruptor termomagnetico de 3 polos 1200 amps . 42 kiloamps asimetricos.

RESULTADOS

CAPACIDAD HP	INTERRUPTOR	CALIBRE CABLE	TAMAÑO ARRANCADOR
75	3X150	3-1/0	TAMAÑO 4
50	3X100	3-4	TAMAÑO 3
40	3X70	3-6	TAMAÑO 3
25	3X50	3-8	TAMAÑO 3
15	3X40	3-8	TAMAÑO 2
7.5	3X30	3-10	TAMAÑO 1
5	3X15	3-10	TAMAÑO 1
3	3X15	3-10	TAMAÑO 0
2	3X15	3-10	TAMAÑO 0
MAQ 1 (60HP)	3X125	3-1/0	-----
MAQ 2 (20HP)	3X70	3-6	-----
MAQ 3 (67HP)	3X150	3X1/0	-----
MAQ 5 (10.5HP)	3X15	3-10	-----
MAQ 6 (10.5HP)	3X15	3-10	-----
MAQ 7 (120 HP)	3X175	3-4/0	-----
ALUERADO	3X175	3-1/0	-----

Subestaciones

Requisitos generales

LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS SE APLICAN EN PARTICULAR A SUBESTACIONES DE USUARIOS QUE FORMAN PARTE DEL SISTEMA DE SUMINISTRO Y CONTROL DE LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA (CFE) DE ENERGIA ELECTRICA; SIENDO LOS MINIMOS REQUISITOS:

- A).-debera ser ccnstruida a base de las normas tecnicas de la secretaria de minas industria paraestatal Y CFE
- B).-siendo de alta confiabilidad y funcional
- C).-debera ser de alta seguridad y contar con el equipo de proteccion
- D).-debera de ser flexible
- E).-debera de ser la mejor alternativa tanto econommica como funcional

En la actualidad las compañías de la micro y mediana empresa se ven beneficiadas al construir una subestacion teniendo las siguientes ventajas economicas:

- 1.-Al hacer al inversion inicial esta se recupera amortizando con la diferencias de tarifas de consumo
- 2.-tener la tarifa mas baja en el mercado siendo esta (om)
- 3.-tener mas continuidad en el servicio
- 4.-podra incrementar su carga asi como lo demande

ES muy importante tener en consideracion el lugar donde se va a -- instalar siendo este en el terreno del usuario, y que no atraviere otro terreno para dar el suministro.estndo lo mas cerca del suministro.

tomando en cuenta la acometida (alimentacion principal), la ubicacion de las cargas principales, los vientos dominantes para evitar la contaminacion futura, tener espacio suficiente para una futura expansion

TIPOS DE SUBESTACIONES:

A).-SERVICIO EXTERIOR

1.-TIPO POSTE

2.-TIPO ESTRUCTURA "H" SOBRE PISO

3.-TIPO ESTRUCTURA "H" SOBRE AZOTEA

4.-TIPO COMPACTA

5.-TIPO JARDIN CON TRANSFORMADOR DE PEDESTAL

7.-TIPO SUMERGIBLE

8.-TIPO PEDESTAL

A continuacion se mencionan algunos esquemas de proteccion para una subestacion

CUCHILLA DE PASO. (Desconectador sin carga). este equipo se le conoce tambien como cuchilla solida existiendo de 200 amps hasta corrientes y voltajes muy elevados, este equipo se instala cuando se instalan un grupo de 2 o mas transformadores en una subestacion, en serie posterior a el equipo de medicion siendo de operacion individual o en grupo existiendo con o sin camaras de arqueo

EXCEPCIONES: 1) No se requiere antes de un interruptor montado sobre una unidad compacta (drischer) tipo desenchufable.

2) En subestaciones intemperie "Tipo abierto" con un transformador trifasico de 500 KVA o menos (o banco de transformadores monofasicos equivalentes.)

CUCHILLA DE PRUEBA. Cuando el equipo de medicion del suministrador este, en lado primario, deben instalarse tres juegos de cuchillas desconectadoras que permitan interclalr los aparatos de prueba, a menos que se pueda interrumpirse el servicio en cualquier momento que se requiera (por el suministrador) para probar los equipos de medicion. llamandose clave desconectadora 22

MEDIO DE DESCONEXION GENERAL. Toda subestacion de usuario debe contar en el lado primario, despues del equipo de servicio, con un medio de desconexion general adecuado a la tension y corriente del servicio, de operacion simultanea y capaz de abrir el circuito bajo condiciones de carga maxima. (Este medio es independiente de la cuchilla de paso).

EXCEPCIONES:

1.- En subestaciones con dos o mas transformadores o en subestaciones receptoras con varias derivaciones para transformadores remotos, puede omitirse dich omedio de desconexion general siempre que cada transformador o derivacion tenga su propio medio de desconexion.

Ademas los medios de desconexion deben estar siempre adycentes a la cuchilla de paso y al equipo de servicio y unidos a estos por medio de barras de una longitud no mayor de 10 metros.

2.- En el caso de subestaciones compactas de un solo transformador que requieran ampliarse y no cuneten con espacio suficiente, se permite colocar un segundo transformador por el lado contrario de la "seccion del equipo de servicio", el cual cuente con su propia cuchilla de paso y su propia medio de desconexion general.

3.- En subestaciones intemperie "tipo abierto" con un solo transformador trifasico de 500 KVA o menos (o un banco equivalente de transformadores mono fasicos) el medio de desconexion general en el primario puede no ser de operacion simultanea con carga, pero debe utilizarse en el secundario un interruptor automatico general.

PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE. Toda subestacion de usuario debe contar en el lado primario, despues del equipo de servicio, con un dispositivo general de proteccion contra sobrecorriente adecuado a la tension y corriente del servicio con capacidad interruptiva de acuerdo con la potencia maxima de cortocircuito que pueda presentarse en el lugar de la subestacion. conociendose tambien como cuchilla desconectadora

Existe una excepcion para el caso 1 senalado en "medio de desconexion general" siempre que cada transformador tenga su propia proteccion contra sobrecorriente adyacenteal medio de desconexion.

AJUSTE DE LA PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE. Para protecciones contra sobrecorrientes de transformadores de mas de 600 volts (excepto los de medicion y control) debe incluirse en el primario un dispositivo adecuado.Si se instalan fusibles su capacidad nominal no debe exceder el 250 % de la corriente nominal primaria del transformador. En caso de emplear interruptoresm automaticos, su ajuste de disparo no debe exceder del 300% de dicha corriente del transformador.

SISTEMAS DE TIERRAS. La subestacion debe contar con un sistema adecuado de tierras al cual deben de conectarse todos los elementos de la instalacion que lo requieran.

Se recomienda que los conductores de la malla sean de cobre suave, con calibre minimo de 4/0 AWG y que los conductores de puesta a tierra no sean de calibre menor al No. 2 AWG.

La resistencia total de la malla no debe ser mayor de 10 ohms. Esta resistencia puede calcularse en forma simplificada por la formula:

$$R = \frac{l}{4r} + \frac{l}{L} \quad (\text{ohms})$$

en donde: r = radio en metros de una placa circular equivalente, cuya area es la misma que la ocupada por la malla real de tierra.

L = longitud total de los conductores enterrados (mts.)

= resistividad electrica del terreno (ρ -metro)

INSTALACION DE APARTARRAYOS. Deben instalarse apartarrayos en plantas industriales tanto para proteger el equipo de la subestacion como el equipo de utilizacion y tan cerca de estos como sea factible (antes de equipos importantes como interruptores, transformadores, capacitores, medicion, etc.).

Se conectan entre fase y tierra. Deben conectarse a tierra lo mas directo posible con un conductor de baja impedancia y de amplia capacidad de corriente. Su tension de operacion debe ser similar a la del equipo e instalaciones que protege.

VII.1 ANEXO 3

TABLA 302.4

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (Amperes)

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipos	THWN,RUW, T,TW,TWD, MTW		RH,RHW,RUH, THW,THWN, DP,XHHW		PILC,V,MI		TA,TBS,SA,AVB SIS,FEP,TMW RHH,THHN,EP THW,XHHW	
	Calibre AWG MCM	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería 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
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	265	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	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	635	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	780	545	935	585	1000	585	1000

* Los tipos EP y XHHW pueden ser directamente enterrados.

TABLA 302.4 (Continuación)

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (Amperes)

Temperatura máxima del aislamiento	110 °C		125 °C		200 °C	
Tipos	AVA,AVL		AI,SA,AIA		A,AA,FEPB	
	Calibre AWG MCM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable
14	30	40	30	40	30	45
12	35	50	40	50	40	55
10	45	65	50	70	55	75
8	60	85	65	90	70	100
6	80	120	85	125	95	135
4	105	160	115	170	120	180
3	120	180	130	195	145	210
2	135	210	145	225	165	240
1	160	245	170	265	190	280
0	190	285	200	305	225	325
00	215	330	230	355	250	370
000	245	385	265	410	285	430
0000	275	445	310	475	340	510
250	315	495	335	530	-	-
300	345	555	380	590	-	-
350	390	610	420	655	-	-
400	420	665	450	710	-	-
500	470	765	500	815	-	-
600	525	855	545	910	-	-
700	560	940	600	1005	-	-
750	580	980	620	1045	-	-
800	600	1020	640	1085	-	-
900	-	-	-	-	-	-
1000	680	1165	730	1240	-	-

VII.1 ANEXO 4

Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduct

Tipo de conductor	Calibre de conductor AWG MCM	Diámetro nominal de tubo (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
T, TW y THW	14"	9	16	25	45	61					
	14	8	14	22	39	54					
	12"	7	12	20	35	48	78				
	12	6	11	17	30	41	68				
	10"	5	10	15	27	37	61				
	10	4	8	13	23	32	52				
	8	2	4	7	13	17	28	40			
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	14"	6	10	16	29	40	65				
	14	5	9	15	26	36	59				
	12"	4	8	13	24	33	54				
	12	4	7	12	21	29	47				
	10"	4	7	11	19	26	43	61			
	10	3	6	9	17	23	38	53			
	8	1	3	5	10	13	22	32	49		
T, TW y THW RHW y RHH (sin cubierta exterior)	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	47
	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
	2/0	-	1	1	1	3	5	7	10	14	18
	3/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15
4/0	-	-	1	1	1	3	5	7	10	13	
250	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10	
300	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9	
350	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8	
400	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7	
500	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6	

Tipo de conductor	Calibre de conductor AWG MCM	Diámetro nominal de tubo (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
RHW y RHH (con cubierta exterior)	14"	3	6	10	18	25	41	58			
	14	3	6	9	17	23	38	53			
	12"	3	5	9	16	21	35	50			
	12	3	5	8	14	19	32	45			
	10"	2	4	7	13	18	29	41			
	8	2	4	6	12	16	26	37			
THWN y THHN	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47	41
	6	1	1	2	5	7	11	15	24	32	41
	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
	2	1	1	1	1	3	4	7	9	14	19
	1/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	16
	2/0	-	-	1	1	2	3	5	8	11	14
	3/0	-	-	1	1	1	3	4	7	9	12
	4/0	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10
	250	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10
	300	-	-	-	1	1	1	3	5	7	9
	350	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8
	400	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7
500	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6	
THWN y THHN	14"	13	24	37	66						
	14	11	20	32	57						
	12"	10	18	28	49	67					
	12	8	15	23	42	57					
	10"	6	11	18	32	43	71				
	10	5	9	15	26	36	59				
	8	3	5	9	15	21	35	49			
	6	2	4	6	11	15	25	36	56		
	4	1	2	4	7	9	16	22	34	46	
	2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	42
	1/0	-	1	1	3	4	7	10	15	20	26
	2/0	-	1	1	2	3	6	8	13	17	22
3/0	-	1	1	1	3	5	7	11	14	18	
4/0	-	-	1	1	2	4	6	9	12	15	
250	-	-	1	1	1	3	4	7	10	12	
300	-	-	1	1	1	3	4	6	8	11	
350	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9	
400	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8	
500	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7	

■ Alambres.

Notas:

Esta tabla está basada en factores de relleno de 40 por ciento para tres conductores o más, 30 por ciento para dos conductores y 55 por ciento en el caso de un solo conductor. Debe tenerse en cuenta que para más de tres condiciones en un tubo, la capacidad de corriente permisible en los mismos se ve reducida de acuerdo con los factores de corrección de la tabla 302. 4a).

VII.1 ANEXO 9

SELECCION DE ELEMENTOS TERMICOS



ELEMENTOS TERMICOS DE ALEACION FUSIBLE
 PARA USARSE CON MOTORES DE FACTOR DE SERVICIO
 1.15 EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION

TABLA 6- ARRANCADORES MAGNETICOS DE CA TIPO L

Para usarse con			Corriente a plena carga	No. del elemento	Corriente a plena carga	No. del elemento	Corriente a plena carga	No. del elemento	Corriente a plena carga	No. del elemento	Corriente a plena carga	No. del elemento		
Close	Tipo	Tamaño												
8536 (Arrancador usado en base de conjunto)	LB	O 1	0.30-0.32	B 0.44	1.01-1.14	B 1.45	3.33-3.58	B 4.85	9.15-9.79	B 14.0				
			0.33-0.37	B 0.51	1.15-1.27	B 1.67	3.59-3.97	B 5.50	9.80-10.8	B 15.5				
			0.38-0.40	B 0.57	1.28-1.39	B 1.88	3.98-4.22	B 6.25	10.9-12.0	B 17.5				
	LC	T Y D 1 PW	0.41-0.48	B 0.63	1.40-1.56	B 2.10	4.23-4.79	B 6.90	12.1-12.9	B 19.50				
			0.49-0.57	B 0.71	1.57-1.76	B 2.40	4.80-5.32	B 7.70	13.0-14.7	B 22.00				
			0.58-0.66	B 0.81	1.77-1.95	B 2.65	5.33-5.66	B 8.20	14.8-16.4	B 25.00				
			0.67-0.71	B 0.92	1.96-2.25	B 3.00	5.67-6.36	B 9.10	16.5-18.7	B 28.00				
			0.72-0.79	B 1.03	2.26-2.60	B 3.30	6.37-7.33	B 10.2	18.8-20.6	B 32.0				
			0.80-0.88	B 1.16	2.61-2.92	B 3.70	7.34-8.37	B 11.5	20.7-23.6	B 36.00				
			0.89-1.00	B 1.30	2.93-3.32	B 4.15	8.38-9.14	B 12.8	23.7-25.0	B 40.00				
8538 8539 8547 8549 8606 8630 + 8640 ▲ 8650 8736 8738 8739 8810 8811 8812 8930	LD	2 2YD 2PW	4.26-4.86	B 6.90	10.5-11.6	B 15.5	26.5-29.8	B 40						
			4.87-5.45	B 7.70	11.7-13.0	B 17.5	29.9-33.7	B 45						
			5.46-5.80	B 8.20	13.1-14.0	B 19.5	33.8-36.0	B 50						
			5.81-6.59	B 9.10	14.1-16.1	B 22	36.1-38.5	B 56						
			6.60-7.65	B 10.2	16.2-18.1	B 25	38.6-41.6	B 62						
			7.66-9.07	B 11.5	18.2-20.7	B 28.0	41.7-45.0	B 70						
			9.08-9.68	B 12.8	20.8-23.0	B 32								
			9.69-10.4	B 14	23.1-26.4	B 36								
			LE	3 3YD 3PW	17.0-18.3	CC 26.3	24.6-26.5	CC 39.6	35.8-38.4	CC 59.4	51.5-55.4	CC 87.7	70.0-73.8	CC 132
					18.4-19.7	CC 28.8	26.6-28.6	CC 42.7	38.5-40.9	CC 64.3	55.5-59.4	CC 94.0	73.9-77.8	CC 143
19.8-21.2	CC 31.0	28.7-30.6			CC 46.6	41.0-44.3	CC 68.5	59.5-63.8	CC 103	77.9-81.9	CC 156			
21.3-22.7	CC 33.3	30.7-32.2			CC 50.1	44.4-47.4	CC 74.6	63.9-66.1	CC 112	82.0-85.0	CC 167			
22.8-24.5	CC 36.4	32.3-35.7			CC 54.5	47.5-51.4	CC 81.5	66.2-69.9	CC 121					
LF	4 4YD 4PW	38.0-41.0	CC 59.4	51.0-55.4	CC 81.5	69.6-75.5	CC 112	89.3-94.0	CC 156	122-135	CC 208			
		41.1-43.6	CC 64.3	55.5-59.9	CC 87.7	75.6-79.9	CC 121	94.1-99.3	CC 167					
		43.7-47.4	CC 68.5	60.0-64.2	CC 99.0	80.0-84.6	CC 132	99.4-110	CC 180					
		41.5-50.2	CC 74.6	64.3-69.5	CC 103	84.7-89.2	CC 143	111-121	CC 196					
LG	5 5YD 5PW	77.4-83.3	DD 105	104-111	DD 140	139-152	DD 185	186-196	DD 265	250-260	DD 340			
		83.4-89.6	DD 112	112-119	DD 150	153-160	DD 220	197-215	DD 280					
		89.7-96.8	DD 121	120-129	DD 160	161-174	DD 230	216-227	DD 300					
		96.9-103	DD 128	130-138	DD 171	175-185	DD 250	228-249	DD 320					

EQUIPO Y MATERIALES

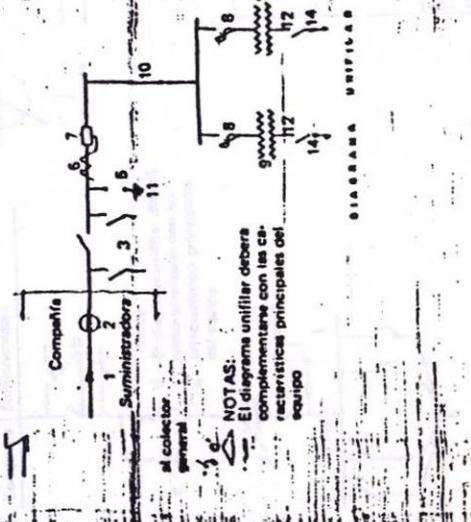
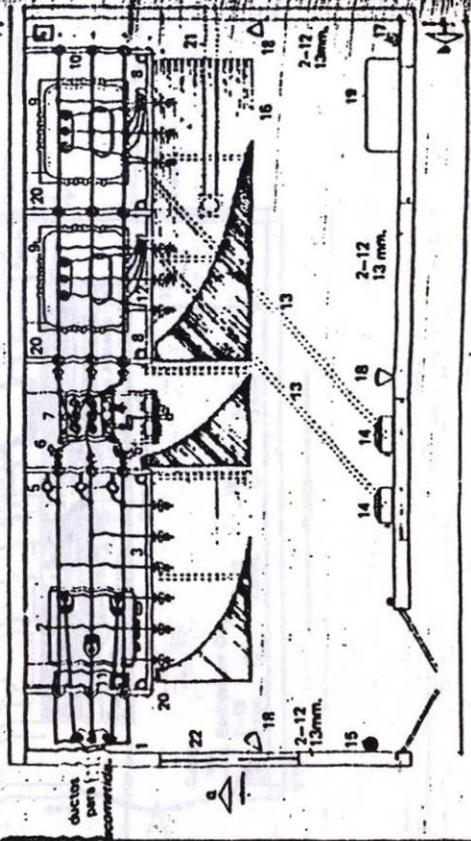
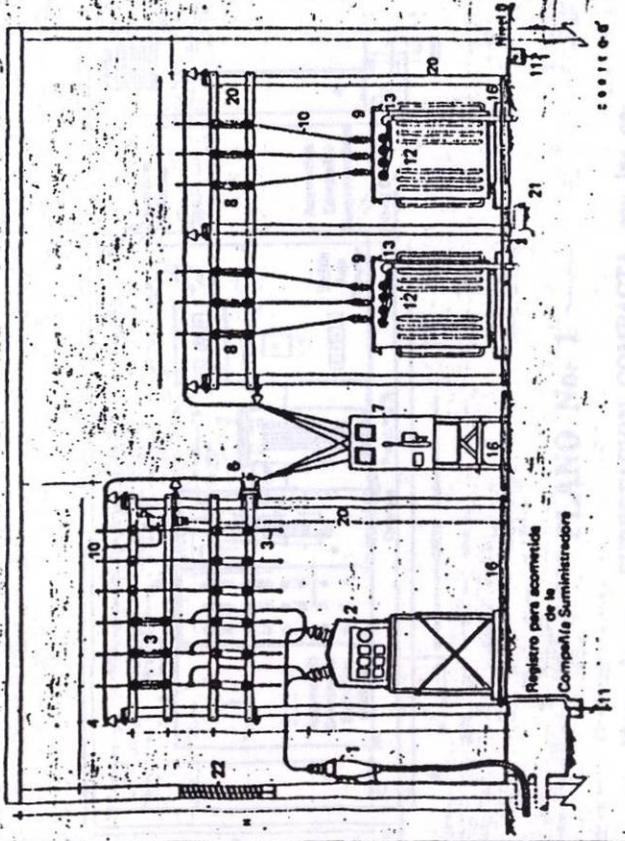
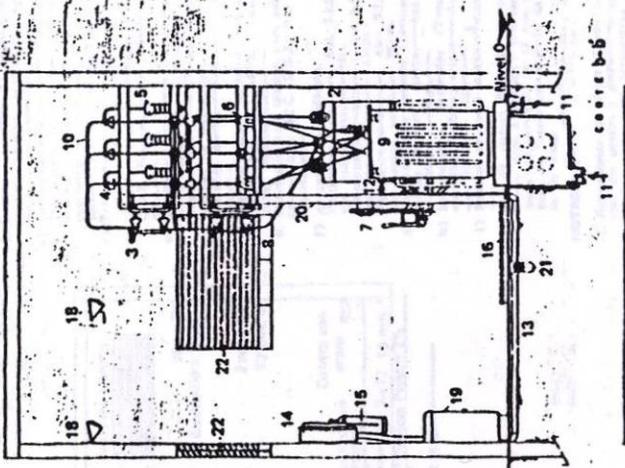
1. Mesa Compuerta
2. Cables de aluminio
3. Cables de aluminio
4. Cables de aluminio
5. Cables de aluminio
6. Cables de aluminio
7. Cables de aluminio
8. Cables de aluminio
9. Cables de aluminio
10. Cables de aluminio
11. Cables de aluminio
12. Cables de aluminio
13. Cables de aluminio
14. Cables de aluminio
15. Cables de aluminio
16. Cables de aluminio
17. Cables de aluminio
18. Cables de aluminio
19. Cables de aluminio
20. Cables de aluminio
21. Cables de aluminio
22. Cables de aluminio

NOTAS

1. Verificar especificaciones técnicas de todos los equipos y materiales suministrados (para cada parte de las especificaciones técnicas y características de los equipos suministrados, deberá ir acordada de acuerdo con el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas).
2. Las dimensiones (L, H y A), así como las distancias entre los equipos, deberán ser las indicadas en el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.
3. La comprobación del equipo de pruebas, se hará según lo especificado en el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.
4. La comprobación del equipo de pruebas, se hará según lo especificado en el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.
5. Dar el aspecto de 10 x 30 en para todo y firmar el plan.

PLANO No. 2

Plano de una SUBSTACION ABIERTA, con las características técnicas que debe contener, de acuerdo con el Reglamento de Obras e Instalaciones.



NOTAS:
El diagrama unifilar deberá complementarse con las características principales del equipo

DIAGRAMA UNIFILAR



Subestación interior abierta	
Nombre a cargo social	
Diseño	Proyecto
Numero	Numero
Fecha	Fecha
Firma del Ing. S.C.O.E.	

FORMULAS ELECTRICAS

	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	Unitario	$\frac{W}{E \times I}$	$\frac{W}{2 \times E \times I}$	$\frac{W}{1.73 \times E \times I}$

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.

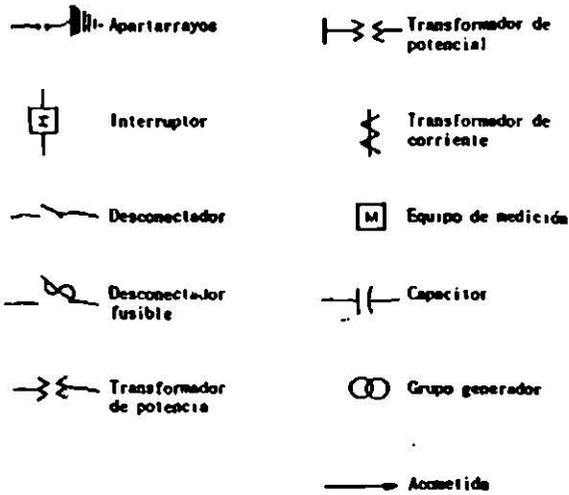
$$R.P.M. = \frac{f \times 120}{P}$$

TABLA No 1

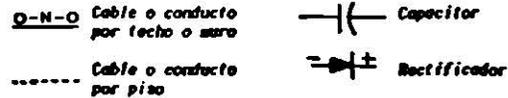
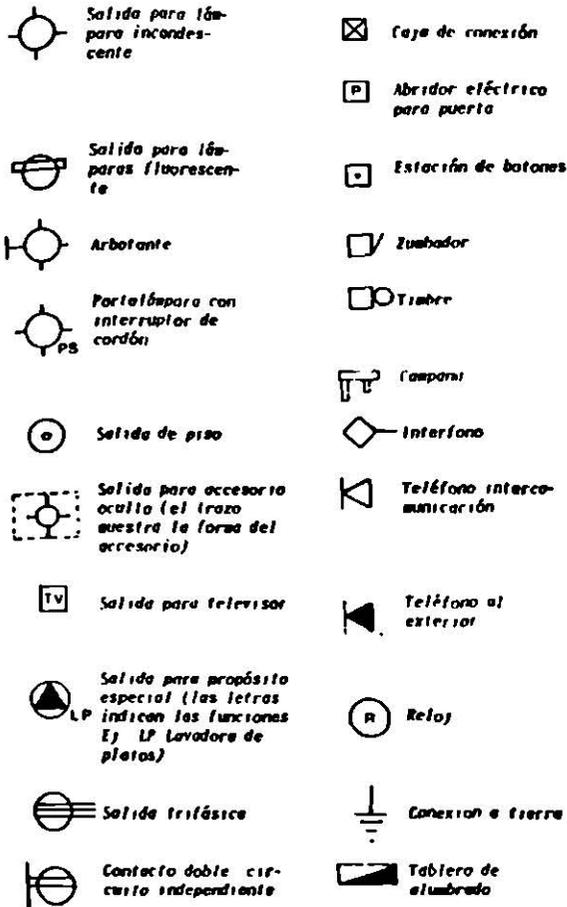
SIMBOLOS GENERALES PARA DIBUJOS EN PLANTA PROYECTO	
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TABLERO DE ALUMBRADO
	TABLERO DE EMERGENCIA
	TABLERO DE INSTRUMENTOS.
	TABLERO DE TRANSFERENCIA
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD TIPO NAVAJA
	CONTACTOR PARA ALUMBRADO
	TRANSFORMADOR TIPO SECO
	ARRANCADOR 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

VII.1 ANEXO 10

SÍMBOLOS PARA DIAGRAMAS UNIFILARES DE SUBESTACIONES



SÍMBOLOS PARA DIAGRAMAS Y PLANOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS



D = Diámetro de la Canalización
 N = Número de Conductores
 C = Calibre de los Conductores

Tabla 302.4b) Factores de corrección por temperatura ambiente

Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima permisible en el aislamiento, °C						
	60	75	85	90	100	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	0.81
91 - 100	-	-	-	-	-	0.51	0.77
101 - 120	-	-	-	-	-	-	0.64
121 - 140	-	-	-	-	-	-	0.54

Símbolos más usados en diagramas unifilares

Equipo	Símbolo	Equipo	Símbolo
Apartar polos		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 enchufable	
Interruptor de potencia con cuchillas desconectoras		Generador (en general)	
Interruptor en aire (termomagnético o electromagnético, montaje fijo)		Generador de corriente alterna	
Interruptor en aire (montaje removible)		Generador de corriente directa	
Interruptor en aire con bobina de operación (montaje removible)		Motor en general	
Cuchillas desconectoras sin carga		Motor de inducción trifásico	
Acumulador (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: A Amperímetro D Medidor de demanda F Frecuencímetro GD Detector de tierra MA Milliampémetro PF Medidor de factor de potencia RD Registrador de demanda S Sincronoscopio T Temperatura V Voltímetro VAX Yámetro VAXH Yáhorímetro W Voltímetro WN Watímetro	
Transformador de 2 devanados con taps			Para indicar el tipo de instrumento, se escribe dentro del círculo la letra o letras correspondientes
Transformador de 3 devanados			

Símbolos más usados en diagramas unifilares (cont.)

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 corto		Zig Zag 3 fases aterrizado	
45 De sobrevoltaje C.D.		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 de línea			
67 Diferencial de potencia C.A.			
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.

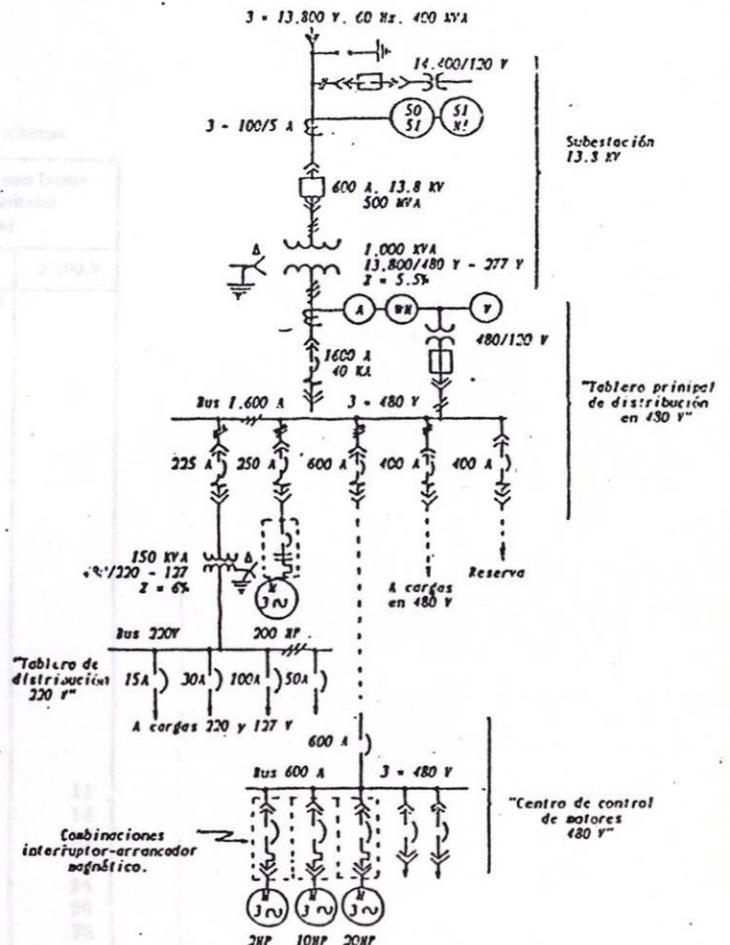


Tabla 403.93
Corriente a plena carga en amperes de motores de corriente directa

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 No 2

Tabla 403.94
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 No 3

Tabla 403.95
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.

TABLA No 4

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE (NTE-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

TABLA No 6

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO PARA CABLES EN TUBERIA CONDUIT

(SEGUN NTE-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

(NTE-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 NTE-81).

TABLA No 7

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	0.72

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

TABLA No 8

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

TABLA No 9

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

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipos	THWN, RW, T, TW, TWD, MTW		RPL, RHW, RUM, THW, THWN, DF, XHHW		PLC, V, MI		TA, TBS, SA, AVB, SS, FEP, THW, RHH, THHN, LEM, EP, XHHW *	
Calibre AWG / MCM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería 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	230	155	245	155	245
2/0	145	225	175	265	185	285	185	285
3/0	165	260	200	310	210	330	210	330
4/0	195	300	230	360	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	660	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000

* Datos obtenidos de los NTE-81.
T_a = 30 °C

TABLA No 10
(TABLA 302.4 NTE 81)

Número máximo de conductores que puede alojarse en tubo conduit.
En general, al instalar 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 302.4 Número de conductores (factor de relleno)
a) Todos los conductores que se alojen 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 las tablas 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)												
		1/2	3/4	(1)	(1 1/2)	(2)	(2 1/2)	(3)	(3 1/2)	(4)	(4 1/2)			
T, TW y THW	14'	9	16	25	45	61	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	8	14	22	39	54	-	-	-	-	-	-	-	-
	12'	7	12	20	35	48	78	-	-	-	-	-	-	-
	12	6	11	17	30	41	65	-	-	-	-	-	-	-
	10'	5	10	15	27	37	61	-	-	-	-	-	-	-
	10	4	8	13	23	32	52	-	-	-	-	-	-	-
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	8	2	4	7	13	17	28	40	-	-	-	-	-	-
	14'	6	10	16	29	40	55	-	-	-	-	-	-	-
	14	5	9	15	26	36	50	-	-	-	-	-	-	-
	12'	4	8	13	24	33	54	-	-	-	-	-	-	-
	12	4	7	12	21	29	47	-	-	-	-	-	-	-
	10'	4	7	11	19	26	43	51	-	-	-	-	-	-
T, TW y THW y RHW y RHH (sin cubierta exterior)	10	3	6	9	17	23	38	53	-	-	-	-	-	-
	8	1	3	5	10	13	22	32	49	-	-	-	-	-
	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	45	-	-
	1/0	-	1	1	2	3	6	8	12	16	21	27	34	45
	2/0	-	1	1	1	3	5	7	10	14	18	23	29	37
	3/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15	20	26	33
	4/0	-	-	1	1	1	3	5	7	10	13	17	22	28
	250	-	-	-	1	1	2	4	6	8	10	13	17	22
300	-	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9	12	16	
350	-	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8	11	14	
400	-	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7	9	12	
500	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6	8	11	

TABLA No 11

EJEMPLO:
 Calcular la caída de tensión para un circuito de 75 m. de longitud un 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 tubería no metálica y forma parte de un circuito trifásico que opera a una tensión de 440 Volts entre fases y un factor de potencia igual a la unidad.

De la tabla de factores de caída de tensión unitario para cables de cobre se tiene que:

$F_c = 0.094$

Por lo que:

- e = 0.094 x 405 x 75
- e = 2.855 millivolts
- e = 2.86 volts al neutro
- e = 4.95 volts entre fases

El porcentaje de caída de tensión al neutro será:

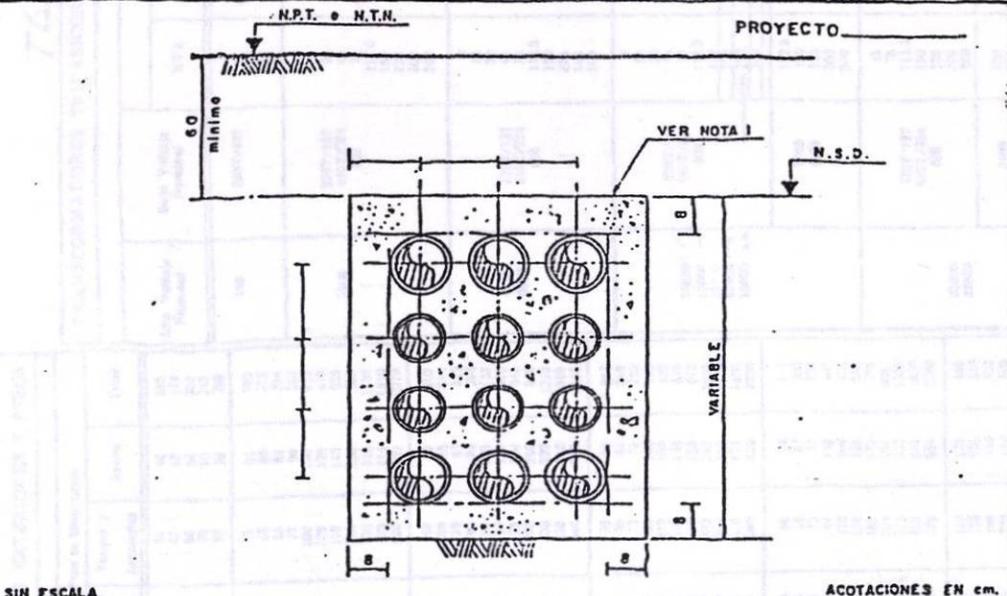
$\% R = \frac{2.86 \times 100}{110} \times 100$

$\% R = 1.13\%$

Calibre AWG-KCM	Tc = 75°C				Tc = 90°C			
	Fp= 80%		Fp= 100%		Fp= 80%		Fp= 100%	
	No Metálico	metálico						
20	33.13	33.12	41.30	41.30	34.73	34.73	43.30	43.30
18	20.86	20.86	26.00	26.00	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	10.76	10.76
12	5.25	5.25	6.47	6.47	5.50	5.50	6.77	6.77
10	3.32	3.32	4.06	4.06	3.48	3.48	4.26	4.26
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	0.599	0.594	0.667	0.667
1/0	0.388	0.381	0.400	0.401	0.403	0.397	0.419	0.420
2/0	0.320	0.312	0.316	0.317	0.333	0.325	0.332	0.333
3/0	0.268	0.260	0.261	0.253	0.278	0.270	0.274	0.265
4/0	0.225	0.217	0.210	0.202	0.233	0.225	0.220	0.211
250	0.201	0.193	0.178	0.171	0.208	0.200	0.189	0.179
300	0.178	0.170	0.151	0.144	0.184	0.175	0.158	0.150
350	0.162	0.154	0.131	0.124	0.167	0.159	0.137	0.130
400	0.151	0.142	0.116	0.110	0.156	0.146	0.121	0.115
500	0.145	0.125	0.095	0.090	0.138	0.128	0.099	0.094
600	0.124	0.114	0.081	0.076	0.128	0.117	0.084	0.080
750	0.144	0.103	0.068	0.064	0.116	0.105	0.070	0.066
1000	0.105	0.093	0.054	0.052	0.107	0.094	0.056	0.054

FACTORES DE CAIDA DE TENSION (Fc)

TABLA No 12



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	(3/4")	(1")	(1 1/4")	(1 1/2")	(2")	(2 1/2")	(3")	(4")
mm	19	25	32	38	51	64	76	101
(3/4")	6	-	-	-	-	-	-	-
(1")	6	6	-	-	-	-	-	-
(1 1/4")	8	8	8	-	-	-	-	-
(1 1/2")	10	10	10	10	-	-	-	-
(2")	10	10	10	10	12	-	-	-
(2 1/2")	13	13	13	14	14	15	-	-
(3")	15	15	15	16	16	17	17	-
(4")	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	40.49	5.548
38	46.38	6.396
51	58.88	9.765
64	73.00	18.028
76	88.90	22.141
101	114.30	31.779

SEPARACION MINIMA ENTRE CENTROS DE TUBERIA CONDUIT DE ACERO GALVANIZADO.

DATOS DE TUBO CONDUIT DE ACERO GALVANIZADO TIPO SEMIPESADO

TABLA No 13

TABLA No 14

TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE DISTRIBUCION - DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS

Alto Voltaje Nominal	Bajo Voltaje Nominal	KVA	Dimensiones en Cms				Peso en kilogramos			Total
			A	B	C	D	Núcleo y Bobinas	Tanque y Accesorios	Acero	
400	120/240	10	58	58	46	82	86	28	48	185
		15	64	64	48	88	92	32	52	208
		25	78	78	58	102	106	42	62	253
		37.5	90	90	68	112	116	50	70	285
		50	110	110	85	130	134	60	80	328
10000 13200 13200 15000	138 A 000	10	103	61	46	78	82	48	62	192
		15	104	64	48	80	84	53	65	204
		25	105	65	53	81	84	58	71	218
		37.5	107	66	54	83	86	63	76	233
		50	111	67	56	85	88	68	81	248
6000	240 A 000	10	108	68	50	84	88	52	66	208
		15	110	70	52	86	90	57	71	221
		25	115	72	54	88	92	62	76	235
		37.5	122	75	58	96	100	70	86	268
		50	128	78	60	104	108	78	94	298
30000 34500	440V/254	10	109	69	50	84	88	52	66	208
		15	110	70	52	86	90	57	71	221
		25	115	72	54	88	92	62	76	235
		37.5	122	75	58	96	100	70	86	268
		50	128	78	60	104	108	78	94	298

TABLA No 15

TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE DISTRIBUCION - DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS

Alto Voltaje Nominal	Bajo Voltaje Nominal	KVA	Dimensiones en Cms				Peso en kilogramos			Total
			A	B	C	D	Núcleo y Bobinas	Tanque y Accesorios	Acero	
400	220Y/127	9	83	15	50	83	80	50	57	197
		15	85	17	50	83	80	50	57	208
		25	90	18	52	85	82	52	58	228
		37.5	95	19	54	88	84	54	60	248
		50	110	21	56	90	86	56	62	268
2100	220Y/127 440Y/254	9	108	18	50	84	80	50	57	208
		15	115	20	52	86	82	52	58	218
		25	121	21	54	88	84	54	60	228
		37.5	122	22	56	90	86	56	62	238
		50	122	22	56	90	86	56	62	238
6000	220Y/127 440Y/254	9	118	18	50	84	80	50	57	208
		15	119	19	52	86	82	52	58	218
		25	123	20	54	88	84	54	60	228
		37.5	123	20	54	88	84	54	60	228
		50	123	20	54	88	84	54	60	228
10000 13200 13200 15000	220Y/127 440Y/254	9	125	20	50	86	82	52	58	218
		15	128	21	52	88	84	54	60	228
		25	137	22	54	90	86	56	62	238
		37.5	145	23	56	92	88	58	64	253
		50	150	24	58	94	90	60	66	268
30000 34500	220Y/127 440Y/254	9	150	24	58	94	90	60	66	268
		15	152	25	60	96	92	62	68	278
		25	160	26	62	98	94	64	70	288
		37.5	167	27	64	100	96	66	72	298
		50	175	28	66	102	98	68	74	308

CARGA RECOMENDADA

WATTS POR M²

LUGAR	CARGA RECOMENDADA
AVITEAJES	10
DAYCOS	20
USO DE BARRIO O ALMACENES	2
CASAS PARA SUSTITUCION	20
CLUBES	20
EDIFICIOS INDUSTRIALES	20
EDIFICIOS DE OFICINAS	20
COCINAS	50
GARAJES COMERCIALES	5
HOSPITALES	20
HOTELES, INCLUYENDO CASAS DE APARTAMENTO CON APARATOS ELECTRICOS PARA COCINA	20
IGLESIAS	5
PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA	50
RESTAURANTES	10
TIENDAS	50

Factor de Demanda = $\frac{\text{Demanda Máxima} < (\text{en kW} \& \text{kVA})}{\text{Carga Conecta} \> \text{incluyendo} (\text{en kW} \& \text{kVA})}$

Factor de Diversidad = $\frac{\text{Suma de las Demandas Máximas Individuales} >}{\text{Sistema de la Demanda Máxima}}$

Factor de Carga = $\frac{\text{Promedio de Carga en un Período} <}{\text{Carga Máxima en el Mismo Período}}$

Factor de Utilización = $\frac{\text{Demanda Máxima} <}{\text{Potencia Nominal}}$

Factores de Demanda Aproximadamente Usuales

Comercial		Industrial	
Comercio	F. D.	Industria	F. D.
Alumbrado Público	1.00	Acetileno (Fca. de)	0.70
Apartamentos	0.35	Armarlos de Autos	0.70
Bancos	0.70	Carpinterías (Talleres de)	0.65
Bodcos	0.50	Carne (Empacadoras)	0.80
Casinos	0.85	Cartón (Productos de)	0.50
Correos	0.30	Cemento (Fca. de)	0.65
Escuelas	0.70	Ciegos (Fca. de)	0.80
Garajes	0.60	Dulces (Fca. de)	0.45
Hospitales	0.40	Función lineales de	0.70
Hotels chicos	0.50	Galletas (Fca. de)	0.55
Hotels Grandes	0.40	Hielo (Fca. de)	0.50
Iglesias	0.60	Herrerías (Talleres de)	0.50
Mercados	0.80	Imprentas	0.60
Multifamiliares	0.25	Jabón (Fca. de)	0.60
Oficinas	0.65	Lámina (Fca. Artísticas)	0.70
Restaurants	0.65	Lavandería (Mecánica)	0.80
Teatros	0.60	Nipulado (Talleres de)	0.75
Tiendas	0.65	Maquinaria	0.65
		Marmolería (Talleres de)	0.70
		Mecánico (Talleres)	0.75
		Muebles (Fca. de)	0.65
		Pan (Fca. mecánica de)	0.55
		Papel (Fca. de)	0.75
		Perforación (rotativas)	0.75
		Pinturas (Fca. de)	0.70
		Química (Industrial)	0.50
		Refinería (Petróleo)	0.60
		Relojería (Fca. de)	0.55
		Textiles (Fca. telas)	0.65
		Vestidos (Fca. de)	0.45
		Zapatos (Fca. de)	0.65

Interruptor tipo	Usado en tableros Tipo	Voltaje máximo C.A. o C.D.	No. de Poles	Rango en Amperes	CAPACIDAD INTERRUPTIVA-R.M.S. AMPERES SIMÉTRICOS						Especificación estándar IEC 270-1
					Basado sobre la lista de capacidades de UL.						
					V O L T S C. A.			V O L T S C. D.			
QO	QO-NQD	120/240C.A.	1-2	15-50-70	5000						1a
QO	QO-NQD	240C.A.	3	15-50	5000						1b
QIB	QO-NQD	240C.A.	2-3	70-100	5000						1c
ATL	IND. A	240C.A.	1	15-100	10000				5000		2a
A1L	IND.-8539	240C.A. 125C.D.	1	15-100	10000					5000	2b
A1B	NA1B-ML	240C.A. 125C.D.	1	15-100	10000				5000		2c
A1B	NA1B-ML	240C.A.	2-3	15-100	10000					5000	2d
Y1B	NY1B-ML	277C.A.	1	15-100		10000					2e
FA	ML-CBI	600C.A.	3	15-100			14000	14000		10000	2f
FA	ML-CBI	230C.D.	3	15-100	65000		25000	18000		10000	2g
KA			3	125-225	25000		22000	22000		10000	2h
KA			3	125-225	65000		35000	25000		10000	2i
LA			3	225-400	42000		30000	22000		10000	2j
LA			3	225-400	65000		35000	25000		10000	2k
MA			3	500-1000	47000		30000	22000		14000	3a
MA			3	500-1000	65000		33000	25000		14000	3b
PA		600C.A.	3	600-2000	65000		50000	42000			3c
PH		600C.A.	3	600-2000	125000		85000	65000			3d

Interruptor de alta capacidad interruptiva - Para interruptores tipo QO de 10000-AGI, consultar a nuestras oficinas.
A Ind. = Individual.

TAMAÑO MÍNIMO DE INTERRUPTOR RECOMENDADO EN SECUNDARIO DE TRANSFORMADORES SEGUN CAPACIDAD INTERRUPTIVA

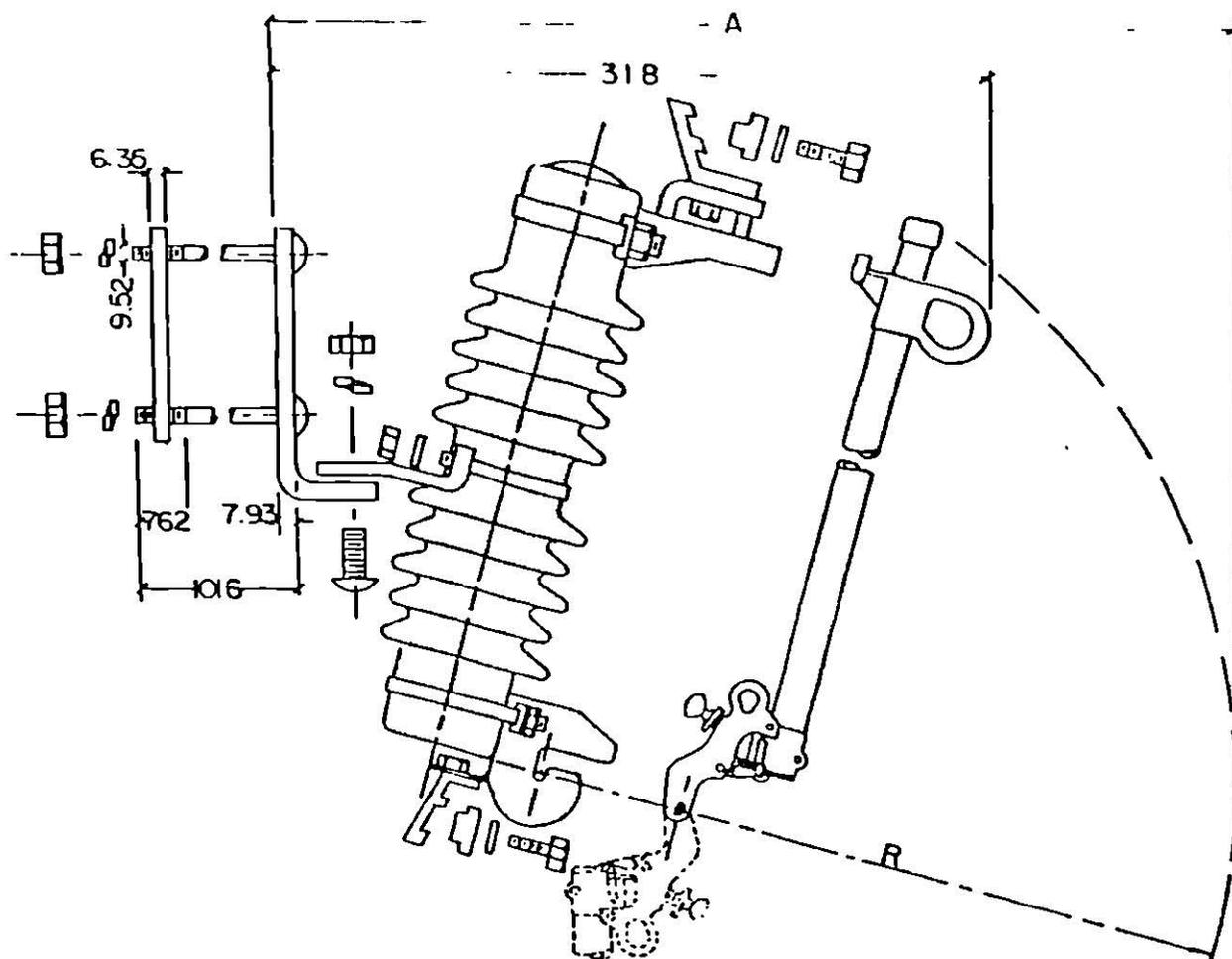
Transformador en KVA y por ciento de impedancia	Voltaje secundario (Volts)	Corriente secundaria máxima (Amps.)	Corriente simétrica total de corto circuito (RMS Amps.) (Combinado)	Interruptor derivado mínimo a usarse	
				Interruptor termomagnético	Interruptor electromagnético
112.5% 150	208	312	11000	TIPO-FA	MARCO 225A
	240	272	10000		
	480	136	5100		
150	208	416	12700	TIPO-FA	MARCO 225A
	240	361	11700		
	480	180	5900		
225	208	624	15100	TIPO-FA	MARCO 225A
	240	544	14100		
	480	272	7100		
300	208	631	15900	TIPO-FA	MARCO 225A
	240	552	14900		
	480	276	7400		
500	208	1088	20000	TIPO-LA	MARCO 600A
	240	960	18000		
	480	480	9000		
750	208	1632	29400	TIPO-LA	MARCO 600A
	240	1440	26400		
	480	720	13200		
1500	208	2776	52700	TIPO-LA	MARCO 1800A
	240	2400	46800		
	480	1200	23400		

Notas: Tabla basada en sistema primario de 500000 KVA de circuito corto.
Este tabla es válida para sistemas de distribución tipo "Capacidad Plena".

DENSIDAD DE CARGA P/ALGUNAS INDUSTRIAS

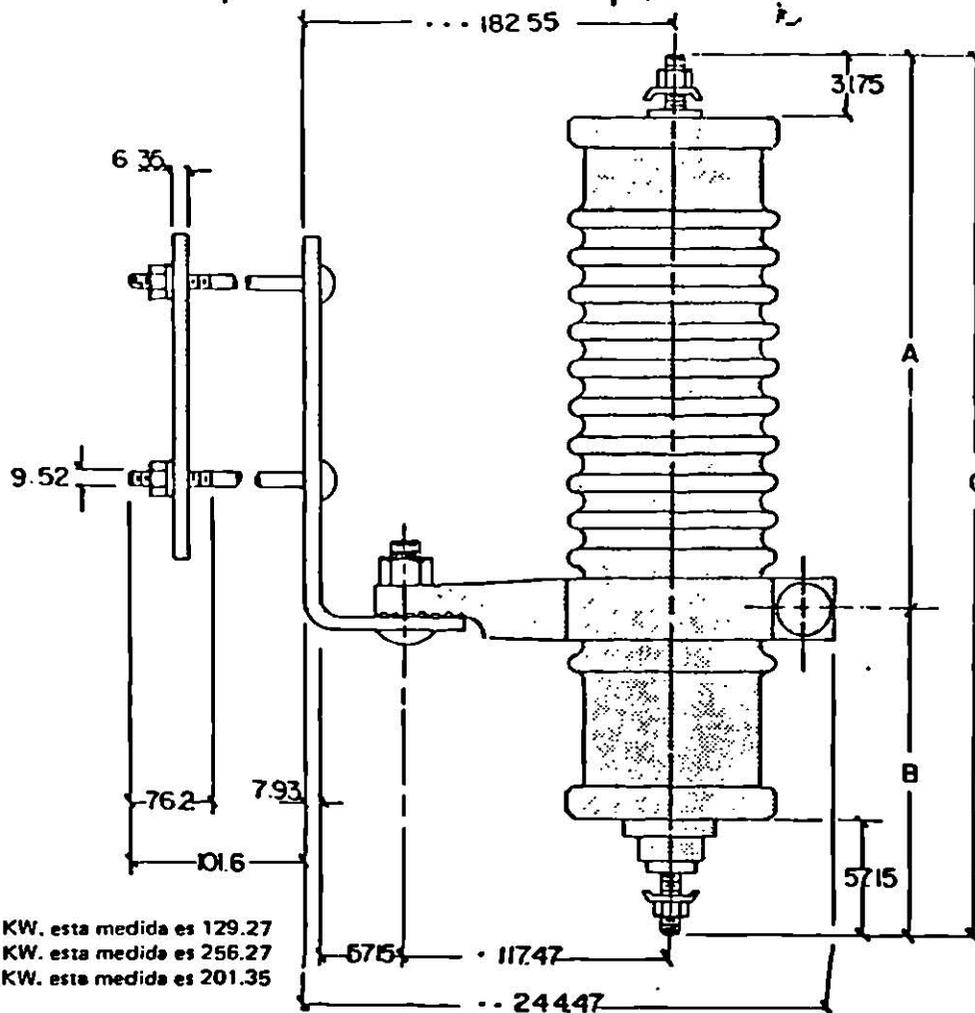
TIPO	DENSIDAD WATTS/M ²
INDUSTRIA AZUCARERA	160
CANTERAS	185
FAB. TEXTILES	110
FAB. DE CIGARROS	100
FAB. DE APARATOS ELECTRICOS	30
TALLER DE MANTENIMIENTO MECANICO Y DE MISC. HERRAMIENTAS	65
FAB. DE LAMPARAS ELECTRICAS	45
FAB. DE PEQUEÑAS PARTES MECANICAS	30

Cortacircuitos fusible descubierto clase distribución para 100 amp.



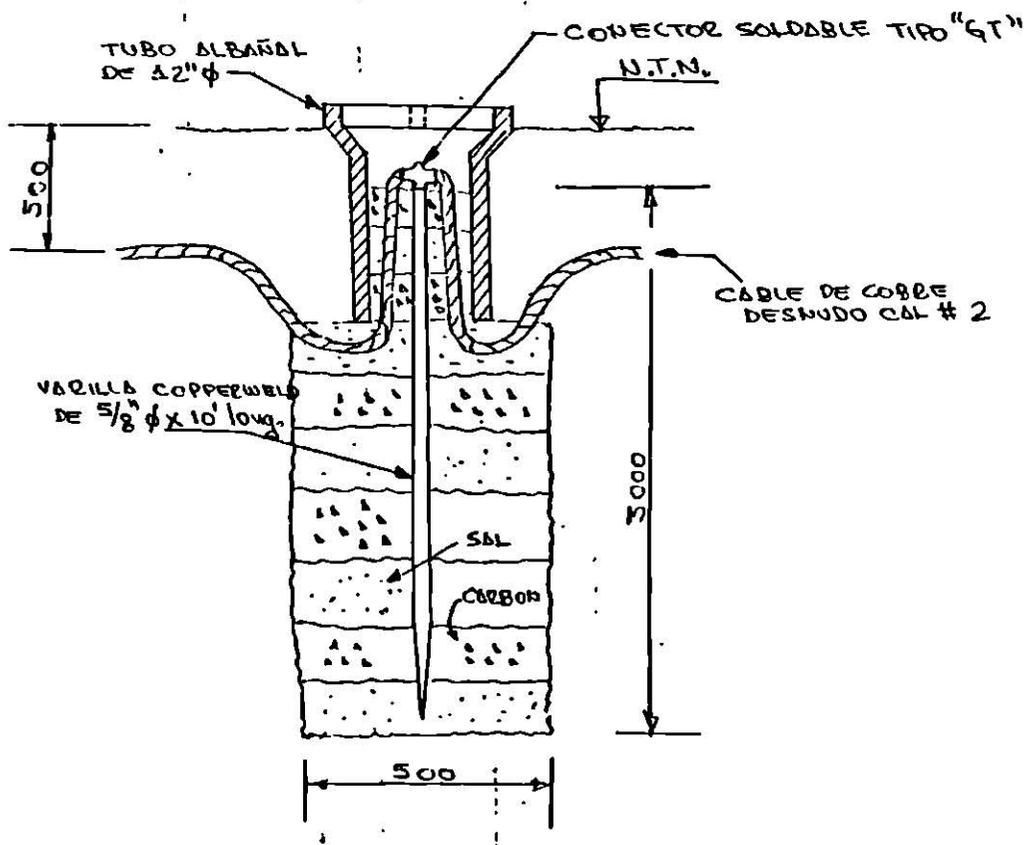
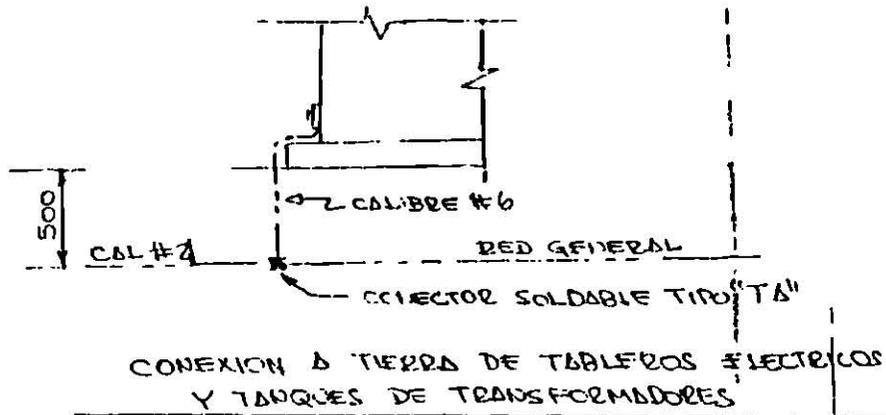
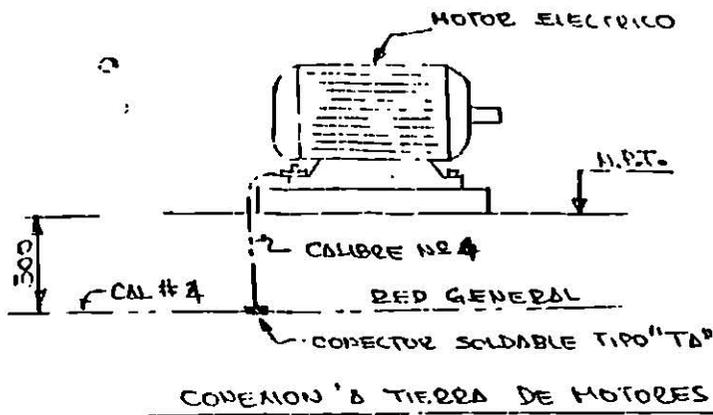
CATALOGO	VOLTAJE MAXIMO (KV.)	NIVEL BASICO DE IMPULSO (KV.)	CORRIENTE CONTINUA (AMP.)	RANGO DE INTERRUPCION AMP.		TAPON	A	R	PESO KG.
				SIMETRICOS	ASIMETRICOS				
C.C.- 7.8/15	15	95	100	5600	8000	NO EXPANSIBLE	638	320	9
C.C.- 15/27	27	125	100	4000	6000	NO EXPANSIBLE	698	470	10
C.C.- 27/34.5	38	150	100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

Apartarrayos Autovalvular distribución serie "B" para 5000 Amp.



CLASE	VOLTAJES					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



DETALLE TÍPICO DE VARILLA DE TIERRAS CON REGISTRO

TIERRAS

MATERIAL UTILIZADO

- 1.- CONDUCTOR A TIERRA
- 2.- CABLE DE COBRE SUAVE NO MENOR DE $\frac{3}{0}$ AWG HASTA 15 KV.
- 3.- PARA GRANDES SUBESTACIONES (20,000 KVA O MAS) USAR CABLE $\frac{4}{0}$

MATERIAL PARA EL ELECTRODO

- a) TUBO GALVANIZADO DE 25mm ϕ X 2MTS.
- b) VARILLA DE COBRE ACERO COPPERWELLD DE 16mm ϕ POR 3MTS. DE LARGO
- c) RESISTENCIAS DE TIERRA NO MAYORES DE 20- Ω

NUMERO DE ELECTRODOS

- PARA SUBESTACIONES PEQUEÑAS 2 (ELECTRODOS)
- PARA SUBESTACIONES MAYORES DE ~~1500~~ 1500 KVA, SE COLOCAN 20 (ELECTRODOS)
- 0 POR CADA 15 MTS² SE COLOCA UN ELECTRODO.

LOS FINES DE LA PUESTA A TIERRA SON:

- I.- FIJAR ~~EL~~ EL NIVEL DE POTENCIAL DE TODAS LAS MASAS METALICAS CON RESPECTO A TIERRA.
- II.- PROTEGER LAS MAQUINAS Y LOS APARATOS DE LAS SOBRECARGAS
- III.- ASEGURAR LA PROTECCION DEL PERSONAL, EN LO REFERENTE A LOS PELIGROS DE LA CORRIENTE ELECTRICA.

TIPOS DE TIERRAS

	OHMS/MTO
ARCILLA, MAREA, FOSIL, MANTILLO HUMEDO	10
ARENA HUMEDA	10 ²
ARENA FINA, YESO SECO	10 ³
BASALTOS	10 ⁴
ROCA COMPACTA	10 ⁵

NOTA: SUBESTACIONES DE COMISION DE 1 A 5 Ω /MTO
SUBESTACIONES PEQUEÑAS DE 10 A 25 Ω /MTO

SEPARACION MINIMA EN MILIMETROS ENTRF CENTROS DE CONDUITS VISIBLES

C	13 (1/2)"	19 (3/4)"	25 (1)"	31 (1 1/4)"	38 (1 1/2)"	51 (2)"	63 (2 1/2)"	76 (3)"	88 (3 1/2)"	101 (4)"	114 (4 1/2)"	127 (5)"	152 (6)"
13	35												
19	38	41											
25	44	47	50										
31	50	54	57	63									
38	54	57	60	67	73								
51	60	63	69	76	79	86							
63	67	69	75	83	85	92	102						
76	76	79	85	92	95	102	111	121					
89	85	88	92	98	102	111	118	127	137				
101	95	98	102	108	114	121	127	137	143	152			
114	102	105	108	114	121	127	133	145	152	159	165		
127	111	114	118	124	127	137	143	152	159	162	178	184	
152	127	130	133	139	143	152	159	168	178	184	194	203	219

ESLABONES FUSIBLES

S & C ELECTRIC COMPANY

Velocidad de fusión Estándar "K".

AMPERES NOMINALES	TIPO UNIVERSAL	
	VELOCIDAD	
	"STD"	"K"
1 1/2	64001.5	
2	64002	
3	64003	
5	64005	
6		265006
7	64007	
8		265008
10	64010	265010
12		265012
15	64015	265015
20	64020	265020
25	64025	265025
30	64030	265030
40	64040	265040
50	64050	265050
65	64055	265055
80	64080	265080
100	64100	265100
125	64125	
140		265140
150	64150	
200	64200	265200

FUSIBLES DE DISTRIBUCION

MARCA S & C

FACTORES DE CORRIENTE NOMINAL PARA PROTECCION DE TRANSFORMADORES
TRANSFORMADORES MONOFASICOS

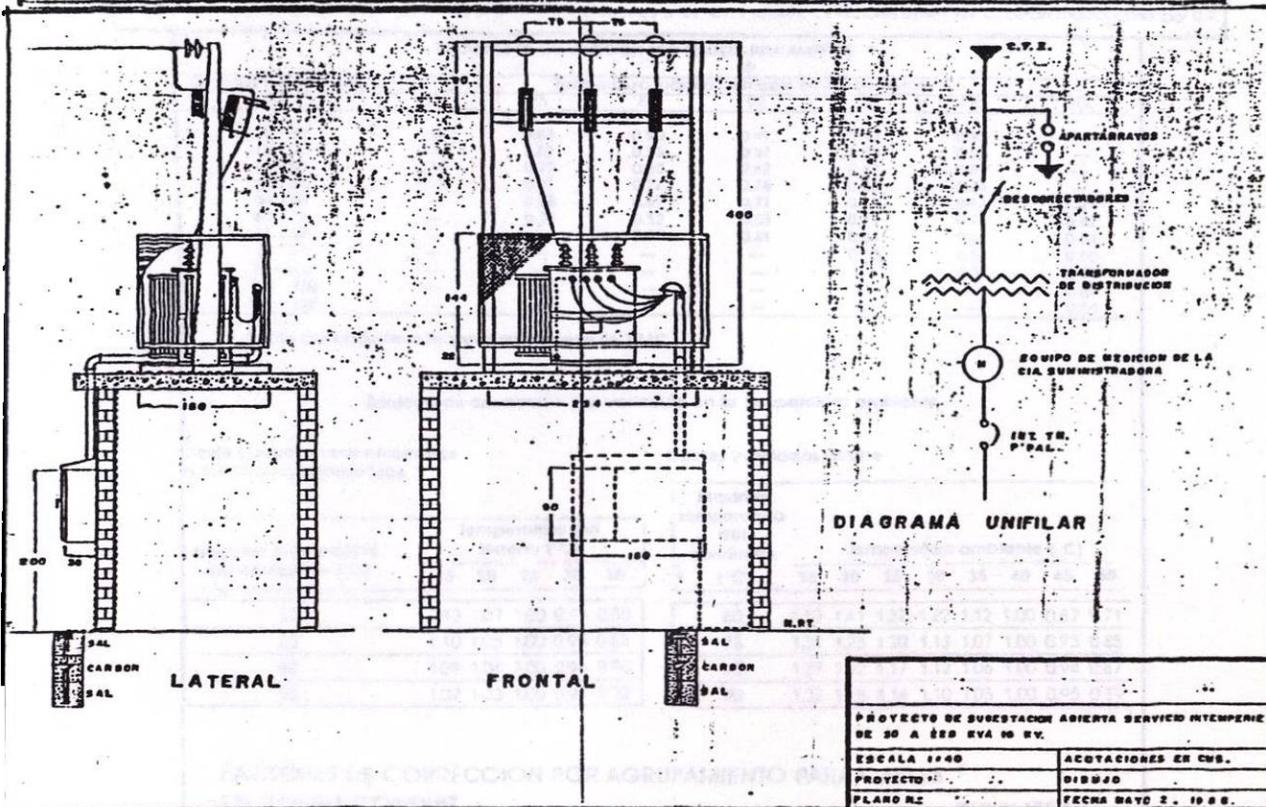
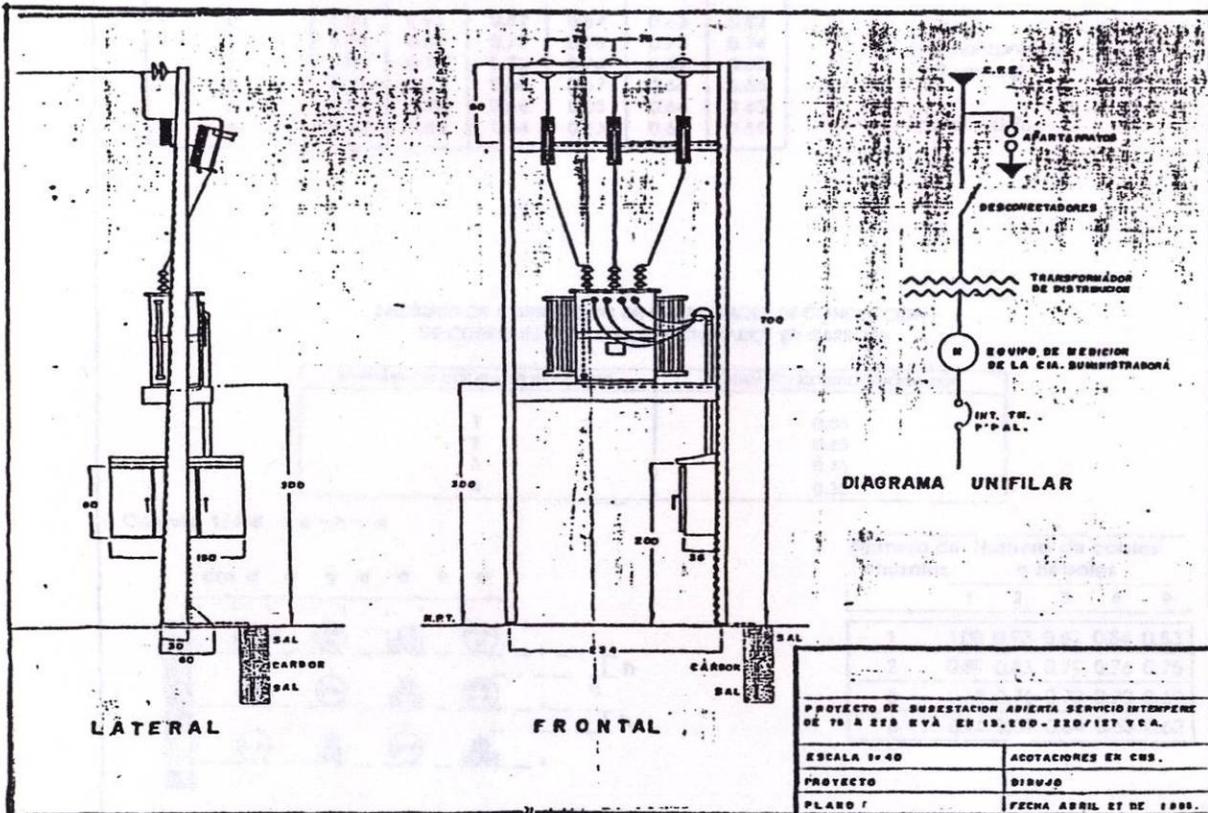
KVA	VOLTAJE PRIMARIO					
	2400	4160	2880	6900	10800	13200
3	3	2	2	1-1/2	2	1
5	5	3	3	2	2	1
10	10	5	5	3	3	2
15	15	7	7	4	4	2
20	20	10	10	5	5	3
30	30	15	15	7	7	4
40	40	20	20	10	10	5
50	50	25	25	12	12	6
75	75	37	37	18	18	9
100	100	50	50	24	24	12
150	150	75	75	36	36	18
200	200	100	100	48	48	24
300	300	150	150	72	72	36

TRANSFORMADORES TRIFASICOS

KVA	VOLTAJE PRIMARIO					
	2400	4160	2880	6900	10800	13200
3	3	2	2	1-1/2	2	1
5	5	3	3	2	2	1
10	10	5	5	3	3	2
15	15	7	7	4	4	2
20	20	10	10	5	5	3
30	30	15	15	7	7	4
40	40	20	20	10	10	5
50	50	25	25	12	12	6
75	75	37	37	18	18	9
100	100	50	50	24	24	12
150	150	75	75	36	36	18
200	200	100	100	48	48	24
300	300	150	150	72	72	36

NOTA:

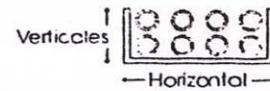
- Los valores indicados en la columna de la izquierda, en cada voltaje se añaden a las normas más comunes de E. U. A. los de la columna de la derecha son valores mínimos, en parte de un factor de seguridad de 1.5
- El uso de los fusibles de la capacidad mínima indicada asegura la protección máxima del transformador contra fallas en el secundario próximas a él.
- El elemento fusible de los fusibles S & C es de plata por lo que no se dañan por la corrosión atmosférica, vibraciones o truenos y sobrecorrientes tolerables. En consecuencia no es necesario sustituir los fusibles ni fundidos en una instalación manifiesta o traída cuando uno o dos de los fusibles se han fundido.
Para casos especiales de coordinación, protección contra sobrecargas, operación retro-alta, etc. consulte su caso con nuestro departamento especializado en protección de circuitos de alta tensión, sin costo alguno.



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



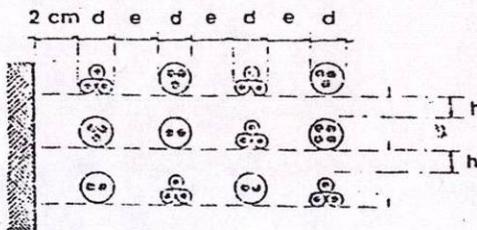
Ej 4 horizontal y 2 vertical

Factor = 0.76

FACTORES DE CORRECCION DE CAPACIDADES DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA CABLES ENROLLADOS EN CARRETES

Número de capas en el Carrete	Multiplicar la ampacidad por
1	0.95
2	0.65
3	0.45
4	0.35

i) Cuando $1/4 d < e y h < d$



Número de charolas o tréboles	Número de cables				
	1	2	3	6	9
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62

En el caso de que los cables estén separados al que libre y expuestos a los rayos solares, los factores anteriores deberán multiplicarse por 0.9.

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE *

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 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 PARA CABLES EN TUBERIA CONDUIT

(SEGUN NFIE-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

Nota: estos factores se aplican en el caso de ser todos conductores para alumbrado o fuerza. Los

