

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA SUBESTACION ELECTRICA

TEMA DE SUSTENTACION QUE PARA OBTENER  
EL TITULO DE:

## INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTA

ROBERTO ROJAS MENDIVIL

CARRANZA DE LOS GARZA, N. L.

ENERO DE 1996

T

TK175

86

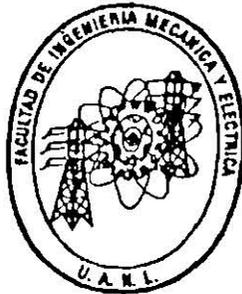
C.1



1080064437

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE UNA SUBESTACION ELECTRICA

TEMA DE SUSTENTACION QUE PARA OBTENER  
EL TITULO DE

## INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTA

***ROBERTO ROJAS MENDIVIL***

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.

ENERO 1996

T  
TK1751  
R6



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

*Tesis*



BU Raúl Rangel Flores  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

# **TESINA**

## **DISEÑO Y MANTEMIENTO DE UNA SUBESTACION ELECTRICA.**

<b>INDICE.</b>	<b>PAG.</b>
Introducción .....	1

### **CAPITULO 1**

<b>SUBESTACION ELECTRICA</b> .....	<b>3</b>
1.1. Tipos de Subestaciones .....	3
1.2. Características Eléctricas de las Subestaciones .....	4

### **CAPITULO 2**

<b>PRINCIPALES ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION</b> .....	<b>5</b>
2.1. El transformador .....	7
2.1.1. Tipos de transformadores .....	7
2.1.2. Tipos de conexiones en transformadores .....	11
2.1.3. Banco de transformadores .....	13
2.1.4. Pruebas a los transformadores .....	13
2.1.5. Instalación de los transformadores .....	14
2.1.6. Operación .....	15
2.1.7. Mantenimiento .....	15
2.2. Interruptores .....	20
2.2.1. Características de los interruptores .....	21
2.2.2. Tipos de interruptores .....	23
2.2.3. Fallas de los interruptores .....	24
2.3. Cuchillas desconectadoras .....	25
2.3.1. Tipos de cuchillas .....	26
2.4. Fusibles .....	27
2.4.1. Características de los fusibles .....	28
2.4.2. Tipos de fusibles .....	28
2.5. Apartarrayos .....	30
2.6. Restauradores .....	32
2.7. Aisladores .....	33
2.8. Tableros eléctricos .....	33
2.9. Protecciones principales en las subestaciones .....	35

### CAPITULO 3

<b>REDES DE TIERRA</b> .....	36
3.1. Disposición de las redes de tierra .....	36
3.2. Tipos de tierras .....	37

### CAPITULO 4

<b>CAPACITORES</b> .....	38
4.1. Bancos de capacitores .....	38
4.2. Factor de potencia .....	39
4.3. Corrección del factor de potencia .....	40

### CAPITULO 5

<b>MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACION</b> .....	41
5.1. Prueba y puesta en servicio de una subestación .....	42
5.1.1. Tipos de prueba .....	42
5.2. Plantas de emergencia .....	45

### CAPITULO 6

<b>DISEÑO ELECTRICO DE LA SUBESTACION</b> .....	46
6.1. Requisitos mínimos a considerar en el diseño de la subestación .....	46
6.2. Desarrollo .....	48
6.2.1. Cálculo de la potencia del transformador .....	48
6.2.2. Cálculo de protecciones y cables en alta tensión .....	50
6.2.3. Cálculo de protecciones, cables y tubería en baja tensión .....	51
6.2.4. Cálculo de cable del transformador .....	51
6.2.5. Protección de la sección "A" .....	52
6.2.6. Protección de la sección "B" .....	53
6.2.7. Protección general de cada uno de los ramales .....	67
6.2.8. Sistema de tierra .....	67
Diagrama Unifilar	
Tablas	

## **INTRODUCCION**

La ingeniería eléctrica tiene por objeto convertir en energía eléctrica otras formas de energía, la transmisión y distribución de la energía en forma eléctrica, su regulación y transformación para su posterior utilización.

Durante algunos años a futuro no se visualizaban cambios notables en las formas convencionales de generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, es decir que se seguirá generando por los métodos conocidos incluyendo a las plantas nucleoelectricas, existirán subestaciones eléctricas como las conocidas actualmente quizás con algunas variantes constructivas en el equipo principalmente, la transmisión y distribución de la energía eléctrica probablemente no sufra cambios substanciales por lo que se puede decir que en principio los aspectos relacionados son el diseño con mas o menos convencionales.

No obstante lo anterior es necesario tener claro los conceptos relacionados con el diseño de las subestaciones eléctricas ya que intervienen tantos elementos y criterios que en un momento dado se puede diseñar de acuerdo a ciertas normas o recomendaciones sin tener claridad de conceptos que permitan adoptar soluciones alternativas, que satisfagan mejor algunas condiciones técnicas o económicas y tomar decisiones mejor fundamentadas sobre las características relevantes del equipo a emplear.

Las consideraciones anteriores conducen a la necesidad de contar con una referencia que permitan tener los elementos necesarios para el diseño de subestaciones eléctricas desde un punto de vista práctico tal que al Ingeniero o Técnico en ejercicio le sirva de auxilio directo y confiable y al estudiante del tema le de una información mas próxima a la necesidad basándose en conceptos mas o menos convencionales de la Ingeniería dirigidos fundamentalmente a la aplicación para la solución de problemas reales lo que obviamente requiere de conceptos mas o menos precisos relacionados en principio con las instalaciones eléctricas.

Es tal la importancia de la energía eléctrica hoy en la actualidad, que gran parte de nuestras actividades depende de ella. Es por eso que nos abocaremos principalmente al estudio de la transformación de las características de la energía eléctrica por medio de la subestación eléctrica..

## **FINALIDAD DE UNA SUBESTACION ELECTRICA.**

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

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

Las características de una subestación a otra varía mucho en lo que respecta a la selección del equipo, porque aunque el voltaje y la carga sean iguales, las subestaciones pueden necesitar diferente equipo y de dimensiones variadas, dependiendo del corto circuito máximo que se puede presentar en el lugar.

La característica del corto circuito varía si la carga consiste en motores de inducción y sincros ya que éstos, en el momento de la falla, contribuyen a la corriente de corto circuito actuando como generadores. La mayoría de las industrias y centros de carga eléctricos en México son de pequeña y mediana capacidad; naturalmente, excluyendo las grandes subestaciones de distribución y transporte de energía eléctrica que tiene instaladas la C.F.E. al principio y al final de sus líneas de transmisión para el transporte de la cantidad de energía tan considerable que puede demandar una ciudad entera; también podríamos citar algunas empresas privadas o descentralizadas cuyo consumo de energía es muy alto ( más de 5000 KVA) y no cabría el tenerlas consideradas entre las industrias de mediana capacidad.

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

## CAPITULO 1

### SUBESTACION ELECTRICA

Una subestación eléctrica es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tiene la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica ( tensión y corriente ), y de proveer un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema.

#### 1.1 TIPOS DE SUBESTACIONES

Desde el punto de vista de la función que desempeñan las subestaciones se pueden clasificar como sigue:

##### Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.

Estas se encuentran adyacentes a las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad para modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores para permitir la transformación en alta tensión en las líneas de transmisión, a este respecto se puede mencionar que los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 y 25 KV, y la transmisión dependiendo del volumen de energía y la distancia se puede efectuar a 69, 85, 115, 138, 230 o 440 KV, en algunos países se emplean tensiones de transmisión de 765, 800 y hasta 1200 KV en C.A.

##### Subestaciones receptoras primarias.

Estas son alimentadas directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de subtransmisión o las redes de distribución, de manera que dependiendo de la tensión de transmisión puede tener en su secundario tensiones del orden de 115, 69 y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9 ó 4.16 KV.

##### Subestaciones receptoras secundarias.

Estas son por lo general alimentadas de las redes de subtransmisión y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones comprendidas entre 34.5 y 13.2 KV.

Las subestaciones eléctricas también se pueden clasificar por el tipo de instalación como:

##### Subestaciones tipo intemperie.

Estas subestaciones se construyen en terrenos expuestos a la intemperie y requieren de un diseño, aparatos y máquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas (lluvia, viento, nieve e inclemencias atmosféricas diversas) por lo general se adoptan en los sistemas de alta tensión.

### **Subestaciones de tipo interior.**

En este tipo de subestaciones los aparatos y máquinas que se usan están diseñados para operar en interiores, esta solución se usaba hace algunos años en la práctica europea, actualmente son pocos los tipos de subestaciones tipo interior y generalmente son usados en las industrias incluyendo la variante de las subestaciones del tipo blindado.

### **Subestaciones tipo blindado.**

En estas subestaciones los aparatos y las máquinas se encuentran muy protegidos y el espacio necesario es muy reducido en comparación a las construcciones de subestaciones convencionales, por lo general se usan en el interior de fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieren de poco espacio para estas instalaciones, por lo que se usan por lo general en tensiones de distribución y utilización.

## **1.2 CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LAS SUBESTACIONES**

En las subestaciones eléctricas los parámetros eléctricos sobre los cuales se hace la selección de las características constructivas y de los equipos y aparatos son básicamente cuatro:

- 1.- Las tensiones a que trabajará la instalación.
- 2.- El nivel de aislamiento admisible de los aparatos por instalar.
- 3.- La corriente máxima que se prevee en servicio continuo (a la máxima potencia).
- 4.- La corriente de cortocircuito.

En las subestaciones conectadas a las plantas generadoras se preveen básicamente dos sistemas, uno que opera a la tensión de generación y que transforma a las tensiones necesarias en los servicios auxiliares de la planta y el otro a las tensiones de transmisión usadas.

En las subestaciones receptoras secundarias se definen las tensiones de operación en el lado de la transmisión por la tensión usada en las líneas y en el otro lado por los valores usados para la distribución.

## CAPITULO 2

### PRINCIPALES ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION ELECTRICA.

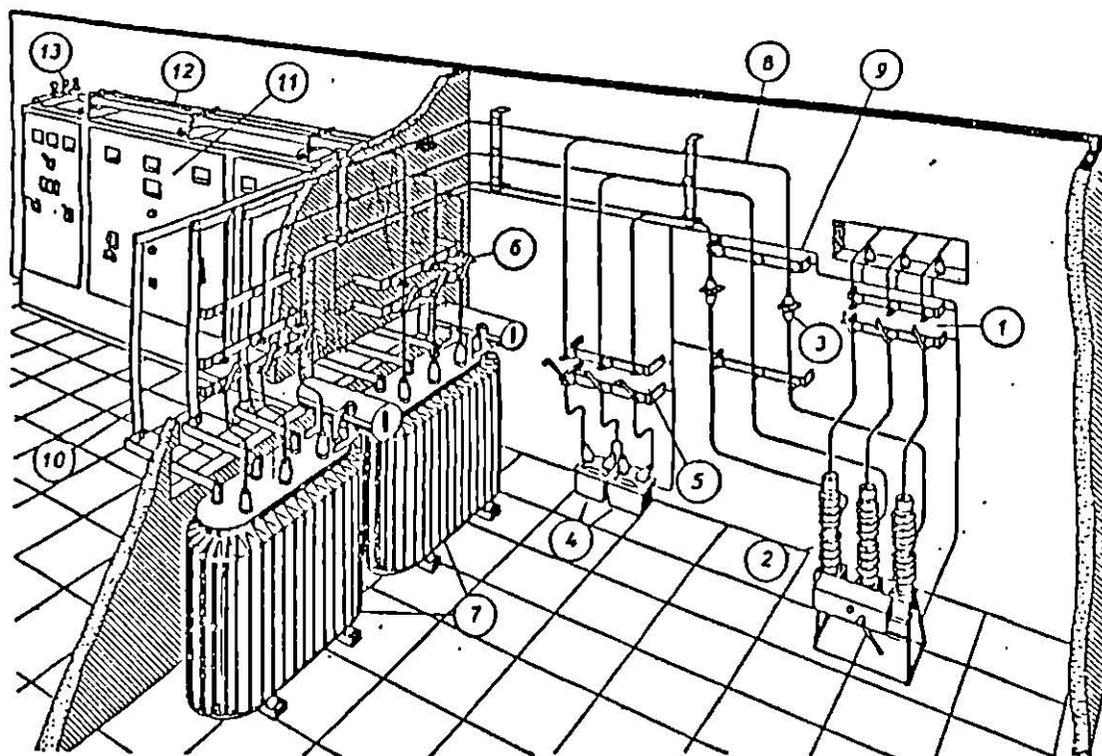
#### INTRODUCCION:

Siempre es conveniente tener una idea de cuáles son los principales componentes que constituyen una subestación eléctrica, así como la función que desempeñan dentro de los sistemas con el objeto de analizar con mayor propiedad las características mas importantes para una aplicación específica.

En particular para aquellas personas que se inician con los problemas de diseño es útil saber que características deben resaltar de entre otras para un equipo, aparato o parte de una instalación ya que corre el riesgo de que por desconocimiento de algunos conceptos se incurra en errores de apreciación o de selección.

Se puede mencionar que todos los elementos de una subestación eléctrica tienen una función que desempeñan y cada uno es importante de acuerdo a la ubicación que guardan dentro de la instalación, sin embargo es obvio que es necesario conocer con cierto detalle aquellos elementos que por la función que desempeñan resultan de mayor importancia.

ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA SUBESTACION ELECTRICA DE MEDIA POTENCIA Y MEDIA TENSION.



- 1.- Cuchillas desconectoras.
- 2.- Interruptor principal.
- 3.- TC.
- 4.- TP.
- 5.- Cuchillas desconectoras para sistema de medición.
- 6.- Cuchillas desconectoras de los transformadores de potencia.
- 7.- Transformadores de potencia.
- 8.- Barras de conexión,
- 9.- Aisladores soportes.
- 10.- Conexión a tierra.
- 11.- Tablero de control y medición.
- 12.- Barras de tablero.
- 13.- Sujeción de tablero.

A continuación se describirán, a grandes rasgos las características mas importantes del equipo principal que se instala en una subestación eléctrica:

## **2.1. EL TRANSFORMADOR.**

Es la parte mas importante de una subestación eléctrica ya sea por la función que representa de transferir la energía eléctrica en un circuito a otro que son por lo general de diferente tensión y solo están acoplados magnéticamente. Este dispositivo convierte la energía eléctrica alterna en un cierto nivel de voltaje, en energía eléctrica alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o mas bobinas de alambre aislados entre si eléctricamente por lo general y arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

### **2.1.1. TIPOS DE TRANSFORMADORES.**

Los transformadores desde el punto de vista del medio refrigerante se pueden dividir en dos grupos:

- Transformadores con aislamiento en seco.
- Transformadores con aislamiento en aceite.

Los transformadores en seco tienen su parte activa en contacto directo con un medio aislante gaseoso (por lo general aire), o bien con un medio aislante sólido como por ejemplo resinas, materiales plásticos, etc. Estas máquinas por lo general se construyen para potencias hasta de algunos KVA y con tensiones que normalmente no exceden a la clase de 15 KV por lo que su empleo es reducido casi a los servicios auxiliares de algunas otras instalaciones o como parte integrante de las instalaciones secundarias industriales o comerciales.

Los transformadores en aceite tienen en cambio su parte activa sumergida en aceite mineral (derivados del petróleo), por lo que en estas máquinas de hecho no se tienen limitaciones ni la potencia ni en las tensiones ya que es común encontrar transformadores hasta de 400 MVA y con tensiones del orden de 500 KV y en algunos casos con valores superiores de potencia y tensión como los usados en las redes eléctricas de Estados Unidos, Rusia y Canadá, solo por mencionar algunos casos.

El aspecto del medio de enfriamiento es tan importante que existe una clasificación de los transformadores con relación a esto y que están referidas a las recomendadas por la Comisión Internacional de Electrotécnica como sigue:

### **Transformadores tipo seco.**

- Con enfriamiento por aire natural.
- Con circulación forzada del aire en el exterior por medio de ventiladores.
- Con circulación forzada de aire en el núcleo y los devanados.

### **Transformadores en aceite.**

- Circulación natural del aceite y del aire. (tipo OA)
- Circulación natural del aceite y aire auxiliado por circulación forzada del aire con ventiladores en los tubos radiadores.
- Circulación forzada de aceite y circulación natural del aire.
- Circulación forzada de aceite y circulación forzada del aire.
- Circulación forzada de aceite y circulación forzada del agua por medio externos.
- Circulación forzada del agua.

Un aspecto importante a considerar con respecto al medio de enfriamiento de los transformadores es que la disipación del calor por convección que resulta la mas importante en los equipos eléctricos disminuye con la altitud, es decir, que a mayor altura de operación sobre el nivel del mar debido a la variación en la densidad del aire, la disipación del calor se hace menos efectiva por lo que es común que los fabricantes de transformadores los diseñan para disipar la temperatura en forma normal hasta una altitud de 1000 metros sobre el nivel del mar reduciendo entonces su capacidad (potencia) a mayor altitud debido a la reducción que se sufre en la disipación de calor, pudiéndose expresar esta reducción en forma aproximada como un factor que se aplica por cada 100 metros sobre una altura de 1000 metros sobre el nivel del mar siendo estos factores para los casos mas comunes los siguientes:

- Para transformadores en aceite con enfriamiento natural (auto-enfriados) 0.4%
- Para transformadores en aceite con circulación de aire forzado 0.5%
- Para transformadores en aceite con circulación forzada de aceite y circulación forzada de aire 0.5%
- Transformadores secos con enfriamiento natural (auto-enfriados) 0.3%
- Transformadores secos con ventilación forzada 0.5%

## **TRANSFORMADORES DE POTENCIA.**

Los transformadores de potencia se fabrican de dos tipos de núcleos. El primero de ellos consiste en una pieza rectangular de acero laminado, con los devanados arrollados alrededor de dos lados del rectángulo. Este tipo de estructuras es conocida como tipo de núcleo como se muestra en la Fig. 1. El otro tipo consiste en un núcleo de tres columnas, laminado, con los devanados de arrollamiento alrededor de la columna central. Este tipo de estructuras se le conoce como tipo acorazado y se muestra en la Fig. 2. En ambos casos el núcleo está construido de láminas delgadas aisladas eléctricamente una de la otra para reducir las corrientes parásitas a un mínimo.

A los transformadores de potencia suele dárseles una variedad de nombres diferentes, dependiendo de la función que cumplen en el sistema de potencia. Un transformador conectado a la salida de un generador y destinado a elevar el voltaje a niveles de transformación (superior a 110 KV), algunas veces se les denomina transformador de unidad. Al transformador del otro extremo de la línea de transmisión, destinado a reducir el voltaje de transmisión hasta niveles de distribución (entre 2.4 KV y 34.5 KV), se le conoce como transformador de subestación. Finalmente, al transformador que toma el voltaje de distribución y lo reduce hasta los valores reales de utilización (120V, 240V, 127V, 220V, etc.) es llamado transformador de distribución. Todos estos dispositivos son en esencia los mismos, la única diferencia entre ellos es su utilización específica.

Las principales partes que constituyen un transformador de potencia son el núcleo magnético, los devanados, el conmutador o cambiador de derivaciones (en vacío o baja carga), el tanque, los dispositivos de enfriamiento, las boquillas así como otros accesorios (ruedas de rolar, ganchos de sujeción, etc.)

## **TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO.**

Los transformadores de instrumento son unos dispositivos electromagnéticos cuya función principal es 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 en general.

Los aparatos de medición y protección que se montan sobre los tableros de una subestación no están contruidos para soportar ni grandes tensiones, ni grandes corrientes. Con el objeto de disminuir el costo y los peligros de las altas tensiones dentro de los tableros de control y protección, se dispone de los aparatos llamados transformadores de corriente y transformadores de potencial que representan a escalas muy reducidas, las grandes magnitudes de corriente o tensión respectivamente. Normalmente estos transformadores se construyen con su secundario para corrientes de 5 amperes o tensiones de 120 volts.

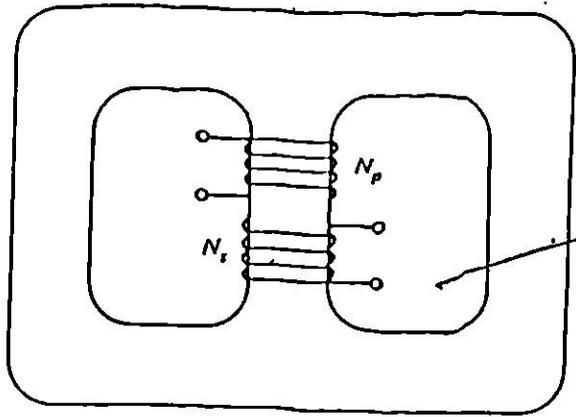


FIG. 1



FIG. 2

### **TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.**

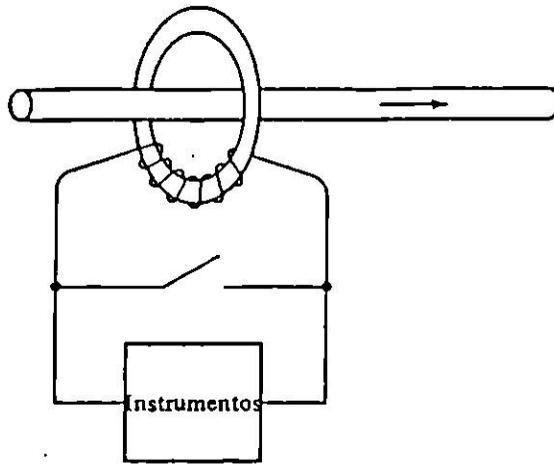
Los llamados transformadores de potencial se emplean para medición y/o protección; su nombre se debe a que la cantidad principal por variar es la tensión, o sea que permite reducir un voltaje de un valor que puede ser muy alto a un valor utilizado por los instrumentos de medición o protección (generalmente 127 volts.)

El transformador de potencial, es un transformador de bobinado especialmente con su primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión. Su potencia nominal es muy pequeña y su único propósito es entregar una muestra de voltaje del sistema a los instrumentos de medición. Como su finalidad principal es el muestreo de la medición (tensión), debe ser muy preciso para que no distorsione los valores verdaderos.

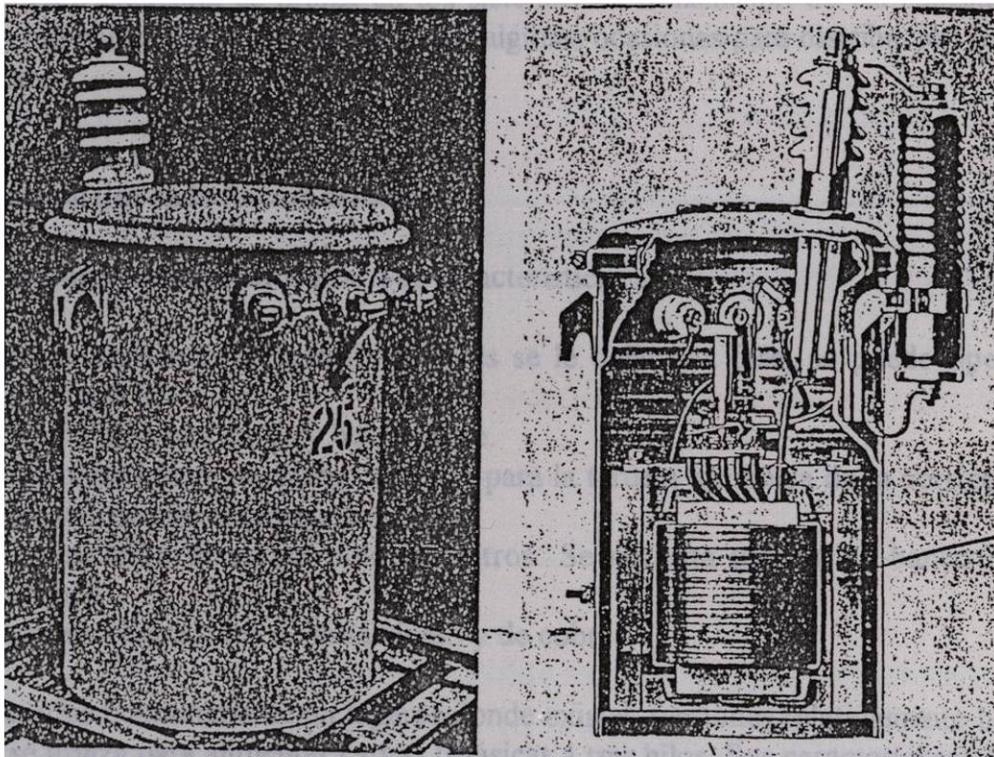
### **TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.**

El transformador de corriente toma la muestra de corriente de una línea y la reduce a un nivel de magnitud seguro y medible. Consiste en un devanado secundario arrollado sobre un anillo de material ferromagnético y por cuyo centro atraviesa la línea primaria. El anillo conecta y guarda una pequeña muestra del flujo de la línea primaria, el cual induce voltaje y corriente en el arrollamiento secundario. Los valores nominales de esos transformadores se expresan en forma de relación entre la corriente primaria y secundaria, algunos de estos valores típicos pueden ser 600/5, 800/5 y 1000/5 (solo por citar algunos ejemplos) la corriente nominal secundaria es por lo general de 5 amperes según normas.

Es muy importante mantener cortocircuitado el transformador de corriente, puesto que al dejar abierto el secundario origina en él altos voltajes. Por ello la mayoría de los relés y demás equipos que reciben señal de transformadores tienen un dispositivo que no permite la remoción del aparato al menos que se ponga en corto el transformador de corriente.



Esquema del transformador de corriente.



(a)

(b)

(a) Transformador típico de distribución de 13.2 kV a 120/240 V. (Cortesía de la General Electric Company). (b) Corte del transformador de distribución que muestra en su interior un transformador de tipo acorazado. (Cortesía de la General Electric Company).

### **2.1.2. TIPOS DE CONEXIONES EN TRANSFORMADORES.**

Para seleccionar un transformador es necesario conocer las ventajas y desventajas de cada una de las conexiones más utilizadas. Dichas conexiones son:

**Estrella-Estrella.** Esta conexión se emplea en tensiones muy elevadas y sus características son:

- Aislamiento mínimo.
- Cantidad de cobre mínimo.
- Circuito económico para baja carga y alto voltaje.
- Los dos neutros son accesibles.
- Alta capacitancia entre espiras, que reduce los efectos dialécticos durante los transitorios debidos a la tensión.
- Neutros inestables, sino se conectan a tierra.

**Estrella-Delta.** Esta conexión se utiliza en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir el voltaje, es empleada en algunas ocasiones para distribución rural a 20 KV. Sus características son:

- No se puede conectar a tierra el lado secundario.
- Se eliminan los voltajes de la tercera armónica.

**Estrella-Estrella con terciario en Delta.** Sus características son:

- En caso de que a un banco de transformadores se le dañe una fase, se puede operar utilizando la conexión delta abierta o V.
- Circuito económico para alta carga y bajo voltaje.
- Los dos deltas proporcionan un camino cerrado para la tercera armónica de la corriente magnetizante, lo cual elimina los voltajes de la tercera armónica.
- No se puede conectar a tierra los puntos neutros. Se necesita utilizar un banco de tierra lo cual encarece más el banco.
- Se necesitan mayores cantidades de aislamiento y de cobre.

**Delta-Delta.** Se utiliza comúnmente en lugares donde existen tensiones relativamente bajas: en sistemas de distribución se utiliza para alimentar cargas trifásicas a tres hilos. Sus características son:

- Se pueden conectar los devanados primarios y secundarios sin desfaseamiento.
- No tiene hilo de retorno a la corriente de secuencia cero.

**Delta-Estrella.** Esta conexión se emplea en aquellos sistemas de transmisión en que es necesario elevar voltajes de generación, en sistemas de distribución conviene porque se pueden tener dos voltajes diferentes entre fase y neutro. Sus características son:

- Al aterrizar el neutro del secundario se aíslan las corrientes de tierra de secuencia cero.
- Se eliminan los voltajes de la tercera armónica.

**Delta abierta-Delta abierta.** Esta puede considerarse como una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si en un transformador se quema o sugre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos fases, solo que su capacidad disminuya a un 58% aproximadamente. Los transformadores trifásicos en V-V se emplean en sistemas de baja capacidad y usualmente operan como autotransformadores.

**Zig-Zag.** Se utiliza en transformadores de tierra conectados a bancos en conexión delta, para tener en forma artificial una corriente de tierra que energice las protecciones de tierra correspondiente.

### **CONEXION EN PARALELO DE LOS TRANSFORMADORES.**

Los transformadores a menudo se construyen con bobinas partidas que se pueden conectar o en serie o en paralelo, con el fin de proporcionar varias combinaciones de voltaje-corriente. Se encuentran en paralelo aquellos transformadores cuyos primarios están conectados a una misma fuente y los secundarios a una misma carga. Es posible adicionar transformadores en paralelo si los requerimientos de carga exceden las especificaciones del equipo en línea, es decir, cuando las capacidades de generación son muy elevadas.

Para la conexión en paralelo de dos o mas transformadores se deben cumplir las siguientes condiciones:

- 1.- Igual tensión en vacío de los devanados correspondientes a cada transformador.
- 2.- La misma polaridad de los devanados.
- 3.- Igualdad entre las tensiones de cortocircuito y las componentes activa y reactiva de la misma magnitud.
- 4.- Misma frecuencia.
- 5.- Es recomendable dentro de lo posible y con objeto de tener mejor condición de operación que los transformadores tengan igual impedancia.

### **2.1.3. BANCO DE TRANSFORMADORES.**

Los transformadores de potencia se pueden proteger por cualquiera de las protecciones siguientes:

**Diferencial.-** Se utiliza en los bancos como protección primaria, con una protección de repelado que pueden ser de sobrecorriente de dos fases. Debemos tener en consideración que la protección primaria debe operar con la mayor rapidez posible y en primer lugar y la de respaldo se energiza y arranca al mismo tiempo que la primaria, y como es mas lenta, solo opera en caso de que la primaria no respondiera.

**Sobrecorriente.-** Se utiliza como protección de respaldo para fallas externas, los relevadores son del tipo sobrecorriente instantáneos y de tiempo inverso.

**Trafoscopio.-** Se utiliza en algunos países como protección primaria, con una protección de respaldo de tanque a tierra.

**Tanque a tierra.-** Se utiliza como protección de respaldo de bancos de transformadores de hasta 300 MVA.

### **2.1.4. PRUEBAS A LOS TRANSFORMADORES.**

Los transformadores que han sido almacenados por largos períodos de tiempo (mas de un año) es recomendable verificar los siguientes puntos a manera de guía.

- 1.- **Inspección del aparato.** Se debe verificar el cumplimiento de todas las normas y especificaciones.
- 2.- **No debe haber continuidad entre los devanados de alta, baja tensión y tierra.**
- 3.- **No debe existir fuga de aceite.**
- 4.- Debe tener el nivel de aceite correcto y a una temperatura de 25°C y verificar la rigidez dialéctica y la acidez.
- 5.- **Resistencia de aislamiento.** La medición se efectúa en tres pasos, primero se mide la resistencia de los devanados entre alta y baja tensión, después se mide entre alta tensión y tierra y finalmente entre baja tensión y tierra.
- 6.- **Inspección de alambrado de control.** Se comprueba la continuidad y la operación de los circuitos de control, protección, medición, señalización, sistema de enfriamiento, cambiador de derivaciones y transformadores de instrumentos.
- 7.- **Relación de transformación.** Se efectúa para determinar que las bobinas han sido fabricadas de acuerdo al diseño y con el número de vueltas exacto.

- 8.- Polaridad.** Se requiere su comprobación para efectuar la conexión adecuada hacia los bancos de transformadores.
- 9.- Potencial aplicado.** Sirve para comprobar el aislamiento de los devanados con respecto a tierra.
- 10.- Potencial inducido.** Sirve para el aislamiento entre espiras y entre secciones de los devanados.
- 11.- Pérdidas en el hierro y por ciento de la corriente de excitación.** Estos valores se indican en las especificaciones de acuerdo con sus valores máximos permitidos, que se llaman valores garantizados.
- 12.- Pérdidas de carga y porcentaje de impedancia.** Se fijan los valores garantizados y se cobran multas en casos de pérdidas superiores a las garantizadas.
- 13.- Temperatura.** Se desarrollan conectando el cambiador de derivaciones en posición de pérdidas máximas y trabajando el sistemas de enfriamiento a plena capacidad.
- 14.- Impulso.** Es una prueba de tiempo opcional, simula las condiciones producidas por la descarga de un rayo, sirve para mostrar la resistencia de un aislamiento a las descargas atmosféricas.
- 15.- Conexiones.** Los transformadores se embarcan con las conexiones internas de acuerdo a lo especificado en las normas o en su defecto a lo especificado por el cliente.
- 16.- Placa de características.** El transformador se identifica mediante la placa de características, por lo que resulta indispensable conocerla antes de conectar el aparato.
- 17.- Sistemas de tierra.** Los transformadores deben estar conectados permanentemente a tierra, para evitar tensiones inducidas peligrosas. Los sistemas de tierra deben ser de acuerdo a las buenas prácticas de cada región. Esto es especialmente importante en los transformadores para sistemas con retorno de corriente por tierra.

### **2.1.5. INSTALACION DE LOS TRANSFORMADORES.**

Por lo que respecta a la instalación de los transformadores se puede mencionar que las variantes dependen del tipo de instalación, es decir, las subestaciones de gran potencia son por lo general del tipo intemperie y tienen disposición diferente a los de menor potencia, tipo interior o las compactas. En general para estos últimos casos no existen consideraciones especiales respecto a la instalación de los transformadores mientras que en las subestaciones intemperie existen muchas variantes dependiendo de la disposición de la subestación.

Como norma general se puede mencionar que los transformadores se deberán instalar sobre bases de concreto diseñados para soportar peso, en lo posible se deberán respetar las distancias de seguridad mínimas recomendadas o en caso contrario aislarlos del posible contacto por medio de barandales o mallas, la base deberá ser de tal forma que tenga la posibilidad de contener el aceite del transformador, en caso de fugas de aceite en la subestación que pueden conectarse a un recipiente que contenga el aceite extraído del transformador o los interruptores (si fuera de aceite) cuando se hacen labores de mantenimiento.

### **2.1.6. OPERACION**

La función del transformador empieza cuando el resultado de su transformación se emplea para el usuario. Para ello ya fue asegurada su confiabilidad en cada etapa de su desarrollo hasta llegar al punto de su instalación con suficiente espacio para su ventilación, protegido contra sobrecargas y sobretensiones y sin descuidar su mantenimiento, se obtendrá un servicio confiable y continuo por muchos años.

### **2.1.7. MANTENIMIENTO DEL TRANSFORMADOR.**

El transformador es un equipo eléctrico del cual a menudo se abusa por descuido o desconocimiento con sobrecargas continuas, protecciones inadecuadas y un pobre mantenimiento. Estos abusos se cometen a título de que el transformador es un aparato estático, construido robustamente por lo que sus posibilidades de fallas son mínimas.

Sin embargo, tales abusos se reflejan en una disminución considerable en la vida útil del aparato. En esta información se manejan prácticas de como mantener y dar servicio al transformador, los tipos de fallas mas comunes y su manifestación general que permite al personal de mantenimiento detectar y/o evitar dichas fallas.

**Mantenimiento preventivo.** Es recomendable una inspección visual periódica de las partes externas del transformador al menos cada dos años. En esta inspección se deberán tomar las precauciones y medidas necesarias sobre la seguridad.

#### **Los puntos de dicha inspección son:**

- Las boquillas de alta tensión.
- Las boquillas de baja tensión y la conexión de los cables.
- Los apartarrayos y accesorios de protección.

- El acabado del tanque.
- La hermeticidad.
- La carga.
- Los empaques (en boquillas, tapas, tanques, registro de mano, etc.,)
- Las válvulas (de muestreo, sobrepresión, drenaje, etc.,)

Estando el transformador instalado y si el tanque muestra evidencias de herrumbre o deterioro de la pintura, el área afectada puede limpiarse con cepillo de alambre y retocarse con una capa de pintura dosificada con rociador, protegiendo las boquillas para evitar que el rocío de la pintura se deposite en éstas.

Cuando se encuentra un daño en el transformador y éste no puede ser reparado en el campo, debe enviarse al taller de servicio o fábrica. Al enviar al transformador al taller de servicio por cualquier motivo, es recomendable hacer una inspección cuidadosa de todas sus partes para así en un mismo servicio hacer todas las reparaciones necesarias o reparación de partes envejecidas prematuramente. Se recomienda en una reparación evaluar mejoras adicionales tales como:

- Pintar el tanque.
- Cambiar empaques, en especial los de la cubierta y tapa de registro.
- Revisar el nivel y las condiciones del aceite.
- Revisar hermeticidad y el apriete de los tornillos.

La humedad es el agente destructor de mayor grado en un transformador. Si hay cualquier evidencia de penetración de humedad debe drenarse el aceite, el núcleo y las bobinas secarse en el horno o en algún otro medio adecuado y aceptado para esta necesidad, dependiendo de las dimensiones del transformador.

Una vez hecho el secado la unidad debe llenarse con aceite previamente tratado. Es recomendable, y para aparatos de clase de aislamiento 34.5 KV y superior es imprescindible, un llenado de aceite estando el transformador en vacío o un proceso similar que asegure condiciones de calidad optima en la reparación.

El transformador al salir de un servicio de reparación, se debe probar con una tensión no mayor de 75% de valor utilizado en las pruebas originales de fábrica. El ciclo de carga a que es sometido el transformador indica la frecuencia con que debe revisarse el aceite. Para un ciclo sin sobre carga se recomienda revisar el aceite cada 3 ó 4 años por lo menos. El aceite para transformadores debe tener una tensión mínima de ruptura dialéctica de 23 kv, al ser analizado con un probador de disco de 2.54 cm con una separación de 0.254 cm.

Si es necesario remover la cubierta, boquillas, tapa o registro de mano, se debe preveer un cambio de empaques para reemplazar los anteriores. Al instalarse evite que estos sean sometidos a esfuerzos que los dañen permanentemente, asegurarse que la tensión del apriete mecánico forme un sello efectivo.

El interior del tanque debe estar limpio, sus empaques no deben presentar signos de envejecimiento o de lo contrario corregir de inmediato cualquier fuga o reemplazar los empaques envejecidos. Se debe revisar que no existan residuos de carbón en el interior del tanque y tampoco señal de "abombamiento". Si se observa la existencia de alguna de estas características no se debe de reconectar el transformador, hasta determinar las causas que originaron este problema.

**Mantenimiento correctivo.** Las fallas que pueden ocurrir en un transformador pueden clasificarse como sigue:

- a).- Deterioro del aceite.
- b).- Fallas en equipo auxiliar.
- c).- Fallas en el devanado.

**a).- Deterioro del aceite.**

El aceite aislante se deteriora por la acción de la humedad y del oxígeno por la presencia de catalizadores (cobre) y por temperatura. La combinación de estos elementos producen una acción química en el aceite, lo cual da como resultado la generación de ácidos que atacan a los aislamientos y a las partes metálicas del transformador. De esta acción química, resultan los lodos que se propician o precipitan en el transformador y que impiden la correcta disipación del calor, acelerando por lo tanto el envejecimiento de los aislamientos y por ende del transformador.

La humedad presente en el aceite puede originarse por el aire que entra en el transformador en operación, a través de sus juntas y grietas en el tanque. También se genera por conducción de los aislamientos al aceite. Otro factor que deteriora el aceite es la presencia de gases los cuales son liberados por descomposición propia del aceite y de los aislamientos por alta temperatura.

**b).- Fallas en el equipo auxiliar.**

Al instalar un nuevo circuito o red eléctrica y al detectar la presencia de un problema en él, la primera impresión de muchos electricistas es de que en el transformador está la falla y se destina gran cantidad de recursos en revisarlo y probarlo una y otra vez. El resultado posterior a estas revisiones indica que el transformador esta correcto y la falla se encuentra en otro lugar por ejemplo: En el equipo auxiliar de protección (apartarrayos, mala selección de los fusibles, etc.), en el equipo de medición o en la red secundaria.

Recomendaciones: Antes de instalar los componentes de un circuito de distribución de energía, se deben de revisar cada elemento y de ser posible probarlo antes de su instalación. Posteriormente, con una lista de revisión se certifica punto por punto la calidad de los mismos.

**c).- Fallas en los devanados.**

Este tipo de fallas pueden ser ocasionadas por:

- 1.- Falsos contactos.
- 2.- Cortocircuito externo.
- 3.- Cortocircuito entre espiras.
- 4.- Sobretensiones por descargas atmosféricas.
- 5.- Sobretensiones por transitorios.
- 6.- Sobrecargas.
- 7.- Fallas en el equipo auxiliar.

**1.- Falsos contactos.** Los falsos contactos originan una resistencia mayor al paso de la corriente, produciéndose puntos calientes o hasta pequeños arcos. Este tipo de fallas deterioran el aislamiento y contaminan el aceite produciéndose gasificación, carbón y hasta abombamientos del transformador.

**2.- Cortocircuito externo.** Esta falla es producida por un cortocircuito externo al transformador del lado de baja tensión. La alta corriente que circula durante el cortocircuito, se traduce en esfuerzos mecánicos que pueden distorsionar los devanados y hasta moverlos de su posición. Si el cortocircuito es intenso y prolongando su efecto se presentara en una degradación del aceite sobrepresión, arcos y posteriormente abombamiento del tanque, dependiendo de la severidad del cortocircuito.

**3.- Cortocircuito entre espiras.** Este tipo de falla es el resultado de los aislamientos que pierden sus características por exceso de humedad, sobrecalentamientos continuos, exceso de tensión etc. Estas fallas tardan en poner fuera de servicio al transformador y se manifiestan por un devanado regular, excepto en el punto de falla.

**4.- Sobretensiones por descargas atmosféricas.** Para prevenir este tipo de falla, se recomienda el uso de apartarrayos lo mas cercano al transformador. Esta distancia no debe ser mayor de un metro entre la boquilla y el apartarrayo. La manifestación de estas fallas, son bobinas deterioradas en el inicio o al final del devanado y tiene una similitud a la falla entre espiras.

**5.- Sobretensiones por transitorios.** Este tipo de sobretensiones son producidas por falsas operaciones de recierre o por puesta de servicio y desconexión de bancos de capacitores, etc. Las sobretensiones que se producen, son del orden de hasta dos veces la tensión de operación, su daño es a largo plazo y en ocasiones se confunde con una falla de cortocircuito entre espiras.

**6.- Sobrecargas.** El transformador esta diseñado para soportar sobrecargas de acuerdo a normas. En caso de que estas excedan los valores de diseño de normas, el transformador tendrá un envejecimiento acelerado en los aislamientos y posteriormente una falla entre espiras. Las características de esta falla son: un envejecimiento total de todos los aislamientos internos del transformador, el papel y cartón quebradizo y con un color oscuro intenso.

### **Conclusiones.**

Para evitar daños causados por parámetros eléctricos excesivos (corriente o tensión) todo transformador debe contar con protecciones que aislen el aparato o sistema de distribución de estos fenómenos dañinos. Por lo anterior expuesto se recomienda protegerlos con los siguientes elementos:

- Apartarrayos, uno para cada fase.
- Fusible limitador de corriente en el lado primario.
- Interruptor o limitador de corriente en el lado secundario del transformador y lo mas cercano a este.

### **Precauciones.**

- 1.- No energizar el transformador cuando se tenga bajo nivel de aceite.
- 2.- Para evitar la entrada de humedad, no se deberá abrir el registro de mano o la tapa del transformador en ambiente con alto porcentaje de humedad. Al cerrarlo se debe tener especial cuidado de colocar los empaques en su posición correcta.
- 3.- Tome las medidas de seguridad para acercarse a un transformador desenergizar previamente.
- 4.- No hacer cambio de derivaciones con el transformador energizado.
- 5.- Nunca opere un transformador sin ser revisado, cuando existan señales de falla interna por ejemplo:
  - \* Abombamiento del tanque.
  - \* Fuga de aceite en exceso por la tapa.
  - \* Fuga de aceite por la válvula de sobre presión. etc.
- 6.- Cuando una boquilla tenga algún daño, por ejemplo, este fracturado, se deberá reemplazar inmediatamente.

## **2.2 INTERRUPTORES.**

Los interruptores son elementos cuya función es desconectar los circuitos bajo condiciones de corriente nominal, vacío o cortocircuito, es decir, en condiciones normales o anormales, su operación o ciclo de trabajo puede consistir de lo siguiente:

- Desconexión normal.
- Interrupción de corriente de falla.
- Cierre con corriente de falla.
- Interrupción de corrientes capacitivas.
- Interrupción de pequeñas corrientes inductivas.
- Fallas de línea corta.
- Oposición de fase durante las salidas del sistema.
- Recierres automáticos rápidos.
- Cambios súbitos de corriente durante las operaciones de maniobra.

El interruptor es junto con el transformador la parte mas importante de una subestación eléctrica y debe ser capaz de interrumpir corrientes eléctricas de intensidad y factores de potencia diferentes. Algunas de sus partes principales son: Boquillas, terminales que a veces incluyen transformadores de corriente, válvula de llenado, descarga y muestreo de fluido aislante además de conectores de tierra, placa de datos y gabinete que contiene los dispositivos de control, protección, medición, accesorios como compresora, resorte, bobinas de cierre o de disparo, calefacción, etc.

Los valores nominales de un interruptor deben considerar las condiciones de operación posibles mencionadas anteriormente o sea que su diseño debe considerar estos factores y desde luego que debe estar diseñado y construido para conducir las corrientes de plena carga del sistema en el que se encuentra y soportar los esfuerzos electrodinámicos debidos a las corrientes de cortocircuito.

Las normas internacionales recomiendan que como mínimo se deben especificar las siguientes características nominales de un interruptor.

- 1.- Tensión nominal.
- 2.- Corriente nominal.
- 3.- Frecuencia nominal.
- 4.- Capacidades de interrupción simétrica y asimétrica.
- 5.- Capacidad de cierre en cortocircuito.
- 6.- Máxima duración de la corriente de cortocircuito o corriente de tiempo corto.
- 7.- Ciclo de operación nominal.
- 8.- Tensión de restablecimiento.
- 9.- Resistencia de contacto.
- 10.- Cámaras de extinción del arco.

### **2.2.1. CARACTERISTICAS DE LOS INTERRUPTORES.**

A continuación se van a definir algunas de las magnitudes características que hay que considerar en un interruptor.

#### **1.- Tensión nominal.**

Durante las condiciones normales de operación de un sistema la tensión es constante, por lo que los fabricantes deben garantizar la correcta operación del interruptor a la tensión máxima de diseño, por lo general es mayor que la tensión nominal de operación. La tensión máxima de diseño de un interruptor es el máximo valor de tensión para el cual el interruptor está diseñado y representa el límite superior de tensión al cual el interruptor puede operar.

#### **2.- Corriente nominal.**

La corriente nominal de un interruptor es el valor eficaz de la corriente expresada en amperes, para el cual está diseñado y que debe ser capaz de conducir continuamente sin exceder los límites recomendables de elevación de temperatura.

#### **3.- Frecuencia nominal.**

Es la frecuencia a la cual está diseñado el interruptor para operar y corresponde a la frecuencia del sistema del cual se va a conectar, por ejemplo en México este valor es de 60 Hz.

#### **4.- Capacidad de interrupción simétrica y asimétrica.**

Las corrientes de cortocircuito están formadas de varias componentes, si se toma un oscilograma de una corriente de cortocircuito se puede observar que en general son asimétricas con relación a un eje de referencia de tal manera que el valor eficaz de la corriente varía con el tiempo.

La IEC define la corriente de interrupción como sigue: La corriente de interrupción de un polo de un interruptor es el valor de la corriente en el polo en el instante de separación de los contactos y se expresa por dos valores:

- a) **Corriente simétrica.** Es el valor eficaz de la componente de corriente alterna en el polo en el momento de la separación de los contactos.
- b) **Corriente asimétrica.** Es el valor eficaz del valor total de la corriente que comprende las componentes de corriente alterna y corriente directa en un polo en el instante de la separación de los contactos.

### **5.- Capacidad de cierre de cortocircuito.**

Este valor caracteriza la capacidad de un interruptor para cerrar sus contactos en condiciones de cortocircuito en el sistema.

**Corriente de cierre.** La corriente de cierre de un interruptor cuando cierra sobre un cortocircuito es el valor eficaz de la corriente total (incluyendo las componentes de CA y CD) y que se miden de la envolvente de la onda de corriente en su primer valor cresta.

La corriente de cierre es aquella que corresponde a esta maniobra a la tensión nominal del mismo, la ausencia de este valor en la placa de características del interruptor implica que se debe calcular.

### **6.- Máxima duración de la corriente de cortocircuito o corriente de tiempo corto.**

La corriente nominal de tiempo corto de un interruptor es el valor eficaz de corriente que el interruptor puede conducir en posición cerrada sin sufrir daños para intervalos de tiempos cortos especificados. Estas corrientes se expresan por lo general en KA para un período de un segundo o para cuatro segundos expresándose como las corrientes de 1 seg. y 4 seg., estas corrientes por lo regular no se especifican para interruptores de baja tensión debido a que están equipados con dispositivos de disparo directo y su objetivo es determinar sus limitaciones térmicas.

### **7.- Ciclo de operación nominal.**

El ciclo de operación de un interruptor consiste de un número de operaciones establecidas con intervalos de tiempo dados. De acuerdo con las recomendaciones de las normas de la IEC el ciclo de operación de un interruptor que no esta especificado para autocierre.

### **8.- Tensión 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.

### **9.- Resistencia de contacto.**

Es producido cuando una cámara de arqueo se cierra, y origina un contacto en un área mas pequeña formada por tres puntos.

## **10.- Cámaras de extinción del arco.**

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 que se trate.

Durante la interrupción del arco aparecen los siguientes fenómenos:

- a).- Altas temperaturas debido al plasma creado por el arco.
- b).- Altas presiones debido a las altas temperaturas del plasma.
- c).- Flujos turbulentos del gas y que producen el soplado del arco, su alargamiento y por lo tanto su extinción.
- d).- Masas metálicas en movimiento.
- e).- Esfuerzos mecánicos debido a la corriente de cortocircuito.
- f).- Esfuerzos dialécticos a la tensión de restablecimiento.

### **2.2.2. TIPOS DE INTERRUPTORES.**

De acuerdo que los elementos que intervienen en la apertura del arco de las cámaras de extinción, los interruptores se pueden dividir en los siguientes grupos:

- 1) Interruptor en gran volumen de aceite.** En este tipo de extinción el arco producido calienta el aceite dando lugar a una formación de gas muy intensa, que aprovechando el diseño de la cámara empuja un chorro de aceite a través del arco, provocando su alargamiento y enfriamiento hasta llegar a la extinción del mismo al pasar la onda de corriente por cero. Se emplean en tensiones medias de 6 a 34.5 KV.
- 2) Interruptor en pequeño volumen de aceite.** Consumen poco aceite, en general se usan en tensiones de 230 KV, y utiliza aproximadamente un 5% de volumen de aceite del caso anterior.
- 3) Interruptores en aire comprimido (neumáticos).** Se realiza aplicando al arco eléctrico una fuerte inyección de aire comprimido de manera que el arco mismo se alarga y se enfría en una forma muy eficaz, por otra parte se sustituye rápidamente el gas ionizado de manera que se recupera en forma inmediata las características dialécticas entre los contactos evitando así posibles rearqueos ya que se soporta la tensión transitoria de restablecimiento. Sus principales ventajas son el bajo costo, así como la disponibilidad del aire, además de no provocar explosiones ni tiende a arder como el aceite y su rapidez de operación es otra de sus ventajas.

**4) Interruptor en hexafluoruro de azufre.** Sus cámaras de extinción operan dentro de un gas llamado hexafluoruro de azufre que tiene capacidad dieléctrica superior a otros fluidos dieléctricos conocidos. Este es un gas que presenta ciertas características particulares para la extinción del arco debido a que reúne dos requisitos fundamentales:

- a) Un elevado valor de rigidez dieléctrica.
- b) Una elevada velocidad de recuperación de la rigidez dieléctrica cuando se pierde durante la interrupción a causa del arco eléctrico.

**5) Interruptor en vacío.** Está construido por un recipiente de material aislante como por ejemplo porcelana o vidrio, en este recipiente se encuentran montados los contactos fijo y móvil, el contacto móvil es controlado desde el exterior por medio de una varilla aislante que se apoya en un dispositivo especial que permite el movimiento. Si se supone que se quiere interrumpir una corriente alterna de un valor relativamente pequeño cuando un contacto se separa del otro que se encuentra a potencial negativo (cátodo) se forma un mecanismo del tipo catódico que origina una pequeña descarga hacia el otro contacto que se encuentra a potencial positivo (ánodo) y emite iones positivos bajo la forma de vapor del electrodo del metal que constituye el electrodo mismo, éste vapor se forma por el efecto de elevada temperatura en la superficie de la zona interesada del contacto. Al primer paso de la corriente por su cero el arco se extingue de tal forma que la rigidez dieléctrica entre los contactos se restablece rápidamente dada la escasez de partículas conductoras.

Este tipo se utiliza en instalaciones de hasta 34.5 KV dentro de tableros blindados y tiene dos inconvenientes que son:

- 1).- Que por algún defecto o accidente se puede perder el vacío de la cámara y al entrar aire y producirse el arco se puede reventar la cámara.
- 2).- Debido a su rapidez producen grandes sobretensiones entre sus contactos.

### **2.2.3. FALLAS EN LOS INTERRUPTORES.**

**Fallas en las terminales.** Dentro de esta categoría se considera a todas las fallas pegadas al interruptor. En este caso la oscilación de la tensión se amortigua por la resistencia propia del circuito de potencia y su frecuencia depende de los valores de la inductancia y de la capacitancia del lado de la fuente.

**Falla en una línea corta.** Este tipo de falla hace muy crítico el comportamiento de los interruptores, principalmente cuando ocurre entre los 3 y 5 kilómetros de distancia del interruptor. La tensión de restablecimiento esta dada por la diferencia de tensión entre el lado de la fuente y el lado de la línea, con una frecuencia de oscilación del doble de la fundamental.

**Apertura en oposición de fases.** Se produce en el caso de que por una conexión de fase equívoca al cerrar el interruptor éste cierre corta un cortocircuito directo, lo que provoca una apertura violenta y produciéndose una sobretensión.

**Apertura de pequeñas corrientes inductivas.** Es el caso típico de la apertura de un transformador exitado o de un banco de reactores. Esta apertura puede provocar la llama de falla evolutiva.

**Falla evolutiva.** Se produce cuando al abrir un circuito inductivo aparece la sobretensión que puede provocar el arqueo de los aisladores exteriores.

### **2.3. CUCHILLAS DESCONECTORAS.**

Son dispositivos de maniobra capaces de interrumpir en forma visible la continuidad de un circuito, pueden ser maniobrables bajo tensión pero en general sin corriente ya que poseen una capacidad interruptiva casi nula. Su empleo es necesario en los sistemas ya que debe existir seguridad en el aislamiento de los circuitos antes de realizar cualquier trabajo y para los cuales la presencia de un interruptor no es suficiente para garantizar un aislamiento eléctrico. Antes de abrir un juego de cuchillas siempre deberá abrirse primero el interruptor correspondiente.

Las cuchillas desconectoras en particular deben cumplir los siguientes requisitos:

- Garantizar un aislamiento dieléctrico a tierra y sobre todo en la apertura. Por lo general se requiere entre puntos de apertura de las cuchillas un 15 ó 20% de exceso en el nivel de aislamiento con relación al nivel de aislamiento a tierra.
- Conducir en forma continua la corriente nominal sin que exista una elevación de temperatura en las diferentes partes de la cuchilla y en particular de los contactos.
- Soportar por un tiempo especificado (generalmente 1 seg.) los efectos térmicos y dinámicos de la corriente de cortocircuito.
- Las maniobras de cierre y apertura se deben realizar con toda seguridad, es decir, sin posibilidad de que se presenten falsos contactos o posiciones falsas aún en condiciones atmosféricas desfavorables como puede ser por ejemplo la presencia de hielo.

### **2.3.1. TIPOS DE CUCHILLAS.**

Las cuchillas desconectadoras pueden tener formas y características constructivas que tienen variantes en base a la tensión de aislamiento y a la corriente que deben conducir en condiciones normales, pudiéndose distinguir:

**Cuchillas unipolares.** En este seccionador en la posición cerrada la navaja se encuentra insertada en un contacto que esta a presión aprisionado fuertemente la navaja para garantizar un buen contacto eléctrico. Pueden haber de una o mas navajas según sea la corriente nominal que conduzcan, por lo general se emplean en baja y media tensión con corrientes hasta de 1000 ó 1500 amperes.

**Cuchillas tripolares.** Son básicamente el mismo tipo de cuchillas unipolares pero el mando es tal que se accionan las tres fases simultáneamente.

**Cuchilla unipolar de rotación.** Estas pueden tener un perno control o bien con interrupción doble o pueden existir de interrupción simple con columna central giratoria, son utilizadas por lo general en sistemas de alta tensión con corrientes hasta de 2000 amperes.

**Cuchilla desconectadora tripolar giratoria.** Son prácticamente iguales a las giratorias unipolares, pero emplean mando tripolar para accionamiento giratorio simultáneo de los tres polos, por lo general se usan de 69 a 115 KV.

**Cuchilla desconectadora de apertura vertical.** En estas cuchillas se tiene un giro del orden de 110° de la columna central del aislador, la apertura se realiza en dos tiempos por medio de giro de 60° de la cuchilla (navaja) que gira sobre su propio eje y un movimiento vertical de la otra navaja en forma propia. Los puntos de contacto son anti hielo y a prueba de contaminación. Se usan en sistemas de 85 a 230 KV.

**Cuchilla desconectadora tipo pantógrafo.** Se construyen en general del tipo monopolar siendo su elemento de conexión del tipo pantógrafo de donde viene su nombre, el cierre del circuito se obtiene levantando el contacto móvil que se encuentra sobre el pantógrafo conectándose al contacto fijo que se monta sobre el cable o sistemas de barras de la subestación, su empleo es importante en las subestaciones en donde se dispone de poco espacio para la subestación y por otro lado presentan la ventaja que pueden ser inspeccionadas sin poner en fuera de servicio esa parte de la instalación.

Para la mayoría de los tipos de cuchillas mencionadas anteriormente se tienen básicamente las siguientes formas de accionamiento:

- Manual directo o con pértiga.
- Manual con mando por varilla y palanca o manivela.
- A control remoto accionadas por motor eléctrico o bien en forma neumática.

### **Los materiales utilizados en la fabricación de cuchillas son los siguientes:**

**Base.** Se fabrican de lámina de acero galvanizado.

**Aisladores.** Son de porcelada y pueden ser de tipo columna o de alfiler.

**Cuchilla.** Se pueden fabricar de cobre o de aluminio según la contaminación predominante en la zona de instalación.

La operación de las cuchillas puede ser en forma individual o en grupo. La operación en forma individual se efectúa cuando la tensión de operación es menor de 20 KV; se abren o cierran por medio de garrochas o pértigas de madera bien seca y el operador debe utilizar guantes de hule. La operación en grupo se efectúa para tensiones superiores a 20 KV y puede ser por medio de un mecanismo de barras que interconectan los tres polos.

### **2.4. FUSIBLES.**

Son dispositivos de protección eléctrica de una red que hacen las veces de un interruptor, siendo mas baratos que éstos. Se emplean en aquellas partes de una instalación eléctrica en que los relevadores y los interruptores no se justifican económicamente.

El uso de fusibles para la protección de cortocircuito y contra sobrecarga en los sistemas de baja tensión ha sido muy común por la simplicidad y el bajo costo que estos elementos representan, estas características hacen que también sean usados en circuitos de media tensión.

El fusible esta reservado para la interrupción automática del circuito que protege cuando se verifican condiciones anormales de funcionamiento que están normalmente asociadas con las sobrecorrientes, esta interrupción se obtiene de la fusión del elemento fusible que en sí representa la parte fundamental y que determina sus características.

La principal función del fusible de desarrolla el elemento fusible propiamente dicho al cual se le deja la función de soportar sin calentamiento excesivo la corriente nominal y de fundirse durante un tiempo determinado cuando la corriente supera el límite máximo de fusión previsto, este tiempo depende de la densidad de corriente del elemento fusible y otras características como su resistividad, calor específico, etc.

Un juego de fusibles de alta tensión en su parte fundamental, esta formado por tres polos. Cada uno de ellos a su vez esta formado por una base metálica semejante a las utilizadas en cuchillas, dos columnas de aisladores que pueden ser de procelana o de resina sintética y cuya altura fija el nivel básico de impulso a que trabaja el sistema.

### **2.4.1. CARACTERISTICAS DE LOS FUSIBLES.**

Las características principales que definen a un fusible son:

**Tensión nominal.** Es el valor de la tensión para la cual se designa la operación del fusible y que normalmente corresponde a la tensión máxima de diseño del fusible en correspondencia a la tensión máxima de operación del sistema en el que va a operar.

**Corriente nominal.** Es el valor de la corriente al cual el fusible no debe presentar calentamiento excesivo y a la cual no operará.

**Capacidad interruptiva.** Es el máximo valor de la corriente que el fusible esta en posibilidad de interrumpir cuando el fusible esta a su tensión nominal y en condiciones determinadas de tensión de restablecimiento y factor de potencia.

### **2.4.2. TIPO DE FUSIBLES.**

De acuerdo con su capacidad de ruptura, lugar de instalación y costo, se pueden utilizar diferentes tipos de fusibles, entre los mas conocidos se pueden indicar los siguientes:

**Fusibles de expulsión.** En este tipo de fusibles un tubo de material orgánico capaz de producir una cantidad notable de gas y soportar una alta temperatura, une a las dos terminales del fusible, este tubo también tiene un dispositivo de contacto de manera que cuando el fusible se funde los contactos se separan cayendo el tubo de manera que se pueda observar físicamente la operación. El funcionamiento del fusible produce mucho mas gas y ruido, estos fusibles se pueden emplear en tensiones hasta 115 KV, y con corrientes de cortocircuito simétricas hasta de 29 KA.

**Fusibles de ácido bórico.** La función del tubo de material orgánico se sustituye por un cuadro de este material de manera que el elemento fusible se coloca en el extremo abierto del tubo aislante y cuando interviene en el punto de contacto se alarga el arco hacia el espacio en donde se pone el ácido bórico, éste bajo la acción del calor se descompone desarrollando vapor de agua cuyo efecto de ionizante es mas eficaz que el del gas en los fusibles de expulsión. Los fusibles de expulsión y de ácido bórico se aplican en el mismo rango de tensiones y corrientes.

**Fusibles limitadores de corrientes.** Tiene doble acción, por un lado reduce la corriente de falla debido a la característica de introducir una resistencia elevada en el circuito y por otro debido al incremento de la resistencia pasa de un circuito de bajo factor de potencia a otro circuito de alto factor de potencia.

**Fusibles en vacío.** Este tipo de interrupción se produce al separarse los contactos dentro de un recipiente hermético en el que se ha hecho el vacío, de tal manera que a medida que se separan los contactos la corriente se concentrará en los puntos mas salientes de la superficie del contacto y cesa cuando se evapora el último punto entre los dos contactos. Las ventajas de los fusibles en vacío es que se pueden montar en lugares muy reducidos como son los tableros y además no hacen ruido.

## **2.5. APARTARRAYOS.**

Son unos dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo de sistemas.

Las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y dañan el equipo si no se les tiene protegido correctamente. Para la protección del mismo se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Descargas directas sobre la instalación
- Descargas indirectas.

El caso que puede presentarse mas frecuentemente es el de las descargas indirectas, y el apartarrayos que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta determinada descarga frenando la corriente a tierra. Su principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación esta determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar.

Se fabrican diferentes tipos de apartarrayos, basados en el mismo principio de operación. Los mas conocidos son:

- Apartarrayos tipo autovalvular.
- Apartarrayos de resistencia variable.

Los apartarrayos de tipo autovalvular consiste de varias capas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación mas sensible y precisa.

El apartarrayo de resistencia variable funda su principio de operación en el principio general, es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tiene mucha aceptación en sistemas de distribución.

Las sobretensiones originadas por descargas indirectas se deben a que almacenan sobre las lineas cargas electrostáticas que al ocurrir la descarga se parten en dos y viajan en ambos sentidos de la línea a la velocidad de la luz.

Los apartarrayos protegen también a las instalaciones contra descargas directas, para lo cual tiene un cierto radio de protección. Para dar mayor protección contra descargas directas se instalan unas varillas conocidas en las líneas de transmisión.

Los apartarrayos deben de cumplir con las siguientes funciones:

- Descargar las sobretensiones cuando su magnitud llega al valor de la tensión disyuntiva de diseño.
- Conducir a tierra las corrientes de descarga producidas por las sobretensiones.
- Debe desaparecer la corriente de descarga al desaparecer las sobretensiones.
- No debe operar con sobretensiones temporales de baja frecuencia.
- La tensión residual debe ser menor que la tensión que resisten los aparatos que protegen.

## **2.6. RESTAURADORES.**

En los sistemas de distribución además del problema de la protección de los equipos eléctricos, se presenta el de la continuidad del servicio, es decir, la protección que se plantea en las redes de distribución se hace pensando en los dos factores mencionados anteriormente. Para satisfacer esta necesidad se ideó un interruptor de operación automática que no necesita de accionamiento manual para sus operaciones de cierre o apertura es decir, construido de tal manera que un cierre esta 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 las redes de distribución que se va a proteger. Este interruptor recibe por tales condiciones el nombre de restaurador.

Un restaurador no es mas que un interruptor de aceite con sus tres contactos dentro de un mismo tanque y que opera en capacidades interruptivas relativamente bajas y tensiones no muy elevadas. Los restauradores normalmente están contruidos para funcionar con tres operaciones de cierre y cuatro aperturas, con un intervalo entre una y otra calibrado de antemano en la última apertura el cierre debe ser manual, ya que indica que la falla es permanente.

### **OPERACION DE UN RESTAURADOR.**

El restaurador opera en forma semejante a un interruptor trifásico, ya que sus contactos móviles son accionados por un vástago común, conectando y desconectando en forma simultánea. El proceso de apertura y cierre se puede describir brevemente como sigue:

- 1).- Cuando ocurre un falla la bobina de disparo se energiza y actúa sobre un trinquete mecánico que hace caer a los contactos móviles.
- 2).- Los contactos móviles disponen de resortes tensionados de tal forma que la apertura es rápida. Al caer los contactos móviles energizan la bobina de recierre que se encuentra calibrada para operar en un cierto intervalo.
- 3).- La bobina de recierre acciona un dispositivo mecánico que opera los contactos móviles, conectándose nuevamente con los contactos fijos.
- 4).- Si la falla es transitoria el restaurador queda conectado y preparado para otra falla; si la falla es permanente repetirá todo el proceso anterior hasta quedar fuera según sea el número de recierres para el cual sea calibrado. La interrupción del arco tiene un lugar en una cámara de extinción que contiene a los contactos.

## **2.7. AISLADORES**

Los aisladores en las subestaciones eléctricas se emplean como elementos de montaje y sujeción de barras y conductores, existen básicamente dos tipos, el de soporte a base de montaje en alfiler de acero con rosca recubierta de plomo o simple sujeción a base de tornillos según sea la tensión de operación y el tipo suspensión semejante a los usados en las líneas de transmisión con las mismas dimensiones y montajes.

El empleo de cada uno de estos tipos esta sujeto al elemento conductor usado en el sistema de barras de la instalación; así como por ejemplo, si se emplea barra sólida el aislador será de soporte, pero si se emplea cable es común el empleo de aisladores tipo suspensión formando cadenas montadas generalmente en posición horizontal.

Se fabrican para uso interior e intemperie por lo general de vidrio y procelana aunque para instalaciones interiores también se pueden hacer de resinas fundidas.

## **2.8. TABLEROS ELECTRICOS.**

En el complejo de una subestación eléctrica donde intervienen los instrumentos de maniobra, de medición, de control y algunos otros, la conexión eléctrica entre estos que constituyen la instalación se dividen genéricamente en dos categorías: los tableros y los circuitos principales de la subestación.

En las instalaciones de pequeña potencia y baja tensión es común que el equipo principal de los aparatos de maniobra y control se monte junto a los aparatos que deben accionar o sea en los propios tableros de distribución. En instalaciones grandes los aparatos de control, maniobras y medición normalmente no se pueden instalar juntos en los mismos tableros por lo que todo lo que corresponde a los aparatos de corte se instalan por separado y es frecuente tener un puesto de mando central lo que hace necesario efectuar un alambrado de interconexión controlado por diagrama de interconexión que faciliten la acción a los operadores.

Por otra parte los reveladores de protección que accionan interruptores o dispositivos de protección que se encuentran a la intemperie es normal que se localicen en tableros denominados de protección y localizados a una cierta distancia de los objetos que accionan dentro del área de subestación en un cuarto denominado "cuarto de control o caseta de mando".

Los tableros de medición, control y protección se pueden clasificar como:

1).- Tableros de mando directo instalados por lo general en sistemas eléctricos de poca importancia en donde es importante el bajo costo y se requieren de pocos paneles. Pueden ser de tres tipos:

- a).- Tableros con el frente de baja tensión.
- b).- Tableros con el frente muerto (sin tensión).
- c).- Tableros modulares.

2).- Tableros de mando a distancia por control remoto con medio eléctricos.

Estos tableros se emplean por lo general en las grandes instalaciones en donde la disposición de los puestos de mando y vigilancia deben permitir en todo momento una visibilidad amplia del estado de servicio de toda la instalación y facilitan la maniobra rápida de los elementos de corte y elementos de regulación si existen. En sistemas de distribución con alta tensión resulta peligroso el uso de tableros con mando directo por lo que resulta adecuado el uso de estos tableros. Es común en estos tableros señalar a los elementos que intervienen dentro del control y protección mediante representaciones basadas en los diagramas unifilares del sistema denominados "bus mímico". Es común también que los cuadros de alarma y elementos complicados se señalicen por medio de cuadro luminiosos.

Existen también tableros con mando a distancia por medio de elementos mecánicos que sustituyen a los tableros de mando directo, en aquellos casos en que resulte peligroso el uso de éstos ya sea por las tensiones elevadas que se usan o por el riesgo que impliquen para el personal el uso de elementos de desconexión grandes o robustos.

Los tableros de un solo frente se utilizan en subestaciones pequeñas siendo lo de mayor uso los tableros de doble frente o dúplex, se utilizan en subestaciones instalándose en el frente principal, los dispositivos de control, medición y señalización, mientras que en la parte posterior se montan los diferentes relevadores de la protección. Los tableros separados por mando y protección se emplean en subestaciones muy grandes, en donde debido a la complejidad de las protecciones los relevadores no cabrían si se usan los tipos anteriores de tableros. Por último los tableros tipo mosaico, se emplean en subestaciones operadas a control remoto, en que los relevadores se fijan en tableros separados dentro del edificio principal o en casetas.

Dependiendo del tablero y la subestación los tableros se diseñan para operar los siguientes circuitos:

- Líneas y cables de alta tensión.
- Bancos de transformadores.
- Barras colectoras (buses).
- Baja frecuencia.
- Alimentadores de distribución.
- Bancos de capacitores.
- Servicio de estación y auxiliares.

## **2.9. PROTECCIONES PRINCIPALES DE LAS SUBESTACIONES**

En una subestación los principales elementos que necesitan ser protegidos son los siguientes:

- Líneas o cables de alimentación.
- Banco de transformadores de potencia.
- Barras colectoras o buses.
- Respaldo local contra falla de interruptores.
- Alimentadores.
- Banco de capacitores.
- Bancos de tierra.

Las líneas de transmisión que rematan en una subestación se pueden proteger dependiendo de sus características mediante cualquiera de las protecciones siguientes:

**Sobrecorriente.** Es la más sencilla y por lo tanto barato, se utiliza en instalaciones con diagramas unifilares sencillos, se emplean dos relevadores de fase y uno de tierra. Se acostumbra usarlas en líneas de distribución y en suministro a instalaciones industriales. Se usa con protección de distancia para la falla a tierra y como respaldo de la protección de hilo piloto.

**Distancia.** Se usa como protección primaria en transmisión. Los relevadores son preferibles a los de sobrecorriente porque no les afectan los cambios en la magnitud de la corriente.

**Hilo piloto.** Es una protección de alta velocidad para protección de líneas. Se usa en líneas cortas de menos de 20 kilómetros, también en la protección de cables de potencia.

**Onda portadora.** Es la protección más confiable para líneas de alta tensión, se puede instalar a partir de 34 KV.

## **CAPITULO 3**

### **REDES DE TIERRA**

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en las subestaciones es la de disponer de una red de tierra adecuada, a la cual se conectan los neutros de los aparatos, los apartarrayos, los cables de guarda, las estructuras metálicas, los tanques de los aparatos y todas aquellas partes metálicas que deben estar a potencial de tierra.

Las necesidades de contar con una red de tierra en las subestaciones es la de cumplir con las siguientes funciones:

- a).- Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sea que se deban a una falla de cortocircuito o a la operación de un apartarrayo.
- b).- Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación.
- c).- Facilitar mediante sistemas de relevadores, la eliminación de las fallas a tierra en los sistemas eléctricos.
- d).- Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

#### **3.1. DISPOSICION BASICA DE LAS REDES DE TIERRA.**

Para las redes de tierra, se han considerado básicamente tres sistemas:

- 1) Sistema radial.
- 2) Sistema de anillo.
- 3) Sistema de red.

El sistema radial es mas barato pero el menos satisfactorio. Consiste en uno o varios electrodos a los cuales se conectan las derivaciones a cada aparato. El sistema de anillo se obtiene colocando en forma de anillo un cable de cobre de suficiente calibre (aproximadamente 1000 MCM) alrededor de la superficie ocupada por el equipo de la subestación y conectando derivaciones a cada aparato mediante un cable mas delgado (500 MCM o 4/0 AWG). Es un sistema económico y eficiente y en él se eliminan las grandes distancias de descarga a tierra del sistema radial. Los potenciales peligrosos disminuyen al dispararse la corriente de falla por varios caminos en paralelo.

El sistema de red es el mas usado actualmente en nuestro sistema eléctrico y consiste como su nombre lo indica, en una malla formada por cable de cobre (aproximadamente 4/0) conectada a través de los electrodos de varilla copperweld a partes mas profundas para buscar zonas de menor resistividad. Este sistema es el mas eficiente pero también el mas caro de los tres tipos.

**3.2. TIPO DE TIERRAS.**

	ohms/mto.
1.- Arcilla, marga, fósil, mantillo húmedo.....	10.
2.- Arena húmeda.....	10 <sub>2</sub>
3.- Arena fina, yeso seco.....	10 <sub>3</sub>
4.- Basalto.....	10 <sub>4</sub>
5.- Roca compacta.....	10 <sub>5</sub>

## **CAPITULO 4**

### **CAPACITORES.**

Son unos dispositivos eléctricos formados por dos láminas conductoras, separadas por una lámina dieléctrica y que al aplicar una diferencia de tensión almacenan carga eléctrica. Los capacitores de alta tensión están sumergidos por lo general, en líquidos dieléctricos y todo el conjunto esta dentro de un tanque pequeño herméticamente cerrado.

Sus dos terminales salen al exterior a través de dos boquillas de porcelana cuyo tamaño dependerá del nivel de tensión del sistema al que se conectan. Una de las aplicaciones mas importantes del capacitor es la de corregir el factor de potencia en líneas de distribución y en instalaciones industriales, aumentando la capacidad de transmisión de las líneas, el aprovechamiento de la capacidad de los transformadores y la regulación del voltaje en los lugares de consumo.

#### **4.1. BANCOS DE CAPACITORES.**

En las instalaciones industriales y de potencia, los capacitores se instalan en grupos llamados bancos. Los bancos de capacitores de alta tensión generalmente se conectan en estrella con neutro flotante y rara vez con neutro conectado a tierra. El que se utilice uno o otro tipo de neutro depende de las consideraciones siguientes:

- Conexión del sistema a tierra.
- Fusibles de capacitores.
- Dispositivos de conexión y de desconvino.
- Armónicas.

Se conectan en neutro flotante para evitar la circulación a través del banco de capacitores de armónicas de corriente que producen magnitudes de corriente superiores al valor nominal y que pueden dañar los capacitores. La principal ventaja de esta conexión es permitir el uso de fusibles de baja capacidad de ruptura.

#### **4.2. FACTOR DE POTENCIA.**

La inductancia y capacidad afectan a la potencia instantánea, pero no contribuye a la potencia media. Cuando aumenta la corriente en una inductancia la energía pasa del circuito al campo magnético de donde vuelve cuando la corriente disminuye. Análogamente cuando aumenta la tensión en una capacidad la energía pasa del circuito al campo eléctrico de donde vuelve cuando disminuye la tensión.

La potencia media  $P$  se utiliza para especificar la capacidad de conducir energía de la corriente y de la tensión alterna. La corriente requerida por los motores de inductancia, lámparas fluorescentes, transformadores, etc. puede ser considerada como constituida por dos clases de corriente: corriente magnetizante y la corriente productora de potencia o corriente de trabajo.

La corriente productora de potencia es aquella corriente que es convertida por el equipo en trabajo útil, tal como hacer girar un torno, efectuar soldaduras o bombear agua. La unidad de medida de la potencia producida es el kilowatt (KW).

La corriente magnetizante es aquella corriente que se requiere para producir el flujo necesario para la operación de los dispositivos de inducción. Sin corriente magnetizante la energía no puede fluir a través del núcleo del transformador o a través del entrehierro de los motores de inducción. La unidad de medida de esta potencia magnetizante es el kilovar (KVAR).

La potencia total llamada potencia aparente (KVA) será la suma geométrica de ambas potencias (relación triangular), es decir:

$$\begin{aligned} \text{KVA} &= \text{KW} + \text{KVAR} \\ \text{KW} &= \text{KVA} - \text{KVAR} \end{aligned}$$

El factor de potencia se expresa como la razón entre la corriente productora de potencia en un circuito a la corriente total en el circuito, esto es lo mismo que la razón entre los KW o potencia real y los KVA o potencia aparente.

$$\text{FP} = \frac{\text{KW}}{\text{KVA}}$$

$$\text{KW} = \text{KVA} \times \text{FP}$$

En base a lo anterior podemos decir que el factor de potencia es el factor por el cual debe ser multiplicada la potencia aparente para obtener la potencia de trabajo. El factor de potencia viene a representar así, según la relación triangular un coseno:

$$\text{FP} = \text{coseno} \frac{\text{KVA}}{\text{KW}}$$

### **4.3. CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.**

El equipo eléctrico se ha de instalar para alimentar una carga dada, queda determinado por las necesidades de voltamperios de la misma, por lo que resulta directamente afectado por el factor de potencia de la carga. La carga industrial ordinaria en un sistema de distribución de energía funciona con un factor de potencia de retardo que en muchos casos es lo suficientemente bajo para que su aumento resulte justificable económicamente.

Dicho aumento o corrección del factor de potencia se efectúa conectando una batería de capacitores en paralelo con la carga, determinándose el tamaño de la batería de forma que el factor de potencia de la combinación en paralelo alcance el valor deseado.

Es preciso señalar que la corrección del factor de potencia no evita las necesidades de potencia reactiva de la propia carga. Cuando se corrige el factor de potencia la mayor parte de la potencia reactiva necesaria es proporcionada por los capacitores en paralelo, en vez de verificarse desde remotos generadores a través del sistema de distribución. Entonces la oscilación de energía de la potencia reactiva es la medida cuantitativa, tiene lugar principalmente entre las cargas y los capacitores adyacentes en vez de tenerlo entre la carga y los lejanos generadores.

De este modo la oscilación no aumenta excesivamente la carga sobre los generadores y el sistema de distribución, ni eleva las pérdidas en el cobre, por lo que esta característica posee un indiscutible valor económico.

Los medidores del factor de potencia son aparatos que sirven para medir el factor de potencia. Estos suelen tener en sus escalas dos sentidos a partir del coseno de 0 hasta 1, en que la aguja esta en el centro. Hacia la derecha se mide el adelanto de fase y hacia la izquierda el atraso.

## CAPITULO 5

### MANTENIMIENTO DE LAS SUBESTACIONES

Aunque al parecer, el mantenimiento en una subestación es sencillo, no deja de tener gran importancia, por estar ahí el corazón de la empresa, ya que cualquier falla en el transformador o transformadores, en el interruptor o simplemente una cuchilla, mufa o cable, ocasiona la paralización total de las actividades de la empresa. Es por eso que el electricista no debe descuidar esta parte tan vital, aconsejándosele desde luego que al hacerse cargo del mantenimiento, su primera verificación debe de ser a la subestación, de acuerdo con las instrucciones siguientes:

- a).- Tenga ante todo presente que se encuentra usted en un lugar peligroso, en que debe pensar antes de hacer cualquier cosa.
- b).- Observe el estado general de la subestación, pues generalmente el lugar ha sido poco visitado y se encuentra lleno de polvo y basura. Anote en su libreta limpieza del local.
- c).- Diríjase al o a los transformadores, tomando lecturas de sus termómetros y niveles, los cuales no deben marcar más de 55°C, que es la temperatura máxima normal a que deben trabajar. En caso de que alguno marque una temperatura mayor, anótelos para más tarde averiguar la causa.

La inspección del interruptor debe concretarse a observar si no existe ruido en los relevadores, cuya intensidad sea demasiada.

- d).- Ahora vea los tableros de baja tensión y tome las lecturas de los voltímetros y amperímetros, anotando sus valores, en caso de no tenerlos, observe si no están calientes o no muestran huellas de estarse calentando.

En caso de que al hacer usted el estudio de sus anotaciones encuentre todo normal, el mantenimiento se concretará a lo siguiente:

- a).- Mantener limpia la subestación, con objeto de que no acumule polvo, sobre todo en las partes en que se pueda ocasionar un arqueo y por consiguiente un cortocircuito. La limpieza de las subestaciones debe efectuarse estando la planta parada.

Antes de esto se llega a un acuerdo con C.F.E. para que realicen ellos una libranza, la cual consiste en desconectar las cuchillas que están en el ramal de C.F.E., después de esto se desconectarán las cuchillas de entrada y el interruptor. Una vez sin corriente por medio de un soplador eléctrico retire el polvo acumulado.

b).- En los casos de subestación tipo abiertas, limpie perfectamente por medio de un trapo seco los bornes de alta y baja tensión del o los transformadores, los aisladores y las tapas metálicas; lo mismo hará con los tableros e interruptores expuestos al aire. "Apriete todos los conectores".

c).- Rectificar las lecturas de los termómetros, niveles, amperímetros, voltímetros, etc. abriendo la tarjeta de control con la fecha de la inspección y anotando las nuevas instrucciones para cada treinta días, período en el que debiera volver y verificar todo lo que se ha explicado, lo que permitirá detectar con anticipación cualquiera de las fallas que se presenten en una subestación eléctrica.

## **5.1. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE UNA SUBESTACION.**

Durante el proceso de instalación del equipo de una subestación y sobre todo el final que es cuando se procede a la puesta en servicio de la instalación, es necesario efectuar una serie de pruebas para determinar el estado final de los aislamientos, los circuitos de control, la protección, señalización, alarmas y finalmente el funcionamiento del conjunto de la subestación.

A su vez el conjunto de datos obtenido de las pruebas sirven de antecedentes para que a lo largo de la vida de la instalación el personal de mantenimiento tenga una base para determinar el grado de deterioro que van sufriendo los diferentes equipos, así como tener un punto de referencia para comparar las nuevas lecturas obtenidas en los equipos después de una reparación.

### **5.1.1. TIPOS DE PRUEBAS.**

Las pruebas se pueden incluir en tres grupos iniciales mas dos pruebas finales:

- 1) Pruebas al equipo de alta tensión.
- 2) Pruebas al equipo de protección, medición y control.
- 3) Pruebas al equipo con su tensión nominal de operación.
- 4) Faseo de la subestación.
- 5) Toma de carga de la subestación.

A continuación se indica cada uno de los equipos que se consideran en las pruebas de campo: Transformadores, interruptores, cuchillas, apartarrayos, fusibles, aisladores, etc.

Una vez instalado cada uno de los equipos, la secuencia de las pruebas de campo se pueden desarrollar en el siguiente orden, aunque no todas las pruebas que se indican a continuación se efectúan a cada uno de los equipo antes mencionados:

- Resistencia de aislamiento.
- Factor de potencia de los aislamientos.
- Rigidez dieléctrica del aceite.
- Relación de transformación.
- Resistencia de contacto.
- Tiempo de apertura y de cierre de los contactos de los interruptores.
- Continuidad eléctrica de los circuitos.
- Polaridad.
- Tensiones mínimas de operación.

### **Resistencia de aislamiento.**

Esta prueba permite determinar el estado que guardan los aislamientos eléctricos de un aparato, de tal manera que pueda soportar conforme a las normas las tensiones nominales y de prueba. Dicha resistencia viene dada por el valor en megaohms que presenta un aislamiento al aplicarle una fuente de tensión de corriente directa durante un tiempo determinado, que produce una corriente de fuga en el aislamiento. Para efectuar la prueba se utiliza un aparato llamado Megger.

El Megger es un generador de corriente directa con una escala de lectura graduada en megaohms, que mide los miliampers que circulan por el aislamiento al aplicarle la tensión de corriente directa del generador del propio aparato, el generador se puede mover a mano o en forma motorizada siendo éste último el mas utilizado, debido a que la aplicación de tensión durante la prueba es mas uniforme que en el tipo manual.

### **Factor de potencia de los aislamientos.**

Esta prueba proporciona una indicación de la calidad de un aislamiento sobre todo en la referente a la detección de humedad y otros contaminantes, como lo que se mide es una relación de pérdidas, el factor de potencia es independiente de la cantidad de aislamiento bajo prueba. Experimentalmente esta prueba es mas confiable que la resistencia de aislamiento.

### **Rigidez dieléctrica del aceite.**

Esta prueba es una medición de la habilidad que tiene un aceite aislante para soportar una diferencia de campo eléctrico sin que se produzca un arco entre los electrodos del campo.

El aceite aislante desarrolla varias funciones:

- Dieléctricas.
- Eliminación del calor generado por pérdidas en un aparato.
- Extinción del arco durante el proceso de apertura de un interruptor.

La rigidez dieléctrica se produce en presencia de los siguientes factores:

- Aumento de distancia entre partes vivas.
- Contenido de humedad.
- Contenido de gases diluidos.
- Temperaturas.
- Velocidad de incremento de la tensión.

### **Relación de transformación.**

Esta prueba sirve para comprobar que el número de espiras devanadas en la bobina de un transformador coinciden con las calculadas en el diseño, de tal manera que las tensiones medidas coincidan con los datos de la placa del aparato.

Para esta prueba se utiliza un aparato que se suele conocer con las iniciales de las palabras inglesas o sea TTR, o bien probador de relación de espiras que se utiliza para obtener la relación de transformación sin carga.

### **Polaridad.**

Esta prueba se efectúa en cualquier tipo de transformador. Es necesario efectuar en los transformadores que han sufrido alguna reparación en sus bobinas y a la hora de conectar estas bobinas, se pueda haber cometido algún error en la colocación de las terminales.

**Faseo.**

Es el procedimiento mediante el cual se comprueba que las fases del sistema de alta tensión que alimentan una subestación coincidan exactamente con las fases que entran en la subestación por el lado de baja tensión, ya que si esto no ocurre al conectar la subestación se producirá un cortocircuito por existir una diferencia entre los dos extremos abiertos de una misma fase.

El faseo se desarrolla en dos partes:

- Faseo interno de la subestación.
- Faseo externo o de la subestación contra el sistema.

**Toma de carga.**

Una vez hecha las pruebas del equipo, faseada la subestación y probada con tensión nominal, el siguiente y último paso es que la subestación tome la carga normal para lo cual se polarizan los relevadores que lo necesiten y se calibran las protecciones y los equipos de protección para que funcionen correctamente con la carga de cada circuito de la subestación.

**5.2. PLANTA DE EMERGENCIA.**

Son grupos motor-generator que se utiliza en algunas subestaciones para que en caso de fallas se tenga otra posibilidad de tener energía para operar los circuitos. Dichas plantas arrancan y se conectan en forma automática al desaparecer la tensión de corriente alterna.

La conexión se efectúa en las barras principales de corriente alterna, que son alimentadas por los dos transformadores del servicio de estación, dicha conexión se hace por medio de un interruptor operado por un equipo de transferencia automática, que solo puede cerrar en el caso de que haya abierto los interruptores de los transformadores mencionados y viceversa.

El equipo de transferencia automático, mediante los dispositivos adecuados transfiere la carga del sistema normal de los transformadores al sistema de la planta de emergencia en un tiempo no mayor de 50 milisegundos, por medio de reveladores que detectan la falla de tensión.

## CAPITULO 6

### DISEÑO ELECTRICO DE LA SUBESTACION

**6.1. Los requisitos mínimos que debemos considerar en el diseño de una subestación eléctrica son:**

- a) La subestación deberá cumplir los requisitos mínimos de las C.F.E. para este tipo de instalaciones.
- b) Debe ser funcional y de alta confiabilidad.
- c) Debe tener flexibilidad.
- d) Debe contar con un equipo de protección adecuado.
- e) El proyecto deberá contemplar la mejor alternativa económica para su adquisición y operación.

Para obtener estos requisitos se analizan los siguientes parámetros:

#### **1) Lugar de la instalación.**

Si se trata de una instalación nueva es muy conveniente determinar la posición adecuada dentro de los terrenos de la planta, tomando en cuenta la acometida o sea la alimentación de C.F.E., la ubicación de las carga principales, los vientos dominantes. Si se trata de una ampliación, convendrá determinar si cuenta con el espacio disponible para colocar el equipo. Así mismo es muy importante estudiar la manera como se va a interconectar con lo existente para que se haga en el menor tiempo posible evitando así una o varias interrupciones del servicio ya que esto afecta directamente a la producción.

Para poder determinar el lugar, es necesario primera consultar con la C.F.E., si no tiene inconveniente de colocar la medición en alta o baja tensión, si no hay inconveniente necesitamos evaluar la conveniencia económica y técnica. Ya que como se sabe las tarifas actualmente indican que si la medición esta en baja tensión se carga un 5% sobre el consumo y si es en alta tensión no se hace cargo alguno, pero se tendría que invertir en la adquisición de los transformadores de medición.

Una vez que se haya elegido el terreno para la instalación de la subestación se hace un análisis del suelo, así como de las condiciones climatológicas de la región como son:

- Temperaturas máxima y mínima.
- Velocidad máxima del viento.
- Altura sobre el nivel del mar.
- Nivel isoceraunico.
- Nivel sísmico.
- Nivel pluviométrico.
- Grado de contaminación.

## **2) Capacidad de la subestación.**

Si es nueva la instalación es necesario conocer la carga actual así como la esperada en los siguientes 5 años. Así mismo es conveniente analizar la posibilidad de contar con uno o dos transformadores para satisfacer la capacidad.

Teniendo perfectamente definidos los puntos anteriores se deberá hacer una solicitud a la compañía suministradora (C.F.E) indicando la carga instalada y la esperada en los próximos 5 años, acompañada con un diagrama unifilar de protección y medición de la subestación, disposición general del equipo, plantas y corte, red de tierras, etc.

Después de lo anterior la C.F.E. nos deberá de proporcionar los siguientes datos:

- a) Voltaje de suministro y punto de entrega.
- b) Valor del corto circuito en el punto de entrega.
- c) Lugar de la medición y equipo a usar.
- d) Equipo de desconexión y protección de la acometida.

## **3) Niveles de voltaje en alta y baja tensión.**

La C.F.E. nos indica en valor del voltaje primario y el voltaje secundario el cual se determina de la siguiente manera: Si se trata de una ampliación, el equipo existente es el que nos lo determinará y si se trata de una instalación nueva necesitamos conocer las características de la carga a conectar, las distancias entre las cargas. Para esto es muy conveniente tomar en cuenta los voltajes normalizados en la región.

## **6.2 DESARROLLO:**

Se tiene una fábrica de artículos de lámina, la cual consta de 26 motores, 4 máquinas de soldar, 4 tableros de alumbrado y 3 aparatos de aire acondicionado, la alimentación del lado de alta tensión es de 13.2 KV y consta de las siguientes características:

26 MOTORES 3 0, 440V	4 MAQS. DE SOLDAR 3 0, 440V	4 TABLEROS DE ALUMBRADO 3 0, 220/127V	3 AIRE ACONDICIONADO 3 0, 440V
14.-3 HP = 42	2.- 30 KVA = 60	TA-01 = 30 KW	1.- 10 TON = 10
1.- 5 HP = 05	1.- 20 KVA = 20	TA-02 = 20 KW	2.- 05 TON = 10
1.- 7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> HP = 7.5	1.- 15 KVA = 15	TA-03 = 45 KW	
1.- 10 HP = 10		TA-04 = 20 KW	
1.- 15 HP = 15			
3.- 20 HP = 60			
1.- 30 HP = 30			
1.- 50 HP = 50			
2.- 75 HP = 150			
1.- 100 HP = 100			
<b>TOTAL 469.5HP</b>	<b>TOTAL 95 KVA</b>	<b>TOTAL 115 KW</b>	<b>TOTAL 20 TON</b>

\* El cálculo del calibre de los conductores según algunas normas debe estar entre el calibre # 12 y el 500 MCM.

\* El mínimo calibre en cobre (Cu) para el sistema de tierras es el 4/0 AWG.

NOTA: Los cálculos de las protecciones utilizadas en los motores se harán en base a la tablilla para motores de SQUARE D. COMPANY.

NOTA: Los conductores y la tubería se calcularán con las tablas de CONDUMEX.

### **CALCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR.**

Para hacer el cálculo de la potencia del transformador, primeramente debemos de considerar de que tipo de industria o comercio se trata, ya que parte de ello depende de la potencia calculada.

NOTA: Si no se conoce la industria o comercio, el factor de demanda puede ser calculado mediante las fórmulas de la tabla 10, o bien considerarlo para diseño igual a 0.8.

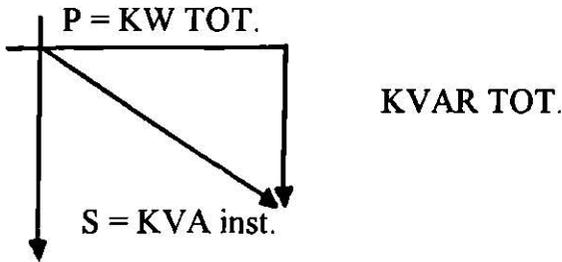
Tenemos entonces que:

$$\text{KVA. transf.} = (\text{KVA. inst.}) (\text{F.D.}) + 20 \text{ al } 30\% \text{ KVA. inst.}$$

Donde:

F.D. = Factor de Demanda (Tabla 10).

KVA.inst. = Se obtiene del triángulo de potencias totales.



F.P. = Factor de potencia  
 =  $\cos \beta$   
 F.P. =  $P/S$  = Potencia real/  
 Potencia aparente

Por lo tanto:

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

A continuación se dan los valores del diseño del factor de potencia para:

Motores.....	FP = 0.85
Máquinas de soldar.....	FP = 0.6
Tableros de alumbrado .....	FP = 0.9
Aire acondicionado.....	FP = 0.85

**MOTORES:** Considerando que 1 HP = 1 KVA, por lo tanto tenemos que:

$$469.5 \text{ HP} = 469.5 \text{ KVA}$$

$$\text{HP} = 0.85$$

$$\beta = 31.78^\circ$$

$$\text{Cos } \beta = \text{FP} = \text{KW/KVA}$$

$$\text{Sen } \beta = \text{KVAR/KVA}$$

Por lo tanto:

$$\text{KW} = (469.5 \text{ KVA}) (0.85)$$

$$\text{KVAR} = (469.5 \text{ KVA}) \text{ Sen } (31.78)$$

$$= 399.07 \text{ KW}$$

$$= 246.7 \text{ KVAR}$$

**MAQUINAS DE SOLDAR:**

$$95 \text{ KVA}, \quad \text{FP} = 0.6, \quad \beta = 53.13$$

$$\begin{aligned} \text{Cos } \beta &= \text{FP} / \text{KVA} \\ \text{KW} &= (95 \text{ KVA})(0.6) \\ &= 57 \text{ KW.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sen } \beta &= \text{KVAR} / \text{KVA} \\ \text{KVAR} &= (95 \text{ KVA})\text{Sen}(53.13) \\ &= 75 \text{ KVAR.} \end{aligned}$$

**AIRE ACONDICIONADO:** Considerando que 1 TON = 1750 a 1900 Watts.

Tenemos entonces que:

$$\begin{aligned} 20 \text{ TONS}(1.9 \text{ kw} / \text{ton}) &= 38 \text{ KW} \\ \text{FP} &= 0.85 \\ \beta &= 31.78^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tan } \beta &= \text{KVAR} / \text{KW} \\ \text{KVAR} &= (38\text{KW})\text{Tan}(31.78) \\ &= 23.55 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

**TABLEROS DE ALUMBRADO:**

$$\begin{aligned} 115 \text{ KW} \\ \text{FP} &= 0.9 \\ \beta &= 25.84^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tan } \beta &= \text{KVAR} / \text{KW} \\ \text{KVAR} &= (115 \text{ KW})\text{Tan}(25.84) \\ &= 55.69 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KW TOT} &= 399.07 + 57 + 38 + 115 = 609.07 \text{ KW} \\ \text{KVAR TOT} &= 247.32 + 76 + 23.55 + 55.69 = 402.56 \text{ KVAR.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FP} &= \text{Tan}^{-1} (\text{KVAR} / \text{KW}) = \text{Tan}^{-1} (402.56 / 609.07) = \text{Tan}^{-1} 0.66 \\ \text{FP} &= 33.46^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KVA} &= \sqrt{(609.07)^2 + (402.56)^2} = 730.08 \text{ KVA inst.} \\ \text{KVA transf.} &= (730.08 \text{ KVA}) (0.7) + (0.25)(730.08) \\ \text{KVA transf.} &= 693.58. \end{aligned}$$

Con esta potencia vemos en la tabla 11 la capacidad de hay de transformadores de distribución y para este caso escogeremos un transformador de 750 KVA.

**6.2.2. CALCULO DE: PROTECCIONES Y CABLES EN ALTA TENSION.**

$$\text{In. TAT} = \frac{\text{KVA transf.}}{\sqrt{3} (\text{KV})} = \frac{750 \text{ KVA}}{\sqrt{3} (13.2)} = 32.8 \text{ amp.}$$

$$\begin{aligned} \text{I del listón} &= (200 \%) (\text{In TAT}) \\ &= (2)(32.8) \\ &= 65.6 \text{ amp.} \end{aligned}$$

\* Se seleccionan 3 cortocircuitos fusibles en 15 KVA con listones de 65 amperes continuos tipo "K", número 265065 (tabla # 1), en tres cuchillas porta fusibles de 100 amperes.

### **APARTARRAYOS:**

NOTA: Para determinar el apartarrayos se escoge el 85 % del voltaje de entrada, es decir:

$$KV = (85 \%)(KV ENTRADA)$$

$$KV = (0.85)(13.2 KV)$$

$$KV = 11.22$$

\* Se seleccionan 3 apartarrayos de 12 KV (tipo AR-12) de la tabla # 2

### **6.2.3. CALCULO DE: PROTECCIONES, CABLES, TUBERIA, EN BAJA TENSION.**

$$In TBT = \frac{KVA \text{ transf.}}{\sqrt{3}(KV)} = \frac{750 KVA}{\sqrt{3}(0.44)} = 984.12 \text{ amp}$$

$$Ip/prot = 1.25 In TBT$$

$$Ip/prot = 1.25(984.12) = 1230.15 \text{ amp.}$$

$\frac{3 \times 1200}{2000}$  Interruptor termomagnético de 1200 amp. trifásico.  
Tipo PHF 361200

### **6.2.4. CALCULO DEL CABLE DEL TRANSFORMADOR**

$$Ip/cable \text{ del transf.} = 1.25(In TBT) = (1.25)(984.12) = 1230.15 \text{ amp.}$$

$$Ip/cable \text{ total} = \frac{Ip/cable \text{ del transf.}}{(F temp)(F agrup)} = \frac{1230.15 \text{ amp}}{(0.88)(1)} = 1397.89 \text{ amp}$$

NOTA: Considerando conductor tipo THW o THHN a 75°C, como temperatura máxima que resiste el aislamiento.

$$Ip/cable \text{ total} = \frac{1397.89}{4} = 349.47 \text{ amp.}$$

# cond. x fase 4  
a utilizar

Por lo tanto utilizará 4 conductores por fase de 400 MCM, THW a 75 °C y el diámetro de los tubos que llevarán a estos cables serán de 76 mm o 3 pulgadas. (Se tenderán 12 conductores en 3 tubos: 4 conductores por cada tubo).

### PROTECCION DE LA SECCION "A".

#### INTERRUPTOR PRINCIPAL.

NOTA: Considerando 1 HP = 1 KVA.

Máquinas de soldar.....	95.0 KVA
Motores de inducción.....	148.5 KVA
Tableros de alumbrado: $KVA = \frac{KW}{FP} = \frac{115}{0.9} =$	<u>127.78 KVA</u>
	371.28 KVA tot.

$$I_n = \frac{KVA_{tot.}}{\sqrt{3} KV} = \frac{371.28}{\sqrt{3}(0.44)} = 487.17 \text{ amp.}$$

$$I_{p/prot.} = 1.25 I_n = 1.25(487.17) = 608.97 \text{ amp}$$

$\frac{3 \times 700}{1000}$  Interruptor termomagnético de 700 amp  
trifásico, tipo MHL 36700

$$I_{p/cable} = 1.25 I_n = 1.25(487.17) = 608.97 \text{ amp.}$$

NOTA: Como no existe esta corriente para conductores a 75°C en la table # 6, se dividirá ésta entre el número de conductores a utilizar.

$$\frac{608.97}{2} = 304.48 \text{ amp.}$$

Por lo tanto:

6 # 350 - 101      6 conductores THW cal. # 350 MCM en  
1 tubo conduit de 101 mm a 4"

**PROTECCION DE LA SECCION "B".****INTERRUPTOR PRINCIPAL**

Aire acondicionado = (20 TON)(1.9 KW/TON) = 38 KW

$$KVA = \frac{KW}{FP} = \frac{38 KW}{0.85} = 44.70 KVA$$

Aire acondicionado .....	44.70 KVA
Motores de inducción .....	<u>321.00 KVA</u>
	365.70 KVA tot.

$$In = \frac{KVA_{tot.}}{\sqrt{3} KV} = \frac{365.70}{\sqrt{3}(0.44)} = 479.86 \text{ amp.}$$

$$Ip/prot = 1.25 In = 1.25(479.86) = 599.83 \text{ amp.}$$

3 x 600 Interruptor termomagnético de 600 amp.  
1000 trifásico, tipo MHL 36600

$$Ip/cable = 1.25In = 1.25(479.86) = 599.83 \text{ amp.}$$

NOTA: Como no existe esta corriente para conductores a 75 °C en la tabla # 6, se dividirá ésta entre el número de conductores a utilizar.

$$\frac{599.83}{2} = 299.91 \text{ amp.}$$

Por lo tanto:

6 # 350 - 101      6 Conductores THW cal. # 350 MCM en  
1 tubo conduit de 101 mm o 4"

**MOTORES DE 3 HP.**

$I_n = 5 \text{ amp.}$

$I_p/\text{prot} = 15 \text{ amp}$

$\frac{3 \times 15}{100}$  Interruptor termomagnético de 15 amp , trifásico,  
tipo FAL 34015

$I_p/\text{cable} = 1.25 (5) = 6.25 \text{ amp}$

3 # 14 - 13 3 conductores THW cal. # 14 en  
1 tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 0, NEMA 1, tipo SBG-2, clase 8536

**Elemento térmico.**

B 6.90.

**MOTORES DE 5 HP.**

$I_n = 7.9 \text{ amp}$

$I_p/\text{prot} = 15 \text{ amp.}$

$\frac{3 \times 15}{100}$  Interruptor termomagnético de 15 amp., trifásico,  
tipo FAL 34015.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (5) = 9.87 \text{ amp.}$

3 # 14 - 13 3 conductores THW cal. # 14 en  
1 tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 0, NEMA 1, tipo SBG-2, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 10.2. \

**MOTORES DE 7 1/2 HP.**

$I_n = 11 \text{ amp.}$

$I_p/\text{prot} = 20 \text{ amp.}$

$\frac{3 \times 20}{100}$  Interruptor termomagnético de 20 amp., trifásico,  
tipo FAL 34020.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (5) = 13.75 \text{ amp.}$

3 # 12 - 13      3 conductores THW cal. # 14 en  
1 tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 1, NEMA 1, tipo SCG-3, clase 8536

**Elemento térmico.**

B 17.5.

**MOTORES DE 10 HP.**

$I_n = 15 \text{ amp.}$

$I_p/\text{prot} = 30 \text{ amp}$

$\frac{3 \times 30}{100}$  Interruptor termomagnético de 30 amp., trifásico,  
tipo FAL 34030.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (15) = 18.75 \text{ amp.}$

3 # 10 - 13      3 conductores THW cal. # 12 en  
1 tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 1, NEMA 1, tipo SCG-3, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 25.0

**MOTORES DE 15 HP.**

$I_n = 22 \text{ amp.}$

$I_p/\text{prot} = 40 \text{ amp}$

$\frac{3 \times 40}{100}$  Interruptor termomagnético de 40 amp., trifásico,  
tipo FAL 34040

$I_p/\text{cable} = 1.25 (22) = 27.5 \text{ amp.}$

3 # 8 - 13 3 conductores THW cal. # 10 en  
1 tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 2, NEMA 1, tipo SEDG-1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 28.0

**MOTORES DE 20 HP.**

$I_n = 28 \text{ amp}$

$I_p/\text{prot} = 60 \text{ amp}$

$\frac{3 \times 60}{100}$  Interruptor termomagnético de 60 amp., trifásico,  
tipo FAL 34060

$I_p/\text{cable} = 1.25 (28) = 35 \text{ amp.}$

3 # 8 - 19 3 conductores THW cal. # 8 en  
1 tubo conduit de 19 mm ó 3/4 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 2, NEMA 1, tipo SDG-1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B, 36.0

**MOTORES DE 30 HP.**

$I_n = 42 \text{ amp.}$

$I_p/\text{prot} = 80 \text{ amp.}$

$\frac{3 \times 80}{100}$

Interruptor termomagnético de 80 amp. trifásico,  
tipo FAL 34080.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (42) = 52.5 \text{ amp.}$

3 # 6 - 25

3 conductores THW cal. # 6 en  
1 tubo conduit de 25 mm ó 1 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 3, NEMA 1, tipo SEG-1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

B 58.0

**MOTORES DE 50 HP.**

$I_n = 68 \text{ amp.}$

$I_p/\text{prot} = 100 \text{ amp.}$

$\frac{3 \times 100}{100}$

Interruptor termomagnético de 100 amp., trifásico,  
tipo FAL 34100.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (68) = 85 \text{ amp.}$

3 # 4 - 25

3 conductores THW cal. # 4 en  
1 tubo conduit de 25 mm ó 1 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 3, NEMA 1, tipo SEG-1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

C 90.0

**MOTORES DE 75 HP.**

$I_n = 100 \text{ amp.}$

$I_p/\text{prot} = 125 \text{ amp.}$

$\frac{3 \times 125}{225}$

Interruptor termomagnético de 125 amp. trifásico,  
tipo KAL 36125.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (100) = 125 \text{ amp.}$

3 # 1/0 - 38

3 conductores THW cal. # 1/0 en  
1 tubo conduit de 38 mm ó 1 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 4, NEMA 1, tipo SFG-1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

CC 156

**MOTORES DE 100 HP.**

$I_n = 130 \text{ amp.}$

$I_p/\text{prot} = 200 \text{ amp.}$

$\frac{3 \times 200}{225}$

Interruptor termomagnético de 200 amp., trifásico,  
tipo FAL 36200.

$I_p/\text{cable} = 1.25 (130) = 162.5 \text{ amp.}$

3 # 2/0 - 38

3 conductores THW cal. # 2/0 en  
1 tubo conduit de 38 mm ó 1 1/2 in.

**Arrancador.**

Arrancador de 3 polos, tamaño 4, NEMA 1, tipo SFG-1, clase 8536.

**Elemento térmico.**

CC 180

**MAQUINAS DE SOLDAR.****MAQUINA DE 15 KVA.**

$$I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3}(KV)} = \frac{15 KVA}{\sqrt{3}(0.44)} = 19.68 \text{ amp.}$$

$$I_{p/prot} = 2.5 I_n = 2.5(19.68) = 49.2 \text{ amp.}$$

$\frac{3 \times 50}{100}$  Interruptor termomagnético de 50 amp. trifásico,  
tipo FAL 36050.

$$I_{p/cable} = 1.25 (19.68) = 24.6 \text{ amp.}$$

3 # 10 - 13                      3 conductores THW cal. # 10 en  
1 tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.

**MAQUINA DE 20 KVA.**

$$I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3}(KV)} = \frac{20 KVA}{\sqrt{3}(0.44)} = 26.24 \text{ amp.}$$

$$I_{p/prot.} = 2.5 I_n = 2.5(26.24) = 65.60 \text{ amp.}$$

$\frac{3 \times 70}{100}$  Interruptor termomagnético de 70 amp. trifásico,  
tipo FAL 36070.

$$I_{p/cable} = 1.25(26.24) = 32.8 \text{ amp.}$$

3 # 8 - 19                      3 conductores THW cal. # 8 en  
1 tubo conduit de 19 mm ó 3/4 in.

**MAQUINA DE 30 KVA.**

$$I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3}(KV)} = \frac{30 KVA}{\sqrt{3}(0.44)} = 39.36 \text{ amp.}$$

$$I_{p/prot} = 2.5 I_n = 2.5(39.36) = 98.41 \text{ amp.}$$

$\frac{3 \times 100}{100}$  Interruptor termomagnético de 100 amp. trifásico,  
tipo FAL 36100.

$$I_{p/cable} = 1.25 (39.36) = 49.2 \text{ amp.}$$

3 # 6 - 25 3 conductores THW cal. # 6 en  
1 tubo conduit de 25 mm ó 1 in.

**TABLEROS DE ALUMBRADO****TABLEROS DE 20 KW.**

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3}(KV)FP} = \frac{20 KW}{\sqrt{3}(0.22)(0.9)} = 58.39 \text{ amp.}$$

$$I_{p/prot.} = 1.25 I_n = 1.25(58.39) = 72.9 \text{ amp.}$$

$\frac{3 \times 100}{100}$  Interruptor termomagnético de 100 amp. trifásico,  
tipo FAL 36100.

$$I_{p/cable} = 1.25(58.39) = 72.9 \text{ amp.}$$

3 # 4 - 25 3 conductores THW cal. # 4 en  
1 tubo conduit de 25 mm ó 1 in.

**TABLERO DE 30 KW.**

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3}(KV)FP} = \frac{30 KW}{\sqrt{3}(0.22)(0.9)} = 87.48 \text{ amp.}$$

$$I_p/\text{prot} = 1.25 I_n = 1.25(87.48) = 109.34 \text{ amp.}$$

$\frac{3 \text{ x } 125}{225}$  Interruptor termomagnético de 125 amp. trifásico,  
tipo KAL 36125.

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (87.48) = 109.34 \text{ amp.}$$

3 # 2 - 32 3 conductores THW cal. # 2 en  
1 tubo conduit de 32 mm ó 1 1/4 in.

**TABLEROS DE 45 KW.**

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3}(KV)FP} = \frac{45 KW}{\sqrt{3}(0.22)(0.9)} = 131.21 \text{ amp.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 1.25 I_n = 1.25(131.21) = 164.02 \text{ amp.}$$

$\frac{3 \text{ x } 175}{225}$  Interruptor termomagnético de 175 amp. trifásico,  
tipo KAL 36175.

$$I_p/\text{cable} = 1.25(131.21) = 164.02 \text{ amp.}$$

3 # 2/0 - 38 3 conductores THW cal. # 2/0 en  
1 tubo conduit de 38 mm ó 1 1/2 in.

**CALCULO DE LOS TRANSFORMADORES PARA LOS TABLEROS DE ALUMBRADO.****TABLERO DE 45 KW.**

$$\text{KVA} = \frac{\text{KW}}{\text{FP}} = \frac{45}{0.9} = 50$$

NOTA: Como este valor de KVA no es comercial, se escogerá de la tabla # 12 el valor superior de KVA, para este caso se escogerán 2 transformadores de 30 KVA.

**TABLERO DE 30 KW.**

$$\text{KVA} = \frac{\text{KW}}{\text{FP}} = \frac{30}{0.9} = 33.33$$

NOTA: Al igual que el anterior se escoge de la tabla # 12 el valor superior de KVA, para este caso se escoge un transformador de 45 KVA.

**TABLEROS DE 20 KW.**

$$\text{KVA} = \frac{\text{KW}}{\text{FP}} = \frac{20}{0.9} = 22.22$$

NOTA: Al igual que los anteriores se escoge de la tabla # 12 el valor superior de KVA, para este caso se escoge 2 transformadores de 30 KVA, uno para cada tablero.

**AIRE ACONDICIONADO.****AIRE ACONDICIONADO DE 5 TON.**

$$1.9 \text{ KW} = 1 \text{ TON.}$$

$$(5 \text{ TON})(1.9 \text{ KW/TON}) = 9.5 \text{ KW}$$

$$I_n = \frac{\text{KW}}{\sqrt{3}(\text{KV})\text{FP}} = \frac{9.5 \text{ KW}}{\sqrt{3}(0.44)(0.85)} = 14.66 \text{ amp.}$$

$$I_p/\text{prot} = 1.5 I_n = 1.5(14.66) = 21.99 \text{ amp.}$$

$\frac{3 \times 30}{100}$  Interruptor termomagnético de 30 amp. trifásico,  
tipo FAL 36030.

$$I_p/\text{cable} = 1.25 (14.66) = 18.33 \text{ amp.}$$

3 # 12 - 13                      3 conductores THW cal. # 12 en  
1 tubo conduit de 13 mm ó 1/2 in.

**AIRE ACONDICIONADO DE 10 TON.**

$$1.9 \text{ KW} = 1 \text{ TON.}$$

$$(10 \text{ TON})(1.9 \text{ KW/TON}) = 19 \text{ KW}$$

$$I_n = \frac{\text{KW}}{\sqrt{3}(\text{KV})\text{FP}} = \frac{19 \text{ KW}}{\sqrt{3}(0.44)(0.85)} = 29.33 \text{ amp.}$$

$$I_p/\text{prot.} = 1.5 I_n = 1.5(29.33) = 44 \text{ amp.}$$

$\frac{3 \times 50}{100}$  Interruptor termomagnético de 50 amp. trifásico,  
tipo FAL 36050

$$I_p/\text{cable} = 1.25(29.33) = 36.66 \text{ amp.}$$

3 # 8 - 19                      3 conductores THW cal. # 8 en  
1 tubo conduit de 19 mm ó 3/4 in.

### 6.2.5. PROTECCION GENERAL DE CADA UNO DE LOS RAMALES.

#### RAMAL 1 (6 MOTORES DE 3 HP)

$$I_n = 5 \text{ amp.}$$

$$I_p/\text{prot} = \text{Prot. del mayor de los motores} + \Sigma \text{ In de los demás motores}$$

$$I_n/\text{prot} = 15 + 5 (5) = 40 \text{ amp.}$$

$$\frac{3 \times 40}{100} \quad \text{Interrupor termomagnético de 40 amp. trifásico, tipo FHL 36040.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 I_n \text{ del mayor de los motores} + \Sigma \text{ In de los demás motores}$$

$$I_n/\text{cable} = 1.25(5) + 5 (5) = 31.25 \text{ amp.}$$

$$3 \# 8 - 19 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 8 en 1 tubo conduit de 19 mm ó 3/4 in.}$$

#### RAMAL 2 (MAQUINAS DE SOLDAR 30, 2 - 20 Y 15 KVA.

$$I_n = 2.5 I_n \text{ mayor de las máquinas} + \Sigma \text{ In de los demás motores}$$

$$I_p/\text{prot.} = 2.5 (39.36) + (26.24 + 26.24 + 19.68) = 170.5 \text{ amp.}$$

$$\frac{3 \times 175}{225} \quad \text{Interrupor termomagnético de 175 amp. trifásico, tipo KHL 36175}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 I_n \text{ mayor de las máquinas de soldar} + \Sigma \text{ In de los demás máquinas de soldar}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25(39.36) + (26.24 + 26.24 + 19.68) = 121.36 \text{ amp.}$$

$$3 \# 1/0 - 38 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 1/0 en 1 tubo conduit de 38 mm ó 1 1/2 in.}$$

**RAMAL 3 (MOTORES DE 20, 10 y 5 HP)**

$$I_{p/prot} = \text{Prot. del mayor de los motores} + \sum \text{In de los demás motores}$$

$$I_{n/prot} = 60 + (15 + 7.9) = 82.9 \text{ amp.}$$

$$\frac{3 \times 100}{100} \quad \text{Interrupor termomagnético de 100 amp. trifásico, tipo FHL 36100.}$$

$$I_{p/cable} = 1.25 \text{ In del mayor de los motores} + \sum \text{In de los demás motores}$$

$$I_{n/cable} = 1.25(28) + (15 + 7.9) = 57.9 \text{ amp.}$$

$$3 \# 6 - 25 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 6 en 1 tubo conduit de 25 mm ó 1 in.}$$

**RAMAL 4 (TABLEROS DE ALUMBRADO).**

$$I_n = 1.25 \text{ In mayor de los tableros} + \sum \text{In de los demás tableros}$$

$$I_{p/prot.} = 1.25 (131.21) + (87.48 + 58.32 + 58.32) = 368.13 \text{ amp.}$$

$$\frac{3 \times 400}{400} \quad \text{Interrupor termomagnético de 400 amp. trifásico, tipo LHL 36400}$$

$$I_{p/cable} = 1.25 \text{ In mayor de los tableros} + \sum \text{In de los demás tableros}$$

$$I_{p/cable} = 1.25(131.21) + (87.48 + 58.32 + 58.32) = 368.13 \text{ amp.}$$

$$3 \# 500 - 76 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 500 MCM en 1 tubo conduit de 76 mm ó 3 in.}$$

**RAMAL 5 (MOTORES DE 3.7 1/2, 15.2 - 20, 30 HP)**

$$I_p/\text{prot} = \text{Prot. del mayor de los motores} + \Sigma \text{ In de los demás motores}$$

$$I_n/\text{prot} = 80 + (28 + 28 + 22 + 11 + 5) = 174 \text{ amp.}$$

$$\frac{3 \times 175}{225} \quad \text{Interrupor termomagnético de 175 amp. trifásico, tipo KHL 36175.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 \text{ In del mayor de los motores} + \Sigma \text{ In de los demás motores}$$

$$I_n/\text{cable} = 1.25(42) + (28 + 28 + 22 + 11 + 5) = 146.5 \text{ amp.}$$

$$3 \# 1/0 - 38 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 1/0 en 1 tubo conduit de 38 mm ó 1 1/2 in.}$$

**RAMAL 6 (MOTORES DE 3 HP.)**

$$I_n = 5 \text{ amp.}$$

$$I_p/\text{prot.} = \text{Prot. del mayor de los motores} + \Sigma \text{ In de los demás motores}$$

$$I_n/\text{prot.} = 15 + 6(5) = 45 \text{ amp.}$$

$$\frac{3 \times 50}{100} \quad \text{Interrupor termomagnético de 50 amp. trifásico, tipo FHL 36050.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 \text{ In mayor de los motores} + \Sigma \text{ In de los demás motores}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25(5) + 6(5) = 36.25 \text{ amp.}$$

$$3 \# 8 - 19 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 8 en 1 tubo conduit de 19 mm ó 3/4 in.}$$

**RAMAL 7 (AIRE ACONDICIONADO).**

$$I_p/\text{prot} = 1.5 \text{ In mayor de los aires acond.} + \sum \text{ In de los demás aires acond.}$$

$$I_n/\text{prot} = 1.5(29.33) + (14.66 + 14.66) = 73.15 \text{ amp.}$$

$$\frac{3 \times 100}{100} \quad \text{Interrupor termomagnético de 100 amp. trifásico, tipo FHL 36100.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 \text{ In del mayor de aires acond.} + \sum \text{ In de los demás aires acond.}$$

$$I_n/\text{cable} = 1.25(29.33) + (14.66 + 14.66) = 65.98 \text{ amp.}$$

$$3 \# 4 - 25 \quad 3 \text{ conductores THW cal. \# 4 en 1 tubo conduit de 25 mm ó 1 in.}$$

**RAMAL 8 (MOTORES DE 100, 2-75 y 50 HP.)**

$$I_n/\text{prot.} = \text{Prot. del mayor de los motores} + \sum \text{ In de los demás motores}$$

$$I_p/\text{prot.} = 200 + (100 + 100 + 68) = 468 \text{ amp.}$$

$$\frac{3 \times 500}{1000} \quad \text{Interrupor termomagnético de 500 amp. trifásico, tipo MHL 36500.}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25 \text{ In mayor de los motores} + \sum \text{ In de los demás motores}$$

$$I_p/\text{cable} = 1.25(130) + (100 + 100 + 68) = 430.5 \text{ amp.}$$

NOTA: Como no existe esta corriente para conductores a 75 °C en la tabla # 6, se dividirá ésta entre el número de conductores a utilizar.

$$\frac{430.5}{2} = 215.25 \text{ amp.}$$

Por lo tanto:

$$6 \# 4/0 - 76 \quad 6 \text{ conductores THW cal. \# 4/0 en 1 tubo conduit de 76 mm ó 3 in.}$$

### **6.2.6. SISTEMA DE TIERRAS.**

#### **MATERIAL UTILIZADO.**

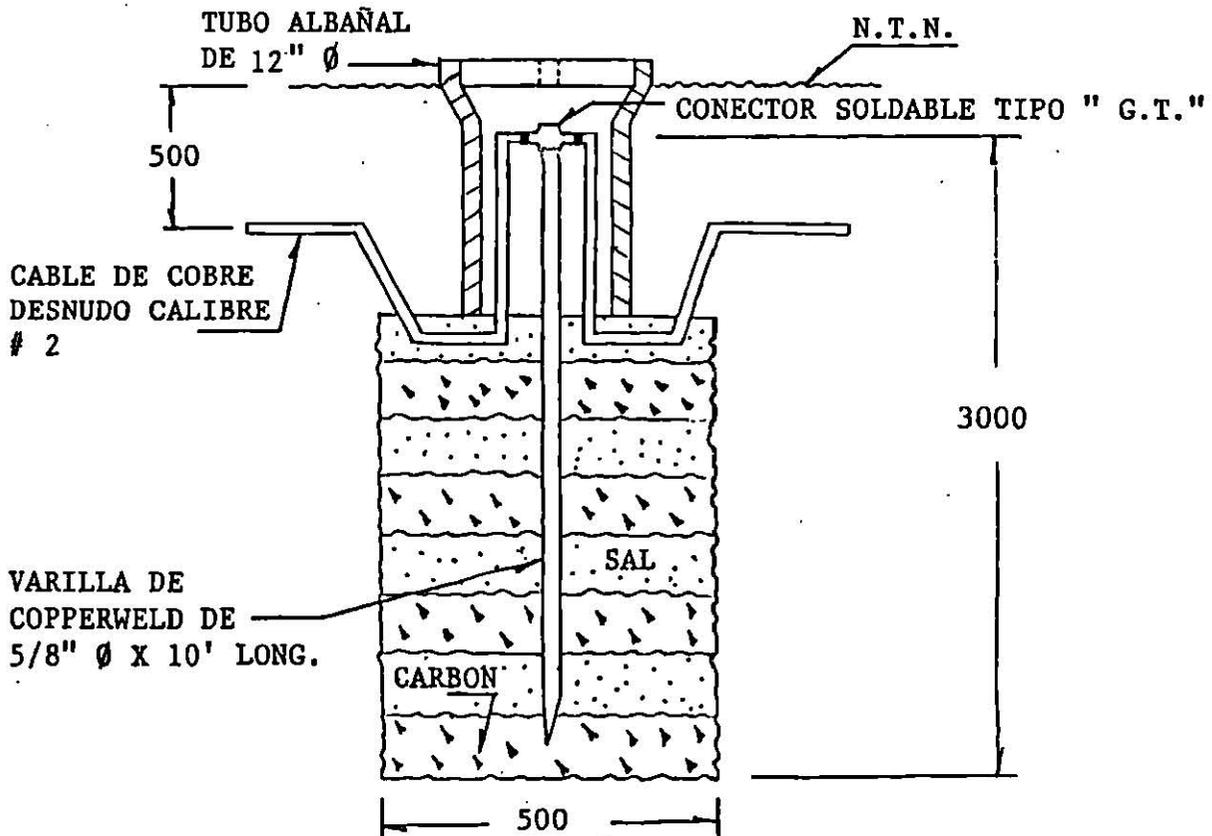
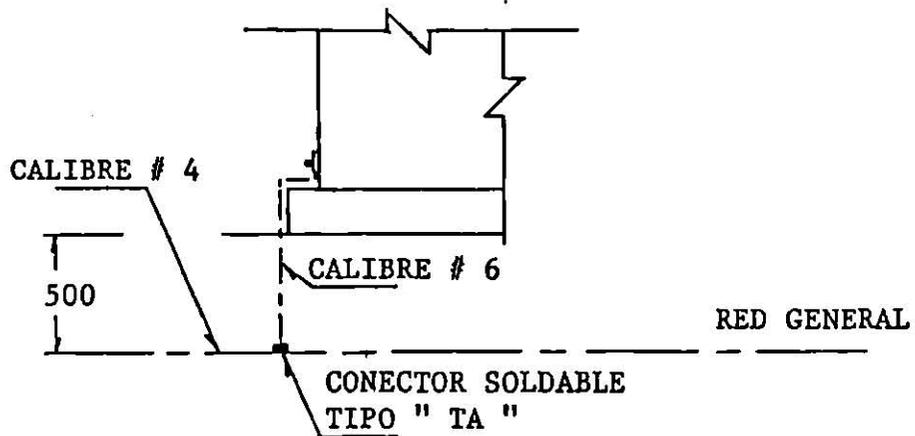
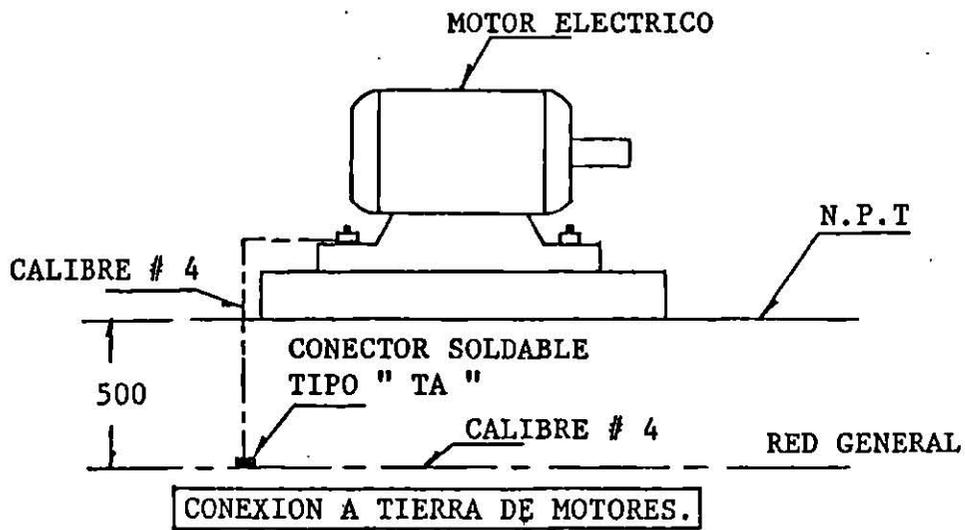
- 1.- Conductor a tierra.
- 2.- Cable de cobre suave no menor de 2/0 AWG, hasta 15 KV
- 3.- Para grandes subestaciones (20,000 KVA ó más) usa cable 4/0 AWG.

#### **MATERIAL PARA ELECTRODO.**

- 1.- Tubo galvanizado de 25 mm de diámetro por 2 metros.
- 2.- Varilla de cobre acero coperwelld de 16 mm de diámetro por 3 metros de largo.
- 3.- Resistencias de tierra no mayores de 20 ahms.

#### **NUMERO DE ELECTRODOS.**

- Para subestaciones pequeñas, 2 electrodos.
- Para subestaciones mayores de 1500 KVA, se colocan 20 electrodos.
- O por cada 15 metros cuadrados se coloca un electrodo.



APARTARRAYOS  
12KV

LISTON FUSIBLE  
26063

TRANSF.  
750KVA 3Ø, Z=5.75

EQUIPO DE MEDICION

$\frac{3 \times 1200}{2000}$   
12#400MCM-76

$\frac{3 \times 600}{1000}$   
6#350-4"

$\frac{3 \times 50}{100}$   
3#8-19

$\frac{3 \times 100}{100}$   
3#4-25

$\frac{3 \times 500}{1000}$   
6#4/0-76

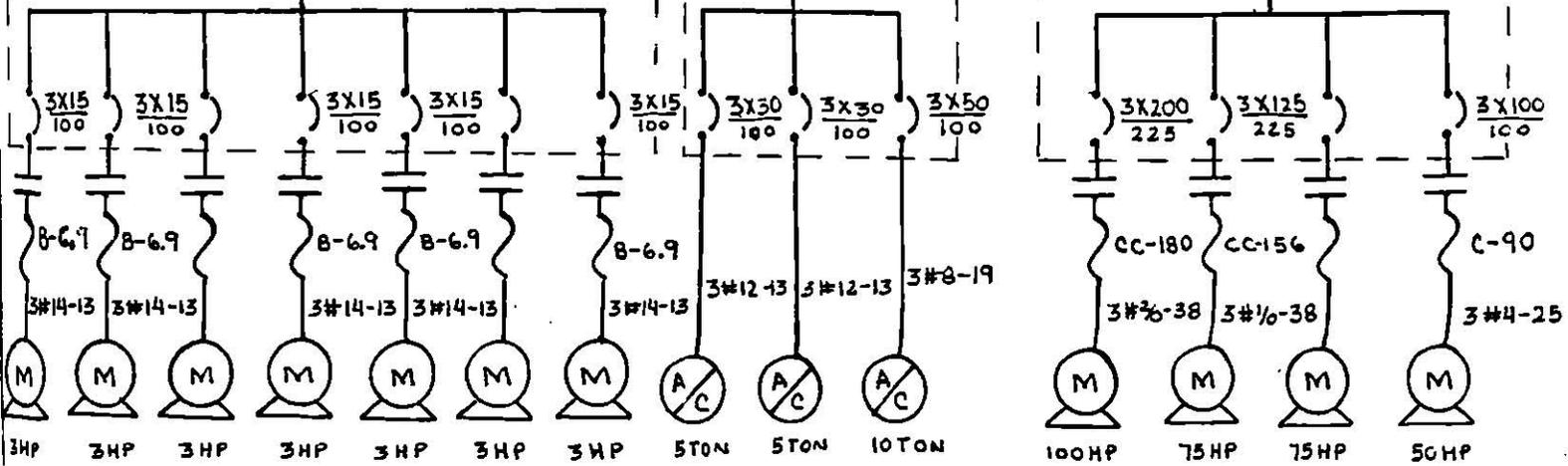


DIAGRAMA UNIFILAR



# TABLAS.

SEPARACION MINIMA EN MILIMETROS ENTRE 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

TABLA # 1

ESLABONES FUSIBLES

S & C ELECTRIC COMPANY

Velocidad de fusión ..... Estándar o "K".

AMPERES NOMINALES	TIPO UNIVERSAL	
	VELOCIDAD	
	"STD"	"K"
1 1/2	640015	
2	64002	
3	64003	
5	64005	
6		26500G
7	64007	
8		26500B
10	64010	265010
12		265012
15	64015	265015
20	64020	265020
25	64025	265025
30	64030	265030
40	64040	265040
50	64050	265050
65	64065	265065
80	64080	265080
100	64100	265100
125	64125	
140		265140
150	64150	
200	64200	265200

FUSIBLES DE DISTRIBUCION

MARCA S & C

CAPACIDADES EN AMPERES (CORRIENTE NOMINAL PARA PROTECCION DE TRANSFORMADORES)  
TRANSFORMADORES MONOFASICOS

KVA	VOLTAJE PRIMARIO											
	2400	4150	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
3	3	3	2	2	2	1 1/2	2	1 1/2	2	1	2	1
5	5	5	3	3	3	2	2	2	2	1	2	1
1 1/2	7	7	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1 1/2
10	10	10	5	5	5	3	3	3	3	2	2	2
15	15	15	7	7	7	5	5	5	5	3	3	3
25	20	20	10	10	10	7	7	7	7	5	5	5
37 1/2	30	25	15	15	15	10	10	10	10	7	7	7
50	40	30	20	20	20	15	15	15	15	10	10	10
75	60	45	30	30	30	20	20	20	20	15	15	15
100	80	60	40	40	40	30	30	30	30	20	20	20
150	120	90	60	60	60	40	40	40	40	30	30	30
200	160	120	80	80	80	50	50	50	50	40	40	40
300	240	180	120	120	120	80	80	80	80	60	60	60

TRANSFORMADORES TRIFASICOS

KVA	VOLTAJE PRIMARIO											
	2400	4150	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
5	2	2	1 1/2	2	1	1 1/2	1	1 1/2	1	1	1 1/2	1
7 1/2	3	3	2	2	1 1/2	2	1	2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
10	3	3	2	2	2	3	2	2	2	1 1/2	2	1 1/2
15	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
25	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
37 1/2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
50	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
75	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
100	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
150	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
200	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
300	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
400	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
500	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2

NOTA:

- Los valores indicados en la columna de la izquierda, en cada voltaje se ajustan a las normas más comunes de E. U. A. los de la columna de la derecha son valores comerciales a partir de un factor de ajuste 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 tránsito y sobrecorrientes tolerables. En consecuencia no es necesario sustituir los fusibles no fundidos en una instalación monofásica o trifásica cuando uno o dos de los fusibles se han fundido. Para casos especiales de coordinación, protección contra sobrecargas, operación recíproca, etc. consulte su caso con nuestro departamento especializado en protección de circuitos de alta tensión, sin costo alguno.

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

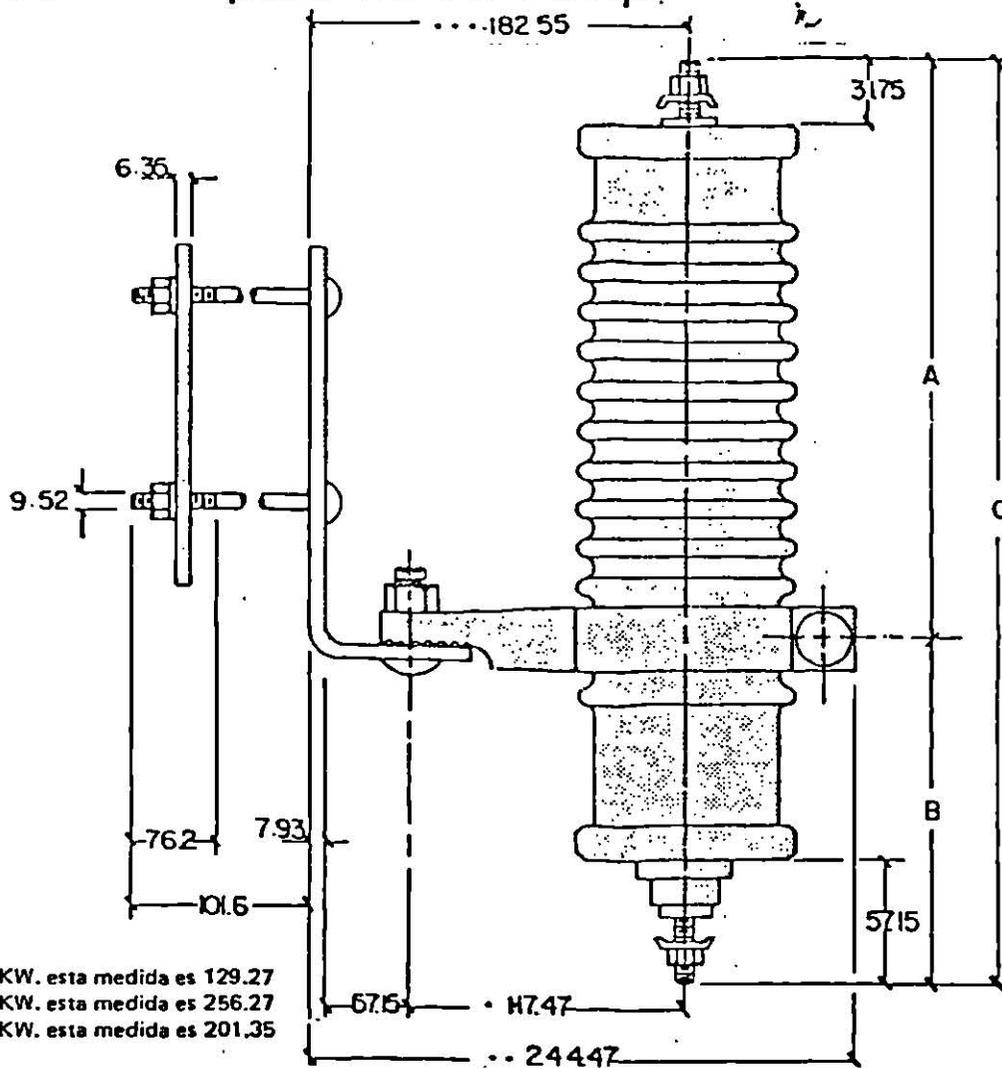


TABLA #2

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

CLASE	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

# Cortacircuitos fusible descubierto clase distribución para 100 amp.

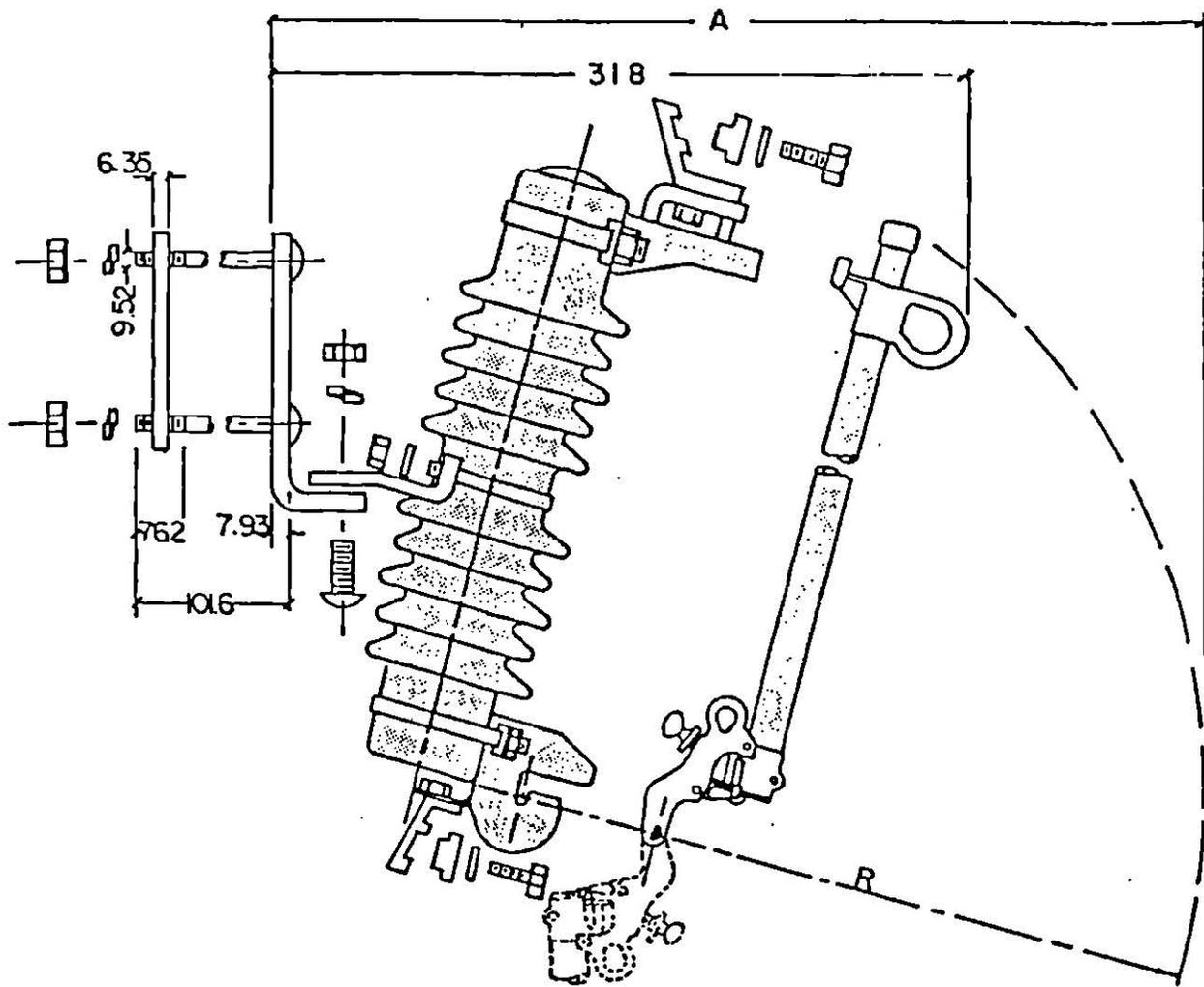


TABLA #3

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

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

Tabla #4

\* Para compactados a temperatura ambiente de 30 °C

TABLA 302.4-B

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO PARA CABLES EN TUBERIA CONDUIT

(SEGUN NIE-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

Tabla #5

TABLA 302.4-A

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 NIE-81).

Factores de corrección por variación en la temperatura ambiente

Cables directamente enterrados o en ductos subterráneos

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

Cables instalados al aire

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

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO DE CABLES EN CHAROLAS

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

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



Ej. 4 horizontal y 2 vertical

Factor = 0.76

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

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
	THWN, RW, T, TW		RH, RHW, RHH, THW		PLC, V, M		TA, TSS, SA, AVB, SS, FEP THW, RHH, THHN, LSW, EP, XHHW *	
Tipos	Tubo, MTW		Tubo, DF, XHHW		Tubo, V, M		Tubo, EP, XHHW *	
Cable AWG MGM	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	125
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	360	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	460	300	460
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	860	515	860
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	760	545	935	565	1000	565	1000

\* Datos obtenidos de NTC-81.  
T<sub>a</sub> = 30 °C

Número máximo de conductores que puede alojarse en tubo conduit.

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

En el Diario Oficial del día lunes 22 de abril de 1935 se publicó la expedición de adiciones, modificaciones y aclaraciones a las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, edición 1931, en las que mencionan los siguientes factores de relleno:

Artículo 304.4 Número de conductores (factor de relleno)

a) Todos los conductores que se alojan en un tubo, sean portadores de corriente o no, incluyendo su aislamiento y otros foros, 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 TUPO (mm)									
		(1/2)	(3/4)	(1)	(1 1/4)	(1 1/2)	(2)	(2 1/2)	(3)	(3 1/2)	(4)
		13	19	25	32	38	51	63	76	91	102
T, TW y THW	14"	9	16	25	45	61	-	-	-	-	-
	14	8	14	22	39	54	-	-	-	-	-
	12"	7	12	20	35	46	75	-	-	-	-
	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)	14"	6	10	16	27	40	55	-	-	-	-
	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	51	-	-	-
	10	3	6	9	17	23	38	53	-	-	-
T, TW y THW RHW y RHH (sin cubierta exterior)	8	1	3	5	10	13	22	32	49	-	-
	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	65
	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	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	

TABLA # 6

**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 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 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

TABLA # 7

# APARATOS PEQUEÑOS

## CARGA RECOMENDADA

LUGAR	WATTS P.P.S. AM
ANFITEATROS	10
BANCOS	20
UBODEGAS O ALMACENES	10
CASAS PARA HABITACION	20
CLUBES	20
EDIFICIOS INDUSTRIALES	20
EDIFICIOS DE OFICINAS	20
ESCUELAS	30
GARAJES COMERCIALES	5
HOSPITALES	20
HOTELES, INCLUYENDO CASAS DE APARTAMIENTOS SIN APARATOS ELECTRICOS PARA COCINAR	20
IGLESIAS	5
PELLUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA	30
RESTAURANTES	20
TIENDAS	30

## Calculo de Factores

$$\text{Factor de Demanda} = \frac{\text{Demanda M\u00e1xima} < \text{Instalada (en kW o kVA)}}{\text{Carga Conexa a Instalaci\u00f3n (en kW o kVA)}}$$

$$\text{Factor de Diversidad} = \frac{\text{Suma de las Demandas M\u00e1ximas Individuales}}{\text{Sistema de la Demanda M\u00e1xima}}$$

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Promedio de Carga en un Per\u00edodo}}{\text{Carga M\u00e1xima en el Mismo Per\u00edodo}}$$

$$\text{Factor de Utilizaci\u00f3n} = \frac{\text{Demanda M\u00e1xima}}{\text{Potencia Nominal}}$$

### Factores de Demanda Aproximadamente Usuales

Comercial		Industrial	
Comercio	F. D.	Industria	F. D.
Alumbrado P\u00fablico	1.00	Acetileno (Fca. del	0.70
Apartamentos	0.35	Armaduras de Acero	0.70
Bancos	0.70	Carpinter\u00edas (talleres del	0.65
Bodegas	0.50	Carnes (frigor\u00edferos)	0.80
Casinos	0.85	Cart\u00f3n (productos del	0.50
Correos	0.30	Cemento (fca. del	0.65
Escuelas	0.70	Ciudades (fca. del	0.60
Garajes	0.60	Dulces (fca. del	0.45
Hospitales	0.40	Fundici\u00f3n (talleres del	0.70
Hoteles Chicos	0.50	Galletas (fca. del	0.55
Hoteles Grandes	0.40	Hielo (fca. del	0.60
Iglesias	0.60	Herrer\u00edas (talleres del	0.50
Mercados	0.80	Imprentas	0.60
Multifamiliares	0.25	Jab\u00f3n (fca. del	0.60
Oficinas	0.65	L\u00e1minas (fca. Art\u00edculos)	0.70
Restaurants	0.65	Lavander\u00eda Mec\u00e1nica	0.80
Tel\u00e9fonos	0.60	Muebles (talleres del	0.75
Teatro	0.65	Paletas	0.65
		Materiales (talleres del	0.70
		Mec\u00e1nica (talleres)	0.75
		Muebles (fca. del)	0.65
		Pan (fca. mec\u00e1nica del	0.55
		Papel (fca. del)	0.75
		Perfiles (talleres)	0.75
		Pinturas (fca. del	0.70
		Qu\u00edmica (Industria)	0.50
		Refiner\u00edas (Petr\u00f3leo)	0.60
		Textiles (fca. del)	0.55
		Textiles (fca. telas)	0.65
		Vestidos (fca. del)	0.45
		Zapatos (fca. del)	0.65

TABLA #10

Interruptor tipo	Usado en tableros Tipo	Voltaje m\u00e1ximo C.A. o C.D.	No. de Poles	Rango en Amperes	CAPACIDAD INTERRUPTIVA-R.M.S. AMPERES SIM\u00c9TRICOS								Especificaci\u00f3n UL 489-315
					Basado sobre la lista de capacidades de UL								
					V O L T S C . A .				V O L T S C . D .				
QO	QO-H00	120/240C.A.	1-2	15-50-70	5000								1a
QO	QO-H00	240C.A.	3	15-50		5000							1b
QIB	QO-H00	240C.A.	2-3	70-100		5000							1b
A1L	IND. A	240C.A. 125C.D.	1	15-100	10000	5000				5000			2a
A1C	AIND-BSST	240C.A. 250C.D.	2-3	75-100		10000					5000		2c
A1B	HA1B-ML	240C.A. 125C.D.	1	15-100	10000	5000				5000			2b
A1B	HA1B-ML	240C.A. 250C.D.	2-3	15-100		10000					5000		2c
A1B	HA1B-ML	240C.A. 250C.D.	1	15-100			10000						2a
FA	ML-CBI	600C.A. 250C.D.	3	15-100		18000	14000	14000		10000			2d
4PH			3	15-100		65000	25000	18000		10000			2i
4PH			3	125-225		25000	27000	27000		10000			2b
4PH			3	125-225		45000	35000	25000		10000			2d
LA			3	225-400		42000	30000	22000		10000			3a
LA			3	225-400		65000	35000	25000		10000			3b
MA			3	500-1000		47000	30000	27000		14000			3c
4PH			3	500-1000		65000	35000	25000		34000			3b
4PH		600C.A.	3	600-2000		45000	35000	47000					3c
4PH		600C.A.	3	600-2000		125000	85000	65000					3c

Interruptor de alta capacidad interruptiva: Para interruptores tipo QO de 10000-AGI; consultar a nuestra oficina. A Ind. Individual.

### TAMA\u00d1O M\u00cdNIMO DE INTERRUPTOR RECOMENDADO EN SECUNDARIO DE TRANSFORMADORES SEGUN CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Transformador en KVA y por ciento de impedancia	Voltaje secundario (Volts)	Corriente secundaria m\u00e1xima (Amps.)	Corriente s\u00edncrona total de corto circuito (RMS Amps.) (Combinada)	Interruptor derivado m\u00ednimo o worse	
				Interruptor termomagn\u00e9tico	Interruptor electromagn\u00e9tico
112 (3%)	208	312	11000	TIPO-FA	MARCO 223A
	240	272	10000		
	480	136	5100		
	600	108	4000		
150 (3.5%)	208	416	12700	TIPO-FA	MARCO 223A
	240	381	11700		
	480	190	5900		
	600	144	4700		
225 (3.5%)	208	624	18100	TIPO-FA	MARCO 223A
	240	544	16100		
	480	272	7100		
	600	216	5600		
300 (3.5%)	208	832	19900	TIPO-FA	MARCO 223A
	240	722	18200		
	480	361	9400		
	600	289	7500		
500 (3.5%)	208	1388	30000	TIPO-LA	MARCO 600A
	240	1203	28400		
	480	601	14200		
	600	481	11400		
750 (3.5%)	208	2082	39400	TIPO-LA	MARCO 600A
	240	1804	37900		
	480	902	18900		
	600	722	15100		
1000 (3.5%)	208	2776	52700	TIPO-LA	MARCO 600A
	240	2406	50100		
	480	1203	25000		
	600	962	20000		

### DENSIDAD DE CARGA P/ALGUNAS INDUSTRIAS

TIPO	DENSIDAD WATTS/M2
INDUSTRIA AZUCARERA	160
CANTERAS	125
FAB. TEXTILES	110
FAB. DE CIGARROS	100
FAB. DE APARATOS ELECTRICOS	90
TALLER DE MANTENIMIENTO MECANICO Y DE MAQ. HERRAMIENTAS	65
FAB. DE LAMPARAS ELECTRICAS	45
FAB. DE PEQUE\u00d1AS PARTES MECANICAS	30

F.D. Se considera como 0.8 cuando no se encuentra el tipo de industria.

TABLA #11

Tabla #12

TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE DISTRIBUCION — DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS

Alta Voltaje Nominal	Baja Voltaje Nominal	KVA	Dimensiones en Cm				Peso en Libras			Total
			A	B	C	D	Núcleo y Bobinas	Tanque y Accesorios	Arroll	
140	120/240	10	44	38	46	82	40	38	44	145
		15	44	38	46	82	40	41	44	171
		25	44	38	46	82	40	41	44	258
		37.5	44	38	46	82	40	41	44	315
		50	44	38	46	82	40	41	44	388
3000/15000	120 A 600	10	103	81	66	118	82	68	81	192
		15	104	81	66	118	82	80	81	208
		25	104	81	66	118	82	80	81	294
		37.5	104	81	66	118	82	80	81	353
		50	104	81	66	118	82	80	81	415
6000/30000	240 A 600	10	121	94	78	132	100	87	100	218
		15	121	94	78	132	100	87	100	238
		25	121	94	78	132	100	87	100	312
		37.5	121	94	78	132	100	87	100	375
		50	121	94	78	132	100	87	100	445
11000	360 A 600	10	138	108	94	150	110	94	110	250
		15	138	108	94	150	110	94	110	275
		25	138	108	94	150	110	94	110	360
		37.5	138	108	94	150	110	94	110	435
		50	138	108	94	150	110	94	110	515
14000	480 A 600	10	154	124	108	170	120	108	120	280
		15	154	124	108	170	120	108	120	305
		25	154	124	108	170	120	108	120	400
		37.5	154	124	108	170	120	108	120	485
		50	154	124	108	170	120	108	120	575
16000	600 A 600	10	171	141	124	190	130	124	130	320
		15	171	141	124	190	130	124	130	345
		25	171	141	124	190	130	124	130	460
		37.5	171	141	124	190	130	124	130	545
		50	171	141	124	190	130	124	130	635

TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE DISTRIBUCION — DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS

Alta Voltaje Nominal	Baja Voltaje Nominal	KVA	Dimensiones en Cm				Peso en Libras			Total
			A	B	C	D	Núcleo y Bobinas	Tanque y Accesorios	Arroll	
11000	220Y/127	10	118	74	52	92	88	54	88	228
		15	118	74	52	92	88	54	88	253
		25	118	74	52	92	88	54	88	328
		37.5	118	74	52	92	88	54	88	398
		50	118	74	52	92	88	54	88	468
14000	220Y/127	10	125	80	52	92	105	61	105	235
		15	125	80	52	92	105	61	105	260
		25	125	80	52	92	105	61	105	335
		37.5	125	80	52	92	105	61	105	410
		50	125	80	52	92	105	61	105	485
20000	220Y/127	10	145	100	64	117	125	75	125	315
		15	145	100	64	117	125	75	125	340
		25	145	100	64	117	125	75	125	415
		37.5	145	100	64	117	125	75	125	490
		50	145	100	64	117	125	75	125	565
30000	220Y/127	10	180	120	80	141	165	95	165	435
		15	180	120	80	141	165	95	165	460
		25	180	120	80	141	165	95	165	535
		37.5	180	120	80	141	165	95	165	610
		50	180	120	80	141	165	95	165	685
35000	220Y/127	10	194	130	88	152	180	105	180	485
		15	194	130	88	152	180	105	180	510
		25	194	130	88	152	180	105	180	585
		37.5	194	130	88	152	180	105	180	660
		50	194	130	88	152	180	105	180	735

A = Altura total, B = Frente, C = Fondo, D = Ancho. Todas estas medidas son aproximadas y no deben usarse para construcción. No se garantiza la precisión de las medidas.

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS SIN GABINETE (CAPACIDAD INTERRUPTIVA NORMAL)

**INTERRUPCIÓN**

MARCO 100 AMP. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.

MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D.		DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	CAT. No.		
15	FAL-36015		ANCHO-114 (4 1/2") ALTO - 152 (6") FONDO-80 (3 1/4")
20	FAL-36020		
30	FAL-36030		
40	FAL-36040		
50	FAL-36050		
70	FAL-36070		
100	FAL-36100		
100	FAL-36000		

3 No Automático.

**INTERRUPCIÓN**

MARCO 225 AMP. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.

MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D. CAT. No.	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
125	625	1250	KAL-36125	ANCHO-114 (4 1/2") ALTO - 203 (8") FONDO-91 (3 5/8")
150	750	1500	KAL-36150	
175	875	1750	KAL-36175	
200	1000	2000	KAL-36200	
225	1125	2250	KAL-36225	
225	No Automático		KAL-36000	

**INTERRUPCIÓN**

MARCO 400 AMP. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.

MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D. CAT. No.	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
225	1125	2250	LAL-36225	ANCHO-152 (6") ALTO - 279 (11") FONDO-103 (4 1/4")
250	1250	2500	LAL-36250	
300	1500	3000	LAL-36300	
350	1750	3500	LAL-36350	
400	2000	4000	LAL-36400	
400	No Automático		LAL-36000	

**INTERRUPCIÓN**

MARCO 1000 AMP. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D.

MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D. CAT. No.	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
500	2500	5000	MAL-36500	ANCHO-220 (9") ALTO - 355 (14") FONDO-114 (4 1/2")
600	3000	6000	MAL-36600	
700	3500	7000	MAL-36700	
800	4000	8000	MAL-36800	
900	4500	9000	MAL-36900	
1000	5000	10000	MAL-361000	
1000	No Automático		MAL-36000B	
1000	No Automático		MAL-36000	

**INTERRUPCIÓN**

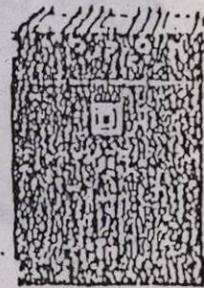
MARCO 2000 AMP. MAX. 600V.C.A.

MONTAJE ATORNILLADO  
UNIDAD DE DISPARO INTERCAMBIABLE

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. CATALOGO	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
500	1500	3000	PAF-36600	ANCHO-350 (13 1/2") ALTO - 510 (20") FONDO-188 (7 1/2")
700	1750	3500	PAF-36700	
800	2000	4000	PAF-36800	
1000	2500	5000	PAF-361000	
1200	3000	6000	PAF-361200	
1400	3500	7000	PAF-361400	
1600	4000	8000	PAF-361600	
1800	4500	9000	PAF-361800	
2000	5000	10000	PAF-362000	
2000	No Automático		PAF-36000C	

Δ Se surten sin zepatas terminales.

◦ El fondo en las dimensiones nominales no incluye la palanca.



FA



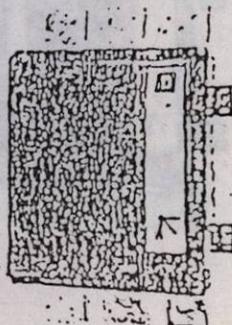
KA



LA



MA



PAF

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS SIN GABINETE (CAPACIDAD INTERRUPTIVA ALTA)

**11110) 11111** MARCO 100 AMPS. MAX. 600V.C.A.- 250V.C.D. MONTAJE ATORNILLADO

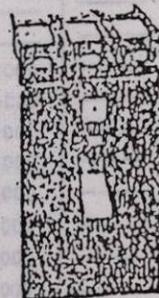
AMPERES	3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D.		DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	CATALOGO		
15	FHL-36015		ANCHO-114 (4 1/2")
20	FHL-36020		
30	FHL-36030		ALTO-152 (6")
40	FHL-36040		
50	FHL-36050		FONDO-80 (3 1/2")
70	FHL-36070		
100	FHL-36100		



FH

**11110) 11111** MARCO 225 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D. MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D. CATALOGO	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
125	625	1250	KHL-36125	ANCHO-114 (4 1/2")
150	750	1500	KHL-36150	
175	875	1750	KHL-36175	ALTO-203 (8")
200	1000	2000	KHL-36200	
225	1125	2250	KHL-36225	FONDO-91 (3 5/8")



KH

**11110) 11111** MARCO 400 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D. MONTAJE ATORNILLADO

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D. CATALOGO	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
225	1125	2250	LHL-36225	ANCHO-152 (6")
250	1250	2500	LHL-36250	
300	1500	3000	LHL-36300	ALTO-279 (11")
350	1750	3500	LHL-36350	
400	2000	4000	LHL-36400	FONDO-103 (4 1/2")



LH

**11110) 11111** MARCO 1000 AMPS. MAX. 600V.C.A. 250V.C.D. MONTAJE ATORNILLADO

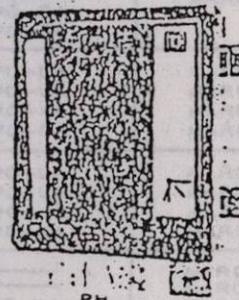
AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. 250V.C.D. CATALOGO	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
500	2500	5000	MHL-36500	ANCHO-228 (9")
600	3000	6000	MHL-36600	
700	3500	7000	MHL-36700	ALTO-355 (14")
800	4000	8000	MHL-36800	
900	4500	9000	MHL-36900	FONDO-114 (4 1/2")
1000	5000	10000	MHL-361000	



MH

**11110) 11111** MARCO 2000 AMPS. MAX. 600V.C.A. MONTAJE ATORNILLADO UNIDAD DE DISPARO INTERCAMBIABLE

AMPERES	Calibración del elemento magnético en amperes.		3 POLOS 600V.C.A. CATALOGO	DIMENSIONES NOMINALES En mm. (Pulg.)
	MINIMA	MAXIMA		
600	1500	3000	PHF-36600	ANCHO-350 (13 3/4")
700	1750	3500	PHF-36700	
800	2000	4000	PHF-36800	ALTO-510 (20")
1000	2500	5000	PHF-361000	
1200	3000	6000	PHF-361200	FONDO-184 (7 1/4")
1400	3500	7000	PHF-361400	
1600	4000	8000	PHF-361600	
1800	4500	9000	PHF-361800	
2000	5000	10000	PHF-362000	



PH

• Se surten sin zapatas terminales.

Notas: Para datos sobre capacidad interruptiva consultar tabla en pág. No. 12  
El fondo en las dimensiones nominales NO INCLUYE la palanca.

# CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Interruptor tipo	Usados en tableros Tipo	Voltaje máximo C.A. o C.D.	Nu. de Polos	Rango en Amperes	CAPACIDAD INTERRUPTIVA—R.M.S. AMPERES SIMETRICOS							Especificación federal V.C-375 e.					
					Basada sobre la lista de capacidades de UL.												
					VOLTS C. A.					VOLTS C. D.							
120	240	277	400	600	125	250											
QO	QO-1100	120/240C.A.	1-2	15-50-70	5000	—	—	—	—	—	—	1a					
QO	QO-1120	240C.A.	3	15-50	—	5000	—	—	—	—	—	1b					
Q1B	QO-1100	240C.A.	2-3	70-100	—	5000	—	—	—	—	—	1b					
A1L	IND. 4	240C.A. 125C.D.	1	15-100	10000	5000	—	—	—	5000	—	2b					
A1L	IND.-8539	240C.A. 250C.D.	2-3	15-100	—	10000	—	—	—	—	5000	2c					
A1B	HA1B-ML	240C.A. 125C.D.	1	15-100	10000	5000	—	—	—	5000	—	2b					
A1B	HA1B-ML	240C.A. 250C.D.	2-3	15-100	—	10000	—	—	—	—	5000	2c					
Y1B	HY1B-ML	277C.A. 600C.A.	1	15-100	—	—	10000	—	—	—	—	2a					
FA	ML-CBI	240C.A. 250C.D.	3	15-100	—	18000	—	14000	14000	—	10000	2d					
+ FH	✓ ✓	✓ ✓	3	15-100	—	65000	—	25000	16000	—	10000	2f					
KA	✓ ✓	✓ ✓	3	125-225	—	25000	—	22000	22000	—	10000	3b					
+ K11	✓ ✓	✓ ✓	3	125-225	—	65000	—	35000	25000	—	10000	3d					
LA	✓ ✓	✓ ✓	3	225-400	—	42000	—	30000	22000	—	10000	4b					
+ L11	✓ ✓	✓ ✓	3	225-400	—	65000	—	35000	25000	—	10000	4c					
MA	✓ ✓	✓ ✓	3	500-1000	—	42000	—	30000	22000	—	14000	5a					
+ MH	✓ ✓	✓ ✓	3	500-1000	—	65000	—	35000	25000	—	14000	5b					
PA	✓ ✓	600C.A.	3	600-2000	—	65000	—	50000	42000	—	—	—					
+ P11	✓ ✓	600C.A.	3	600-2000	—	125000	—	85000	65000	—	—	—					

+ Interruptor de alta capacidad interruptiva. \* Para Interruptores tipo QO de 10000 A.C.I., consultar a nuestras oficinas.  
A Ind. = Individual.

## TAMAÑO MINIMO DE INTERRUPTOR RECOMENDADO EN SECUNDARIO DE TRANSFORMADORES SEGUN CAPACIDAD INTERRUPTIVA

Transformador $\beta$ en K.V.A. 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 (13%)	200 240 400 600	312 272 136 108	11000 10000 5100 4000	TIPO-FA	MARCO 225A.
150 (3.5%)	200 240 400 600	416 361 180 144	12700 11700 5900 4700	TIPO-FA	MARCO 225A.
225 (4.5%)	200 240 400 600	624 544 272 216	15100 14100 7100 5600	TIPO-FA	MARCO 225A.
300 (4.5%)	200 240 400 600	833 722 361 289	19900 18000 9400 7500	TIPO-KA TIPO-KA TIPO-FA TIPO-FA	MARCO 225A.
500 (5.0%)	200 240 400 600	1388 1203 601 481	30000 28400 14200 11400	TIPO-LA TIPO-LA TIPO-KA TIPO-FA	MARCO 600A. MARCO 600A. MARCO 225A. MARCO 225A.
750 (5.75%)	200 240 400 600	2082 1804 902 722	39400 37000 18000 15100	TIPO-LA TIPO-LA TIPO-KA TIPO-KA	MARCO 600A. MARCO 600A. MARCO 225A. MARCO 600A.
1000 (5.75%)	200 240 400 600	2776 2406 1203 962	52200 50100 25000 20000	— — TIPO-LA TIPO-KA	MARCO 1600A. MARCO 1600A. MARCO 600A. MARCO 600A.

Notas: Tabla basada en sistema primario de 50000 K V A de circuito corto.

Esta tabla es válida para sistemas de distribución tipo "Capacidad Plena".

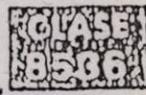
TABLA # 11



# ARRANCADORES MAGNETICOS A TENSION COMPLETA

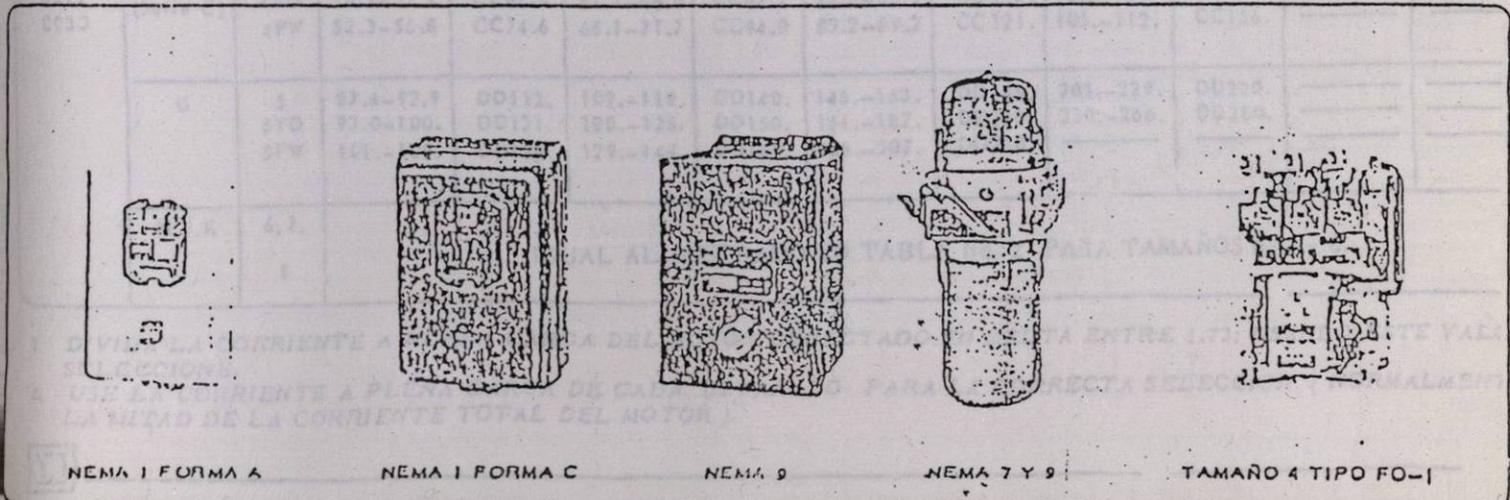
ELEMENTOS TERMICOS DE ALEACION FUSIBLE

Los arrancadores a tensión completa son los aparatos de control más sencillos que pueden emplearse para arrancar motores y para protegerlos contra sobrecargas. Pueden usarse cuando la corriente de arranque del motor no tiene un valor alto para la línea que alimenta el motor y cuando el par de arranque en estas condiciones no es perjudicial a la máquina movida. PARA ELEMENTOS TERMICOS DE ALEACION FUSIBLE (°).



600 VOLTS. MAX. C.A.		50-60 HERTZ								
Núm. de Polos	GRAB. T	Capacidades		Caja para usos generales NEMA-1	(TAM. 0-5) A prueba de agua Lam. inoxidable NEMA-4	A prueba de polvo NEMA-12 A	A prueba de Explosión		Sin caja tipo abierto	
		Volts.	M.A. HP.				Caja NEMA-9	Blindaje Tubular NEMA 7-9		
			3 F. 1 F.	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	
2 Polos	I	120	---	1	BC-1	DW-11	BA-1	SBE-1	SBR-1	BO-1
		220	---	2						
		170	---	2	CC-1	CW-11	CA-1	SCE-1	SCR-1	CO-1
	II	220	---	3						
		170	---	3	CC-2	CW-12	CA-2	SCE-2	SCR-2	CO-2
3 Polos	0	110	2	1						
		220-220	3	2	BC-2	BW-12	BA-2	SBE-2	SBR-2	BO-2
		440-550	5	---						
	1	110	5	2						
		200-220	7½	3	CG-3	CW-13	CA-3	SCE-3	SCR-3	CO-3
		440-550	10	---						
		110	7½	3						
	2	200-220	15	7½	DC-1	DW-11	DA-1	SDE-1	SDR-1	DO-1
		440-550	25	---						
	3	110	15	7½						
		200-220	30	15	EC-1	EW-11	EA-1	SEE-1	SER-3	EO-1
		440-550	50	---						
200-220		50	---							
4	440-550	100	---	FC-1	FW-11	FA-1	SFE-1	SFR-1	FO-1	
	200-220	100	---							
5	440-550	200	---	GC-1	GW-11	GA-1	SGE-1	SGR-1	GO-1	
	200-220	200	---							
6	440-550	200	---	SHC-2	SHW-2	SHA-2			SHO-2	
	200-220	300	---							
7	440-550	600	---	JC-1	JW-1	JA-1			JO-1	
	200-220	450	---							
8	440-550	900	---	KC-1	KW-1	KA-1			KO-1	
	200-220	---	---							

Los elementos térmicos deben seleccionarse de la tabla No. 2 al final del catálogo.  
 Los accesorios que pueden ser adicionados aparecen en la página No.55  
 Las dimensiones y pesos para arrancadores en caja NEMA 1 aparecen en la página No.55 otro tipo de NEMA consultar a la planta.  
 Para elementos térmicos bimetalicos consultar a la planta.  
 Adecuado también para aplicaciones NEMA 3 y 3 R.



NEMA 1 FORMA A      NEMA 1 FORMA C      NEMA 9      NEMA 7 Y 9      TAMARO 4 TIPO FO-1

# SELECCION DE ELEMENTOS TERMICOS

## ELEMENTOS TERMICOS DE ALEACION FUSIBLE.

PARA USARSE CON MOTORES DE FACTOR DE SERVICIO 1.15  
EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION

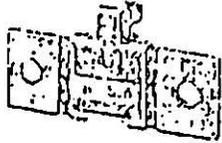


TABLA 3 - ARRANCADORES MAGNETICOS DE C.A.

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	
Clase	Tipo	TAMAÑO											
U533 (Arrancador usado en panel de conjunto)	A Series C (Clase 0736 solo)	00 Rev.	0.34-0.38	B 0.44	0.70-0.78	B 0.92	1.44-1.59	B 1.08	2.80-3.15	B 3.70	5.76-6.06	B 7.70	
			0.39-0.43	B 0.51	0.79-0.88	B 1.03	1.60-1.81	B 2.10	3.16-3.59	B 4.15	6.07-6.66	B 8.20	
			0.44-0.47	B 0.57	0.89-0.99	B 1.16	1.82-2.00	B 2.40	3.60-4.11	B 4.85	6.67-7.42	B 9.10	
			0.48-0.53	B 0.63	1.00-1.10	B 1.30	2.01-2.28	B 2.65	4.12-4.71	B 5.50	7.43-8.22	B 10.2	
			0.54-0.62	B 0.71	1.11-1.26	B 1.45	2.29-2.52	B 3.00	4.72-5.19	B 6.25	8.23-9.00	B 11.5	
				0.63-0.69	B 0.81	1.27-1.43	B 1.67	2.53-2.79	B 3.30	5.20-5.75	B 6.90		
	B	0 1		0.30-0.32	B 0.44	1.09-1.15	B 1.45	3.44-3.95	B 4.85	9.48-10.0	B 14.		
				0.33-0.37	B 0.51	1.16-1.30	B 1.67	3.96-4.23	B 5.50	10.1-10.9	B 15.5		
				0.38-0.42	B 0.57	1.31-1.50	B 1.83	4.24-4.50	B 6.25	11.0-12.0	B 17.5		
				0.43-0.50	B 0.63	1.51-1.73	B 2.10	4.51-5.15	B 6.90	12.1-13.2	B 19.5	20.2-23.1	B 36.
0.51-0.57				B 0.71	1.74-1.89	B 2.40	5.16-5.83	B 7.70	13.3-14.3	B 22.	23.2-24.5	B 40.	
C	1YD 1PW		0.58-0.64	B 0.81	1.90-2.12	B 2.65	5.84-6.56	B 8.20	14.4-15.5	B 25.	24.6-26.0	B 45.	
			0.65-0.72	B 0.92	2.13-2.39	B 3.00	6.57-7.28	B 9.10	15.6-17.9	B 28.0			
			0.73-0.81	B 1.03	2.40-2.68	B 3.30	7.29-7.99	B 10.2	18.0-20.1	B 32.			
			0.82-0.94	B 1.16	2.69-3.04	B 3.70	8.00-8.32	B 11.5					
			0.95-1.00	B 1.30	3.05-3.43	B 4.15	8.93-9.47	B 12.8					
E530 E539 E547 E549 E606 E530 I E640 E650 E736 E738 E739 E910 E311 E312 E930	D	2 2YD 2PW	0.31-0.35	B 0.44	0.93-1.03	B 1.30	2.66-2.97	B 3.70	7.32-8.21	B 10.2	20.1-22.9	B 28.0	
			0.36-0.39	B 0.51	1.04-1.19	B 1.45	2.98-3.47	B 4.15	8.22-9.18	B 11.5	23.0-25.8	B 32.	
			0.40-0.44	B 0.57	1.20-1.34	B 1.67	3.48-3.94	B 4.85	9.19-9.99	B 12.8	25.9-28.6	B 36.	
			0.45-0.50	B 0.63	1.35-1.50	B 1.88	3.95-4.44	B 5.50	10.0-11.0	B 14.	28.7-32.2	B 40.	
			0.51-0.58	B 0.71	1.51-1.72	B 2.10	4.45-4.94	B 6.25	11.1-12.4	B 15.5	32.3-35.8	B 45.	
				0.59-0.65	B 0.81	1.73-1.89	B 2.40	4.95-5.52	B 6.90	12.5-13.9	B 17.5	35.9-40.1	B 50.
				0.66-0.73	B 0.92	1.90-2.14	B 2.65	5.53-5.88	B 7.70	14.0-15.7	B 19.5	40.2-45.0	B 56.
				0.74-0.82	B 1.03	2.15-2.36	B 3.00	5.89-6.52	B 8.20	15.8-17.8	B 22.		
				0.83-0.92	B 1.16	2.37-2.65	B 3.30	6.53-7.31	B 9.10	17.9-20.0	B 25.		
		E	3 3YD 3PW	14.4-15.7	C 20.	24.4-28.6	C 34.	36.6-41.5	C 51.	59.5-64.3	C 83.		
15.8-18.6	C 22			28.7-30.1	C 40.	41.6-47.3	C 56.	64.4-73.5	C 90.				
18.7-21.4	C 26.			30.2-32.2	C 42.	47.4-53.7	C 66.	73.6-81.3	C 103.				
21.5-24.3	C 30.			32.3-36.5	C 45.	53.8-59.4	C 75.	81.4-86.0	C 114.				
	F (Serie C)	4 4YD 4PW	45.5-49.2	CC64.3	56.9-61.0	CC81.5	71.8-76.7	CC103.	89.5-96.5	CC132.	113.-121.	CC167.	
48.3-52.2			CC68.5	61.1-66.0	CC87.7	76.8-83.1	CC112.	96.6-104.	CC143.	122.-133.	CC180.		
52.3-56.6			CC74.6	66.1-71.7	CC94.0	83.2-89.2	CC121.	105.-112.	CC156.				
	G	5 5YD 5PW	87.4-92.9	DD112.	109.-119.	DD140.	145.-163.	DD185.	208.-229.	DD200.			
93.0-100.			DD121.	120.-128.	DD150.	164.-187.	DD220.	230.-266.	DD300.				
101.-108.			DD128.	129.-144.	DD160.	188.-207.	DD250.						
	H, J, K	6, 7, 8	IGUAL AL MOSTRADO EN TABLA No. 2 PARA TAMAÑOS 6, 7 y 8.										

1 DIVIDA LA CORRIENTE A PLENA CARGA DEL MOTOR CONECTADO EN DELTA ENTRE 1.73; USANDO ESTE VALOR SELECCIONE.  
2 USE LA CORRIENTE A PLENA CARGA DE CADA DEVANADO PARA LA CORRECTA SELECCION. (NORMALMENTE LA MITAD DE LA CORRIENTE TOTAL DEL MOTOR).



# SELECCION DE ELEMENTOS TERMICOS

## ELEMENTOS TERMICOS DE ALEACION FUSIBLE.

PARA USARSE CON MOTORES DE FACTOR DE SERVICIO 1.15  
EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION

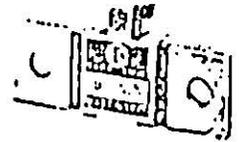


TABLA 2 - ARRANCADORES MAGNETICOS DE C.A.

arrancador			Corriente a pleno carga	No. del elemento	Corriente a pleno carga	No. del elemento	Corriente a pleno carga	No. del elemento	Corriente a pleno carga	No. del elemento	Corriente a pleno carga	No. del elemento		
Clase	Tipo	Tamaño												
E536 En caja propia 5996 5999 Centro de control OM3 Panel	D	0	0.29-0.31	D 0.44	1.10-1.23	D 1.67	4.06-4.40	D 6.25	11.4-12.5	B 19.5	25.3-26.0	D 50		
			0.32-0.35	D 0.51	1.24-1.42	B 1.88	4.41-5.00	B 6.90	12.6-13.4	D 22.				
			0.36-0.40	D 0.57	1.43-1.64	D 2.10	5.01-5.67	B 7.70	13.5-15.4	B 25.				
			PARA TAM. 1P											
			0.41-0.49	B 0.63	1.65-1.80	B 2.40	5.60-6.31	B 6.20	15.5-18.0	B 28.0			25.3-27.2	B 50
			0.50-0.53	D 0.71	1.01-2.05	B 2.65	6.32-7.03	B 9.10					27.3-29.9	B 56.
		1 P	0.54-0.61	B 0.81	2.06-2.30	B 3.00	7.04-7.74	B 10.7			30.0-32.9	B 62.		
			PARA TAM. 1											
			0.62-0.60	D 0.92	2.31-2.50	B 3.30	7.75-8.07	B 11.5	15.5-17.1	B 26.0				
			0.69-0.77	B 1.03	2.59-2.93	B 3.70	8.08-9.19	B 12.8	17.2-18.6	B 32.				
			0.78-0.89	B 1.16	2.94-3.32	B 4.15	9.20-9.84	B 14.	18.7-21.0	B 36.				
			0.90-1.03	D 1.30	3.33-3.81	B 4.85	9.85-10.5	B 15.5	21.1-22.7	B 40.				
	2	D	2	1.04-1.09	B 1.45	3.02-4.05	D 5.50	10.6-11.3	D 17.5	22.8-25.2	B 45.			
				0.31-0.35	D 0.44	0.93-1.03	D 1.30	2.66-2.97	B 3.70	7.32-8.21	B 10.2	20.1-22.9	B 20.0	
				0.36-0.39	D 0.51	1.04-1.19	B 1.45	2.98-3.47	B 4.15	8.22-9.18	B 11.5	23.0-25.8	B 32.	
				0.40-0.44	D 0.57	1.20-1.34	D 1.67	3.40-3.94	B 4.85	9.19-9.99	B 12.2	25.9-28.6	B 36.	
				0.45-0.50	B 0.63	1.35-1.50	B 1.88	3.95-4.44	B 5.50	10.0-11.0	B 14.	28.7-32.2	B 40.	
				0.51-0.58	B 0.71	1.51-1.72	B 2.10	4.45-4.94	B 6.25	11.1-12.4	B 15.5	32.3-35.8	B 45.	
		E	3	3	0.59-0.65	D 0.81	1.73-1.89	B 2.40	4.95-5.52	B 6.90	12.5-13.9	B 17.5	35.9-40.1	B 50.
					0.66-0.73	B 0.92	1.90-2.14	B 2.65	5.53-5.88	B 7.70	14.0-15.7	B 19.5	40.2-45.0	B 56.
					0.74-0.82	D 1.03	2.15-2.36	B 3.00	5.89-6.52	B 8.20	15.0-17.8	B 22.		
					0.83-0.92	B 1.16	2.37-2.65	D 3.30	6.53-7.31	B 9.10	17.9-20.0	B 25.		
					14.4-15.7	C 20	24.4-28.6	C 34.	36.6-41.5	C 51.	59.5-64.3	C 83		
					15.0-18.6	C 22	28.7-30.1	C 40.	41.6-47.3	C 58.	64.4-73.5	C 90.		
F (Serie C)	4	4	18.7-21.4	C 26.	30.2-32.2	C 42.	47.4-53.7	C 66.	73.6-81.3	C 103.				
			21.5-24.3	C 30.	32.3-36.5	C 45.	53.8-59.4	C 75.	81.4-86.0	C 114.				
			43.0-46.3	CC64.3	54.7-58.4	CC81.5	68.5-73.3	CC 103.	84.3-91.9	CC132.	108.-115.	CC 167.		
46.4-50.0	CC60.5	58.5-62.6	CC87.7	73.4-78.9	CC 112.	92.0-99.3	CC143.	116.-133	CC 180.					
50.1-54.6	CC74.6	62.7-68.4	CC94.0	79.0-84.2	CC 121.	99.4-107.	CC156.							
G	5	5	84.0-91.4	DD112.	107.-114	DD140.	130.-155.	DD 185.	190.-214.	DD265.				
			91.5-99.4	DD121.	115.-123.	DD150.	156.-176.	DD 220.	215.-229.	DD300.				
			99.5-106.	DD128.	124.-137.	DD160.	177.-189.	DD 250.	230.-266.	DD320.				
H	6	6	111.-124	B 1.03	156.-178	D 1.45	225.-255.	B 2.10	311.-347.	B 3.00	438.-509	B 4.15		
			125.-140	D 1.16	179.-201.	B 1.67	256.-283.	B 2.40	346.-391.	B 3.30				
			141.-155	B 1.30	202.-224.	B 1.88	284.-310	B 2.65	392.-437.	B 3.70				
J	7	7	166.-187.	D 1.03	233.-267.	D 1.45	337.-383.	B 2.10	467.-522.	B 3.00	657.-764.	B 4.15		
			108.-211.	B 1.16	268.-301.	B 1.67	384.-425.	B 2.40	523.-507.	B 3.30				
			212.-232.	B 1.30	302.-336.	B 1.88	426.-466.	D 2.65	509.-656.	B 3.70				
K	8	8	277.-312	B 1.03	389.-445.	B 1.45	562.-640.	B 2.10	778.-870.	B 3.00	1094.-1215	B 4.15		
			313.-352.	B 1.16	446.-503.	D 1.67	641.-708.	B 2.40	871.-973.	B 3.30				
			353.-388.	B 1.30	504.-561.	B 1.88	709.-777.	B 2.65	979.-1093	B 3.70				

Los relevadores de sobrecarga operan a través del secundario de transformadores de corriente de las siguientes relaciones:

- TAM-6-800/5A
- TAM-7-1200/5A
- TAM-8-2000/5A.



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 línea 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. =  $\frac{f \times 120}{P}$

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



**ACCESORIOS ESPECIALES**

No.	Descripción	No.	Descripción
1	Termómetro con contactos de alarma	12	Válvula de alivio para sobre presiones anormalmente altas tipo mecánico
2	Indicador de nivel del líquido con contactos de alarma	13	Caja de boquillas en el lado de alta tensión
3	Tanque observador	14	Brida en el lado de alta tensión
4	Indicador de temperatura en el punto más caliente	15	Caja de boquillas en el lado de baja tensión
5	Relevador Bucholz	16	Brida en el lado de baja tensión
6	Cambiator de derivaciones de 5 posiciones	17	Conectores en el lado de baja tensión
7	Cambiator de derivaciones operado bajo carga	18	Conectores en el lado de alta tensión
8	Protección para ventiladores	19	Fuente especial
9	Ventiladores	20	Líquido aislante de alto punto de ebullición, silicona o similar
10	Barras conmutadas para recibir en dos sentidos	21	Equipo automático para gas inerte con contactos de alarma
11	Relevador térmico de sobrecarga	22	Relevador de presión súbita por contactos de alarma

**PRUEBAS ELECTRICAS DE ACUERDO A NORMAS**

1	Resistencia térmica medida en todos los devanados en su conexión de los que se normal	6	Conveniente de Excitación Medición hecha a tensión nominal
2	Relación Medición en la tensión nominal y en las demás normas	7	Impedancia y pérdidas de carga a corriente nominal
3	Exceder de la tensión de la línea	8	Prueba de potencia aplicada
4	Pérdidas en la Medición hecha en la tensión nominal	9	Prueba de potencia inducida
5	Megger	10	El tipo de prueba del aceite

**CARACTERISTICAS ESPECIALES**

Eléctricas		Mecánicas																
1	Pérdidas vacío Watts	1	Largo Mts.															
2	Pérdidas totales Watts	2	Ancho Mts.															
3	Corriente en la línea	3	4	Impedancia %	4	Peso total Kgs.	5	Eficiencia %	5	Acete Lts.	6	Nivel de ruido			7	Nivel básico de in pulso		
4	Impedancia %	4	Peso total Kgs.															
5	Eficiencia %	5	Acete Lts.															
6	Nivel de ruido																	
7	Nivel básico de in pulso																	

Recomendaciones para la Inspección y mantenimiento de transformadores arriba de 300 KVA; en vista de que los transformadores son los eslabones vitales para la operación de las grandes empresas industriales y comerciales, es necesario que para su funcionamiento continuo y confiable deba proporcionárseles una atención adecuada. Esto se logra solamente a través de un programa regular de inspecciones, pruebas y mantenimiento de rutina. A continuación presentamos una serie de recomendaciones hechas para un transformador crítico en su operación y que una falla de él ocasiona problemas de alto costo a la empresa.

No. Renglones a Inspeccionar	Programa Recomendado
1 Corriente de carga (amperes)	Cada hora o usar amperímetro registrado
2 Voltaje	Cada hora
3 Temperatura ambiente	Cada hora
4 Temperatura de los devanados	Cada hora
5 Temperatura del líquido	Cada hora
6 Presión del gas (tanque)	Cada hora
7 Nivel del líquido	Diario
8 Equipo de sellado automático de gas	
a) Indicador de presión de gas del transformador	Diario
b) Contenido de gas del cilindro	Diario
c) Circuito de alarma de baja presión	Trimestral
d) Equipo externo de gas y herrajes	Semestral
9 Equipo de enfriamiento por agua	
a) Temperatura del agua dentro y fuera	Semana
b) Velocidad del gasto de agua	Semestral
c) Bombas de agua	Mensual
d) Bombas de circulación de aceite	Mensual
10 Equipo de enfriamiento FQA o FA	
a) Ventiladores, aspas y motores por acumulación de suciedad	Mensual
b) Conexiones de ventiladores	
Lubricación	Cada dos años o después de 5000 horas de operación, lo primero que ocurra
c) Intercambiador de calor (núcleo del radiador)	Anual
11 Transformadores tipo seco (enfriados con aire forzado) Temperatura del aire dentro y fuera	Cada hora

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

No. Renglones a Inspeccionar	Programa
1 Tanque, accesorios y empaques por fugas, herrumbre, etc.	Semestral
2 Dispositivos de liberación de presión	Trimestral
3 Bobinas	Semestral
4 Apuradores	Semestral
5 Cambiadores de derivación	Semestral
6 Equipo de Control, Relevadores y Circuitos	Mensual
7 Conexiones de tierra	Semestral
8 Alarmas de protección	Mensual
9 Análisis de gas	Anual
10 Prueba de presión de bobinas de enfriamiento o intercambiador de calor externo	Anual

**INFORMACION GENERAL**  
**PRUEBAS ELECTRICAS**  
**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**



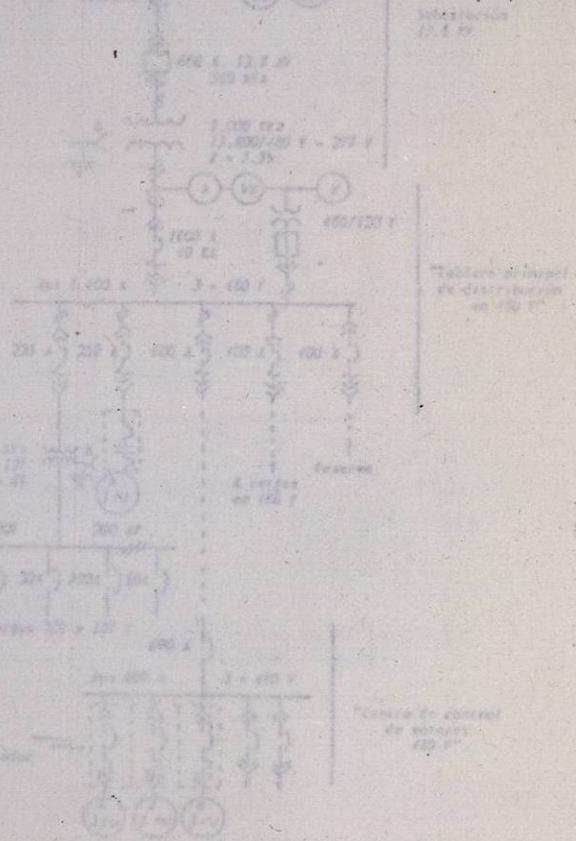
Tabla III - Programa recomendado para pruebas eléctricas y frecuencia para un transformador crítico

**PROGRAMA RECOMENDADO DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO**

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

**LIMITES DE PRUEBA PARA ACEITE TIPO MINERAL**

Prueba	Satisfactorio	Debe ser Filtrado	Descartese y Reemplácese
Resistencia dieléctrica (ASTM D 177)	25 + V	Menos de 22 KV	-
Número de neutralización	0.1 %	0.4 a 1.0	Mayor de 1.0



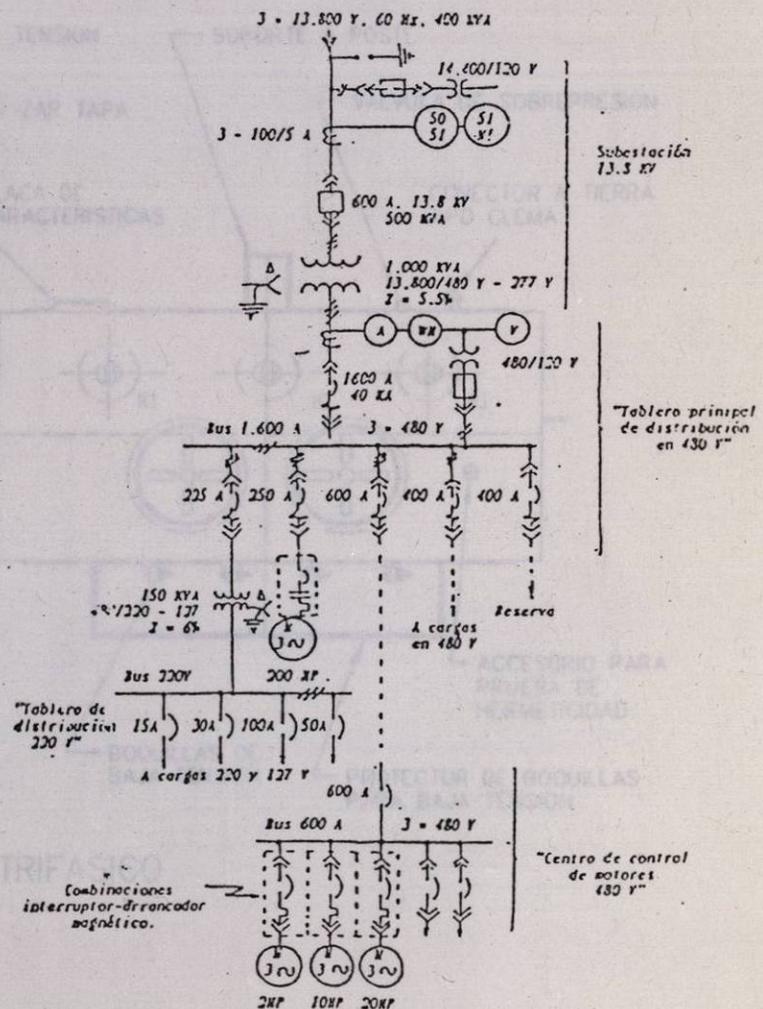
Símbolos más usados en diagramas unifilares

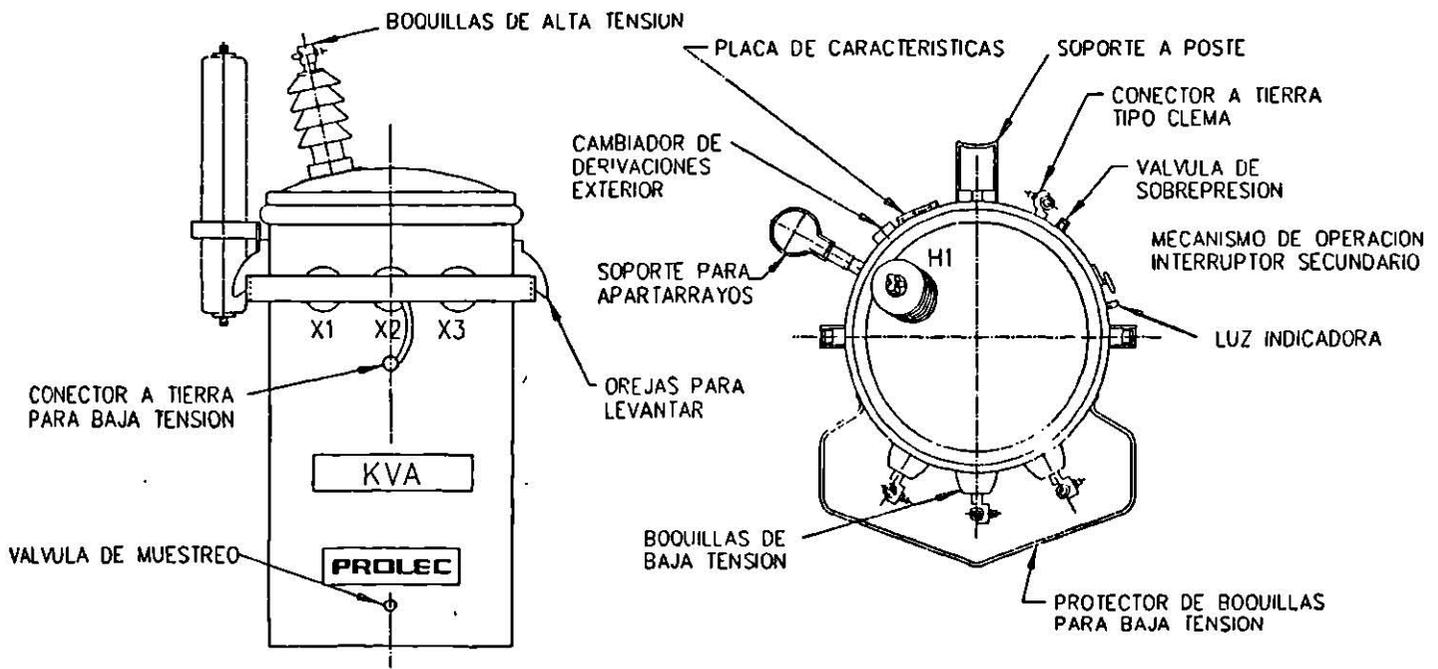
Equipo	Símbolo	Equipo	Símbolo
Aparatos yos		Cuchillas desconectoras sin carga, doble tiro	
Mufa terminal			
Capacitor		Cuchillas desconectoras con carga	
Interruptor de potencia (montaje fijo)		Cuchillas desconectoras fusibles	
Interruptor de potencia (montaje removible)		Fusible	
Interruptor de potencia con cuchillas desconectoras		Fusible enclausurable	
Interruptor en aire (testamento magnético o electromagnético, montaje fijo)		Generador (en general)	
Interruptor en aire (Lanzón removible)		Generador de corriente alterna	
Interruptor en aire con bobina de operación (montaje removible)		Generador de corriente directa	
Cuchillas desconectoras sin carga		Motor en general	
Acumulador (batería)		Motor de inducción trifásico	
Rectificador		Motor de inducción monofásico	
Resistor		Motor de corriente continua	
Resistor variable		Autotransformador	
Reactor		Transformador de corriente constante	
Transformador de potencial		Regulador de voltaje de inducción, monofásico	
Transformador de corriente		Regulador de voltaje de inducción, trifásico	
Transformador de corriente tipo "bushing"		Transformador con cambiador de derivaciones (taps) bajo carga	
Transformador de 2 devanados (en general)		Contacto magnético con relevador de sobrecarga	
Transformador de 2 devanados con taps		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 Voltmetro VAK Yámetro VAKH Yáhorímetro W Wátmetro WK Watímetro	
Transformador de 3 devanados			

Símbolos más usados en diagramas unifilares (cont.)

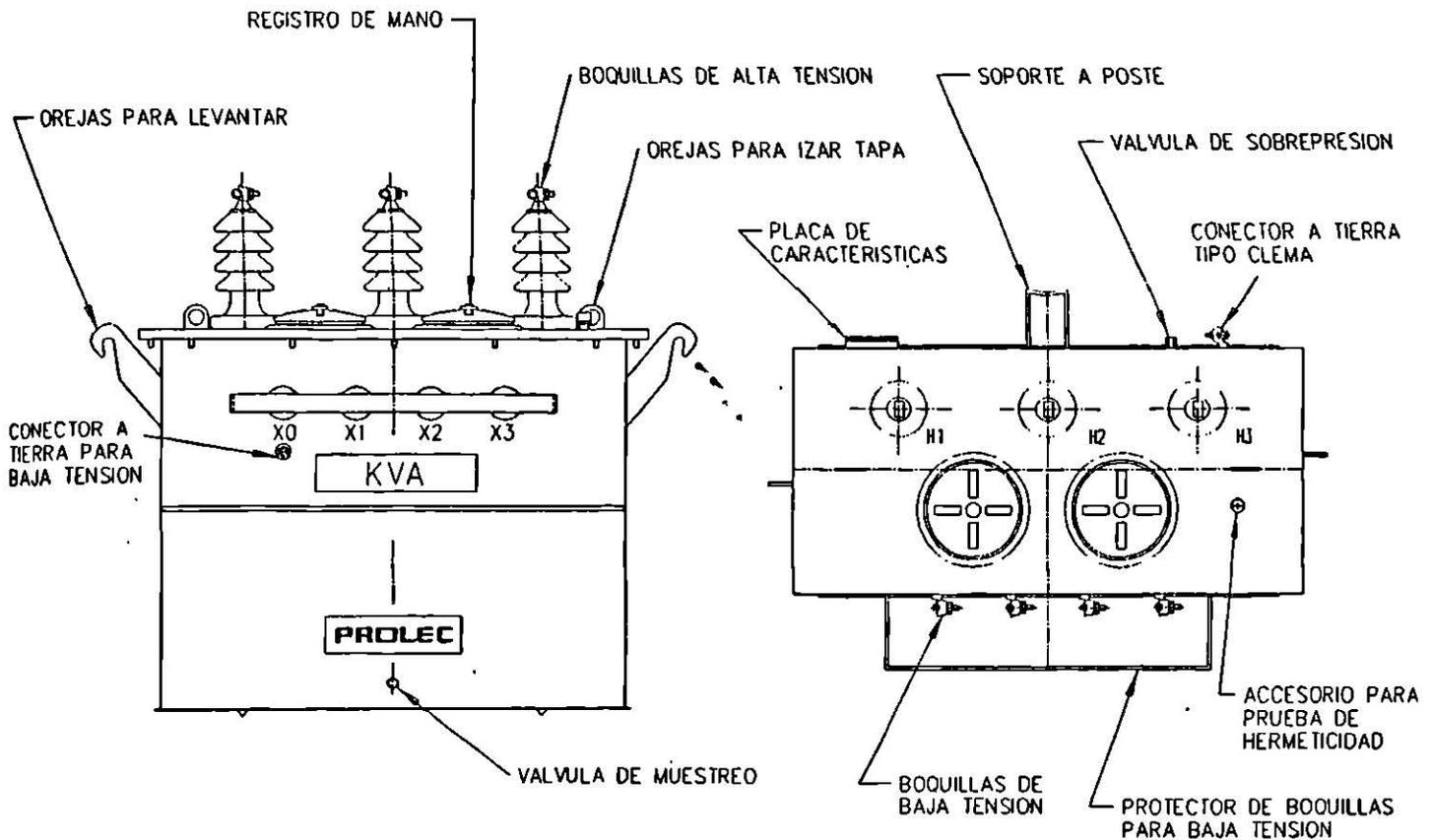
Equipo	Símbolo	Conexión de devanados en transformadores	Símbolo
Relevadores más usuales:		Delta 3 fases-3 hilos	
21 De impedancia		Delta a tierra 3 fases-3 hilos	
25 De sincronización		Delta a tierra 3 fases-4 hilos	
27 De baja voltaje C.A.		Estrella 3 fases-3 hilos	
32 De potencia inversa C.D.		Estrella neutro a tierra 3 fases-4 hilos	
37 De baja corriente		Zig Zag 3 fases	
40 De cepto		Zig Zag 3 fases aterrizada	
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 a tierra			
67 Directional 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.

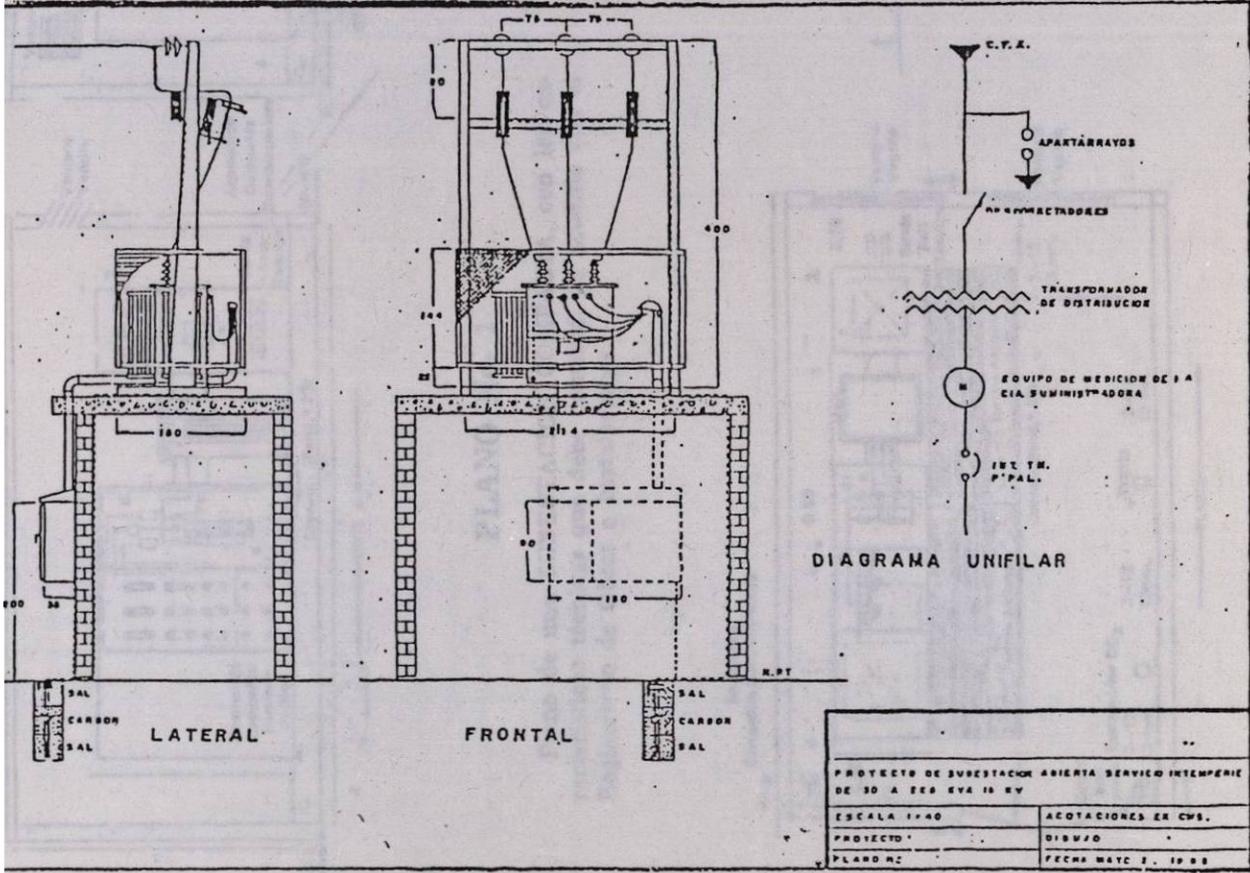
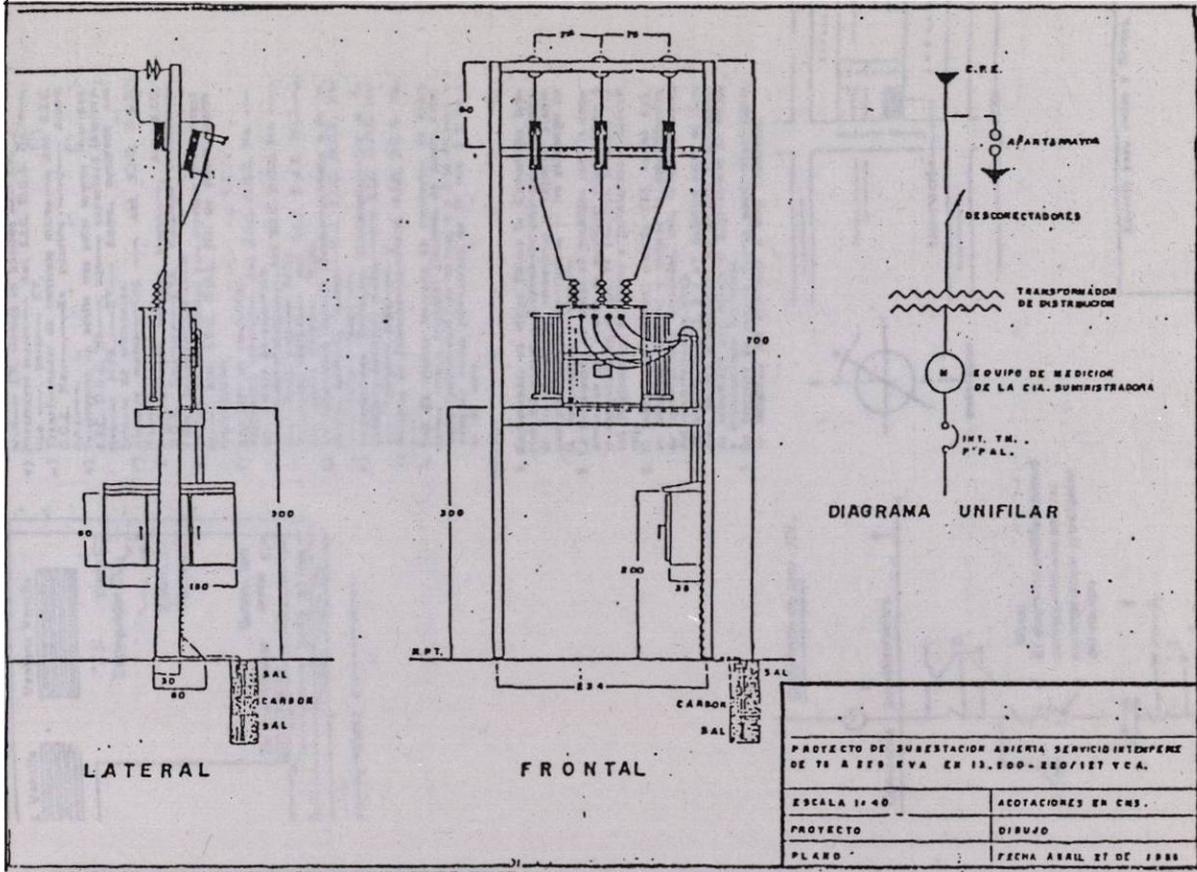




TRANSFORMADOR MONOFASICO



TRANSFORMADOR TRIFASICO

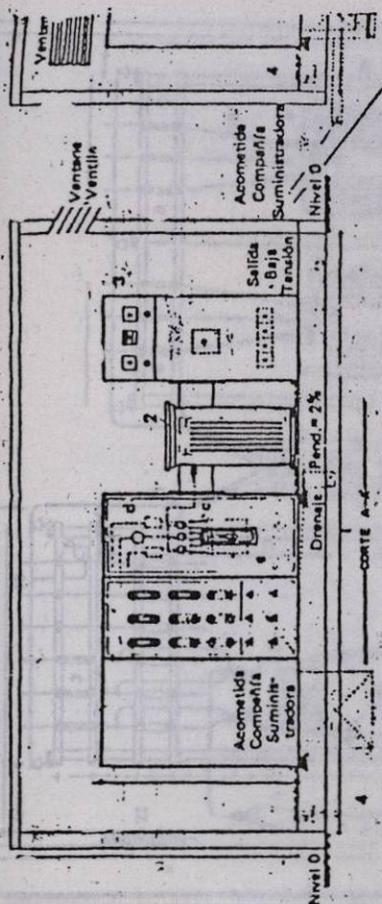
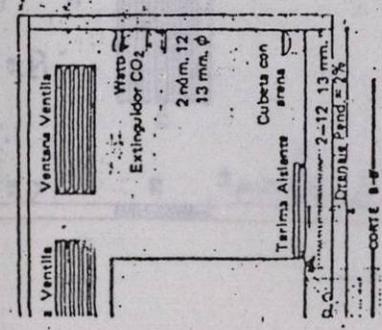


**EQUIPO Y MATERIALES**

- Cabinete interior de subestación compacta, marca No. \_\_\_\_\_, conteniendo: Aut. S.I.C.-D.C.E.
- Equipo de medición de la compañía suministradora.
- Tres juegos de cuchillas de tipo D.C.E. para servicio operación en grupo: KV. Amps. Nombre o marca KV. Número en húmedo Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- Transformador de corriente marca: Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- C.P.A. para el aceite por pedo marca: Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- Bobinas de sobrecarga: Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- Altavoz marca: Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- Transformador trifásico marca: Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- Volts, impedancia: Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- Valvuleta marca: Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- Interrupción de corriente marca: Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- Selección de fase marca: Aut. S.I.C. D.C.E. No. \_\_\_\_\_
- Red de tierras formada de conductor de cobre con un tubo de hierro galvanizado de 19 mm  $\phi$  y 7 de 3 m de longitud.

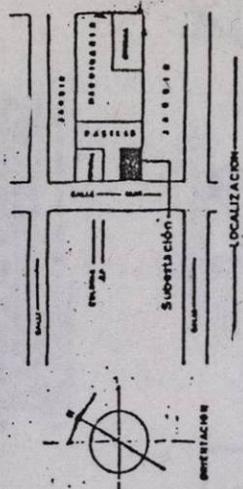
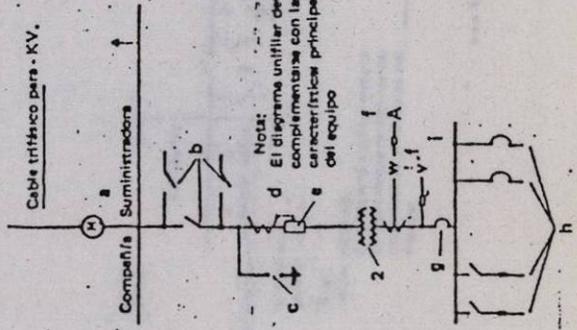
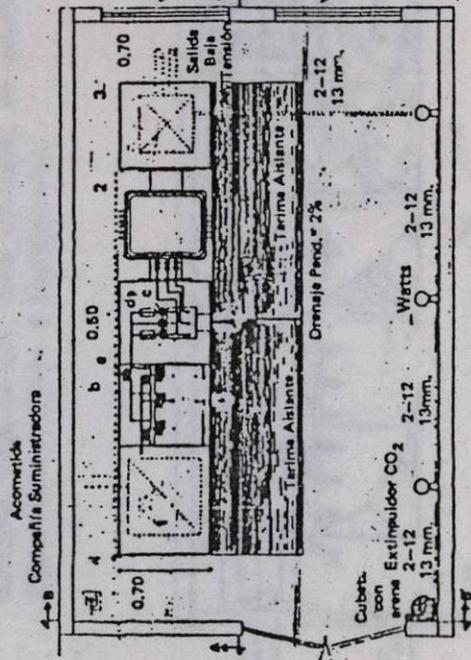
**NOTAS:**

- Representar en vistas fijas la disposición interna de los componentes de la subestación compacta, con las conexiones respectivas de los cables de la subestación y taberos.
- La subestación de obra debe ser instalada en un terreno plano y libre de obstáculos.
- El interruptor general, presión (1), inciso (f), opcional, si se instala, debe estar en un terreno plano y libre de obstáculos.
- Las dimensiones (1, 2 y 3) deben estar en función de la capacidad de los interruptores de seguridad que marca el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.
- En terreno de mucha dureza puede disminuirse la longitud del electrodo a una razonable.

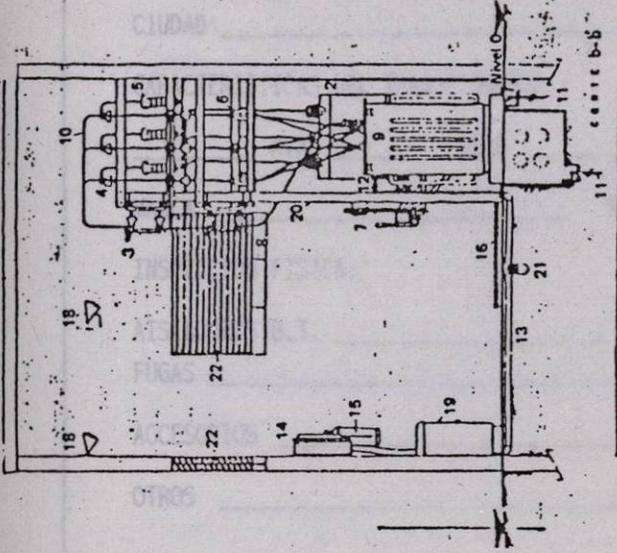
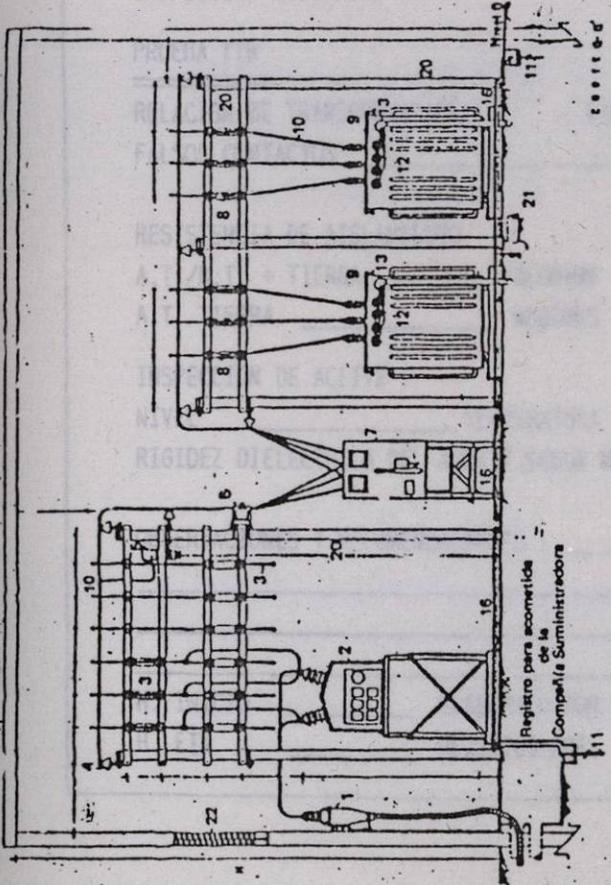


**PLANO No. 1**

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

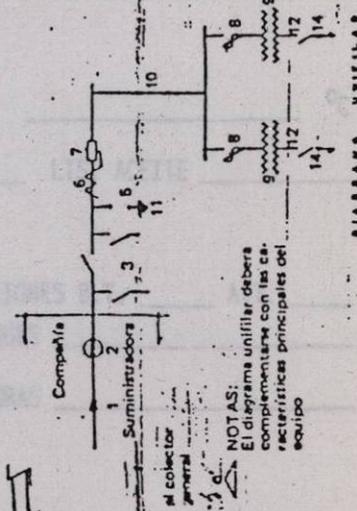
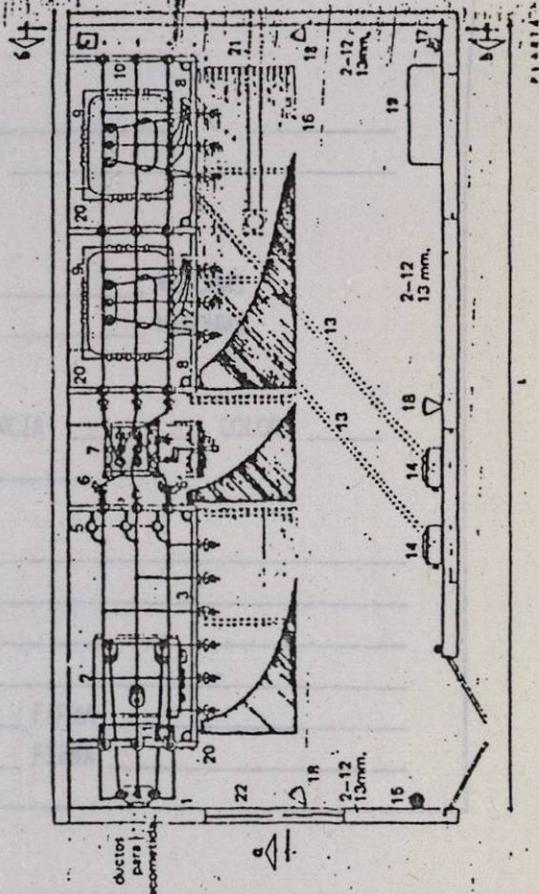


Subestación eléctrica interior compacta de obra	No. _____
Nombre o razón social	_____
Ubicación	_____
Dibujó	_____
Proyectó	_____
Nombre	_____
Responsable	_____
Cad. Prof. No.	_____
Pos. D.C.E. No.	_____
Continúa	_____



### PLANO No. 2

Plano de una SUBESTACION 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

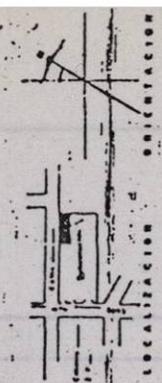
DIAGRAMA UNIFILAR

### EQUIPO Y MATERIALES

1. Medida terminal principal de la Compañía suministradora.
2. Equipo de medición de la Compañía suministradora.
3. Alimentación para el alimentador de alta tensión.
4. Alimentador de alta tensión.
5. Transformador de distribución.
6. Transformador de distribución.
7. Interruptor en serie para servicio en alta tensión.
8. Interruptor en serie para servicio en alta tensión.
9. Interruptor en serie para servicio en alta tensión.
10. Alimentador en alta tensión.
11. Conector de baja tensión.
12. Conector de baja tensión.
13. Conector de baja tensión.
14. Interruptor para servicio en alta tensión.
15. Interruptor para servicio en alta tensión.
16. Interruptor para servicio en alta tensión.
17. Perfilado del busbar.
18. Perfilado del busbar.
19. Perfilado del busbar.
20. Perfilado del busbar.
21. Perfilado del busbar.
22. Perfilado del busbar.

### NOTAS

1. Indicar marcas, tipos, marcas de A.S.L. E.L.C. D.C.E. y características técnicas de los equipos y materiales suministrados (para cada parte).
2. Las dimensiones técnicas y características de los equipos y materiales, deberán ir expresadas en los planos, con las dimensiones que marca el Reglamento de Obras e Instalaciones (L. N. T. A.), así como las dimensiones técnicas y características de los equipos y materiales suministrados.
3. Las dimensiones técnicas y características de los equipos y materiales, deberán ir expresadas en los planos, con las dimensiones que marca el Reglamento de Obras e Instalaciones (L. N. T. A.), así como las dimensiones técnicas y características de los equipos y materiales suministrados.
4. La instalación de los equipos y materiales, deberá ser aprobada en el Art. 3.º, Fracción 3.ª del Reglamento de Obras e Instalaciones (L. N. T. A.).
5. Dejar espacio de 10 x 30 cm para sellos y firmas de esta dependencia.



Subestación abierta abierta

Nombre y rubro perfilado

Dibujado: \_\_\_\_\_

Proyecto: \_\_\_\_\_

Revisado: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

N.º: \_\_\_\_\_

Por: S.I.C.D.C.T.

Fecha: \_\_\_\_\_

Hoja: \_\_\_\_\_

MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES

REPORTE DE INSPECCION

CLIENTE \_\_\_\_\_

DIRECCION \_\_\_\_\_

CIUDAD \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

CARACTERISTICAS DEL TRANSFORMADOR :

\_\_\_\_\_ KVA \_\_\_\_\_ FASES \_\_\_\_\_ HZ \_\_\_\_\_ V, \_\_\_\_\_ °C

MARCA \_\_\_\_\_ NO SERIE \_\_\_\_\_ LTS. ACEITE \_\_\_\_\_

INSPECCION FISICA:

AISLADORES B.T. \_\_\_\_\_ A.T. \_\_\_\_\_ CONEXIONES B.T. \_\_\_\_\_ A.T. \_\_\_\_\_

FUGAS \_\_\_\_\_ EMPAQUES \_\_\_\_\_

ACCESORIOS \_\_\_\_\_ PINTURAS \_\_\_\_\_

OTROS \_\_\_\_\_

INSPECCION ELECTRICA :

PRUEBA TTR

RELACION DE TRANSFORMACION \_\_\_\_\_ FASES: A \_\_\_\_\_ B \_\_\_\_\_ C \_\_\_\_\_

FALSOS CONTACTOS \_\_\_\_\_ VUELTAS EN CORTO \_\_\_\_\_

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO :

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

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

INSPECCION DE ACEITE :

NIVEL \_\_\_\_\_ TEMPERATURA \_\_\_\_\_ °C APARIENCIA \_\_\_\_\_ COLOR \_\_\_\_\_

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

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

H. INICIO \_\_\_\_\_ ELABORADO POR : \_\_\_\_\_ FIRMA \_\_\_\_\_

H. FIN \_\_\_\_\_ RECIBIDO POR: \_\_\_\_\_ FIRMA \_\_\_\_\_

## **BIBLIOGRAFIA**

**Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión**

**Autor : Gilberto Enríquez Harper.**

**Editorial Limusa.**

**Principios de Diseño de Subestaciones Eléctricas.**

**Autor : Gilberto Enríquez Harper.**

**Editorial Limusa.**

**Manual de Instalación y Mantenimiento para Transformadores de Distribución  
Prolec.**

**Manual del Electricista**

**Grupo AXA**

**Catálogos y manuales CONDUMEX**

**Catálogos y tablillas Square´D**

