



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES

CAMPUS A R A G O N

SELECCION DE UNA SUBESTACION ELECTRICA
PARA UN CENTRO COMERCIAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Presenta :

Victor Manuel Alcocer Díaz de León

San Juan de Aragón Edo. Mex.

Mayo de 1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

VICTOR M. ALCOCER DIAZ DE LEON
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 11 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. RAUL BARRON VERA pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "SELECCION DE UNA SUBESTACION ELECTRICA PARA UN CENTRO COMERCIAL", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precluido Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARE EN ESPERANZA"
San Juan de Aragón, México, 12 de septiembre de 1999
EL DIRECTOR

M. en C. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CCMN/AIR/vr

Dedico este trabajo de tesis

A mis madres

† *María de Jesús Díaz de León 2.E.P.D.*

Que me dió la vida, con su sacrificio y su gran amor que supo conducirme en el camino de la vida, esperando donde quiera que estes, que te sientas orgullosa de esta meta que he logrado con tú apoyo.

Gracias

Margarita Díaz de León

Por su amor, cariño, apoyo y confianza que siempre me ha brindado y ha hecho posible la realización de cada sueño en mi vida.

Gracias

Ana María Díaz de León

Por su amor, apoyo y orientación que siempre me han brindado.

Gracias

Ing. Jorge J. Guzmán Díaz de León

Por el cariño de un padre, por el apoyo de un amigo y la orientación de un profesor.

Gracias

Dr. Julio Hernández

Por el apoyo incondicional, la amistad que siempre ha brindado como un hermano y la motivación para alcanzar cada meta en mi vida.

Gracias

A mis Familiares

Por el apoyo, cariño y compartir cada instante a lo largo de mi vida.

Gracias



A mi Gloriosa ENEP ARAGON

Por permitirme abrir sus puertas al conocimiento y a la formación como profesionalista.

Gracias

A mi Director de Tesis

Ing. Raul Barrón Vera

Por su valiosa ayuda, orientación y lo más valioso su amistad como persona que permitieron la realización de esta tesis.

Gracias

A mis Profesores

Por su amistad, que a lo largo de mi vida supieron transmitir sus conocimientos, experiencias y darme un momento de su vida.

Gracias

A mis Amigos

Benito, Enrique, Pedro, Luis, Israel, Alfredo, Jorge, Ernesto, Miguel Ángel y a todos los compañeros, por la amistad que me han brindado lo largo de mi trayectoria como estudiante, y por permitirme seguir disfrutando de su amistad.

Gracias



A mis Amigos

Francisco, Luis, Fernando, Humberto, Rene, Edgar, Gustavo, Arturo y sus respectivas familias, por el cariño que ha lo largo de la vida nos permitio crecer juntos, vivir muchas experiencias y lo más valioso la amistad que se ha forjado durante muchos años.

Gracias

A mis Vecinos

Por el cariño que me han demostrado durante mi vida en la colonia.

Gracias

A mis Compañeros de Trabajo C.F.E. Auditoría.

Por apoyarme en la realización de esta obra, en mi trayectoria como profesionista en el ambito laboral, y lo más valioso su amistad incondicional.

Gracias

Para todas aquellas personas que en un momento en mi vida me han brindado su amistad, cariño, apoyo, orientación.

Gracias



CONTENIDO

INDICE.

INTRODUCCION.

CAPITULO 1 SUBESTACION ELECTRICA.

CAPITULO 2 ALIMENTADORES PRINCIPALES Y PROTECCIONES.

CAPITULO 3 SELECCION DE LA SUBESTACION ELECTRICA.

CAPITULO 4 SISTEMA DE TIERRAS.

CAPITULO 5 PLANTA DE EMERGENCIA.

CAPITULO 6 ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO Y SELECCION DE INTERRUPTORES.

CAPITULO 7 ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO.

CONCLUSIONES.

APENDICE A.

APENDICE B.

APENDICE C.

APENDICE D.

DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR DE UN CENTRO COMERCIAL.

GLOSARIO.

BIBLIOGRAFIA.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1 SUBESTACION ELECTRICA	
1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 DEFINICION.....	2
1.3 CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.....	3
1.4 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA SUBESTACION ELECTRICA.....	5
1.4.1 TRANSFORMADOR.....	6
1.4.1.1 TRANSFORMADOR ELEMENTAL.....	6
1.4.1.2 CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES.....	7
1.4.1.3 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	12
1.4.1.4 CONEXION DE LOS TRANSFORMADORES.....	13
1.4.1.4.1 CONEXION DELTA - DELTA.....	13
1.4.1.4.2 CONEXION DELTA - ESTRELLA.....	13
1.4.1.4.3 CONEXION ESTRELLA - ESTRELLA.....	13
1.4.1.4.4 CONEXION ESTRELLA - DELTA.....	14
1.4.1.4.5 CONEXION DELTA ABIERTA - DELTA ABIERTA.....	14
1.4.1.4.6 CONEXION DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS EN BANCO TRIFASICOS.....	14
1.5 INTERRUPTORES DE POTENCIA.....	14
1.5.1 INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE.....	15
1.5.2 INTERRUPTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.....	16
1.5.3 INTERRUPTORES NEUMATICOS (AIRE COMPRIMIDO).....	17
1.5.4 INTERRUPTORES DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE.....	17
1.5.5 INTERRUPTORES EN VACIO.....	18
1.6 RESTAURADORES.....	19
1.6.1 OPERACION DE UN RESTAURADOR.....	20
1.7 CUCHILLAS FUSIBLES.....	20
1.8 CUCHILLAS DESCONECTADORAS.....	21
1.8.1 COMPONENTES DE LAS CUCHILLAS.....	21
1.8.2 OPERACION DE LAS CUCHILLAS.....	22
1.9 FUSIBLES.....	23

1.10 APARTARRAYOS.....	24
1.11 INSTRUMENTOS ELECTRICOS.....	26
1.11.1 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO O DE MEDICION.....	26
1.11.1.1 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.....	26
1.11.1.2 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.....	28
1.11.1.3 GRADO DE PRECISION.....	28
1.11.2 AMPERIMETRO.....	29
1.11.3 VOLTIMETRO.....	29
1.11.4 WATTMETROS Y VARMETROS.....	29
1.11.5 FASOMETROS.....	30
1.11.6 FRECUENCIOMETROS.....	30
1.12 TABLEROS ELECTRICOS.....	30
1.13 SIMBOLOGIA ELECTRICA.....	32

CAPITULO 2 ALIMENTADORES PRINCIPALES Y PROTECCIONES

2.1 INTRODUCCION.....	34
2.2 CONDUCTORES ELECTRICOS.....	35
2.3 DISPOSITIVOS DE PROTECCION.....	36
2.3.1 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE PROTECCION.....	36
2.4 CALIBRACION.....	37
2.5 INTERRUPTORES.....	37
2.6 CALCULO DE ALIMENTADORES PRINCIPALES.....	41

CAPITULO 3 SELECCION DE LA SUBESTACION ELECTRICA

3.1 INTRODUCCION.....	87
3.2 ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION ELECTRICA INTERIOR.....	87
3.3 CALCULO DE LA SUBESTACION ELECTRICA.....	89

CAPITULO 4 SISTEMA DE TIERRAS

4.1 INTRODUCCION.....	90
4.2 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE TIERRA EN UNA SUBESTACION.....	90
4.3 DIFERENCIA ENTRE UN HILO NEUTRO Y UN HILO DE TIERRA.....	91
4.4 DEFINICIONES.....	92
4.4.1 TENSION DE PASO.....	93
4.4.2 TENSION DE CONTACTO.....	93
4.4.3 TENSION DE TRANSFERENCIA.....	93
4.4.4 TENSION DE SEGURIDAD.....	93
4.4.5 EL CONCEPTO DE RESISTENCIA TIERRA.....	94
4.5 FUNCIONALIDAD.....	95
4.6 EL TERRENO.....	96
4.6.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO.....	96
4.6.1.1 NATURALEZA DE TERRENO.....	96
4.6.1.2 HUMEDAD.....	96
4.6.1.3 TEMPERATURA.....	97
4.6.1.4 SALINIDAD.....	97
4.6.1.5 VARIACIONES ESTACIONALES.....	97
4.6.1.6 FACTORES DE NATURALEZA ELECTRICA.....	98
4.6.2 MEDICION ELECTRICA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO.....	98
4.6.2.1 METODO DE WENNER.....	98
4.6.2.2 METODO DE SCHLUMBERGER.....	99
4.6.2.3 METODO DE SHEPRD CANES.....	100
4.6.2.4 PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACION DE LOS METODOS ANTERIORES EN LA MEDICION DE LA RESISTIVIDAD ELECTRICA DEL TERRENO.....	100
4.7 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL SISTEMA DE TIERRAS.....	102
4.7.1 TOMAS DE TIERRA.....	102
4.7.1.1 ELECTRODOS O DISPERSORES.....	102
4.7.1.2 CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISPERSION A TIERRA.....	103
4.7.1.3 TIPOS DE ELECTRODOS.....	103
4.7.1.4 CONDUCTORES Y CONECTORES.....	107
4.8 PROCEDIMIENTOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS.....	108

CAPITULO 5 PLANTA DE EMERGENCIA

5.1 INTRODUCCION.....	111
5.2 PLANTA DE EMERGENCIA.....	111
5.2.1 CAPACIDAD DE GENERADORES PARA PLANTAS DE EMERGENCIA (60 HZ).....	113
5.2.2 COMBUSTIBLE PARA PLANTAS DE EMERGENCIA.....	113
5.2.3 SISTEMA DE REFRIGERACION.....	114
5.2.4 ESCAPE DE GASES Y SISTEMA DE VENTILACION.....	114
5.3 LOCALIZACION Y MONTAJE DE UNA PLANTA DE EMERGENCIA.....	115
5.4 INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA.....	116
5.5 DETERMINACION DE LA PLANTA DE EMERGENCIA.....	117

CAPITULO 6 ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO Y SELECCION DE INTERRUPTORES

6.1 INTRODUCCION.....	118
6.2 DESCRIPCION DEL FENOMENO.....	119
6.3 PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITO.....	121
6.4 FUENTES ALIMENTADORAS DE CORRIENTES DE FALLA.....	122
6.5 IDEAS FUNDAMENTALES EN EL CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	122
6.5.1 FALLAS TRIFASICAS EQUILIBRADAS.....	123
6.6 METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	123
6.6.1 DIAGRAMA UNIFILAR Y DE IMPEDANCIAS.....	123
6.7 CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	124

CAPITULO 7 ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO

7.1 INTRODUCCION.....	127
7.2 DESCRIPCION DEL ESTUDIO.....	127

CONCLUSIONES.....	130
APENDICE A (TABLAS).....	131
APENDICE B (NORMAS).....	140
APENDICE C (SISTEMA DE TIERRAS).....	141
APENDICE D (SUBESTACION COMPACTA MARCA SIEMENS).....	157
DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR DE UN CENTRO COMERCIAL.....	165
GLOSARIO.....	166
BIBLIOGRAFIA.....	169

INTRODUCCION



"Non caminata de mil millas empieza con un pequeño paso".
Leo44.

INTRODUCCION.

El desarrollo de la electricidad se inicio aproximadamente hace un siglo habiendo cambiado desde entonces nuestras formas de vida. Apartir del desarrollo experimental de Thomas Alva Edison para obtener finalmente la lámpara incandescente, se observó un desarrollo notable en los requerimientos del uso de la electricidad no sólo para alumbrado, si no también para diferentes usos tanto domésticos como industriales, con lo que quedó establecido la necesidad de producir volúmenes considerables de energía eléctrica y medios prácticos para su distribución.

Paralelamente a los usos incipientes de la electricidad aparecieron las centrales generadoras, los sistemas de transmisión, distribución y las instalaciones eléctricas. Es decir, que para poder dar uso a la electricidad se requiere de todo un conjunto de instalaciones con distintas funciones, pero con sólo propósito, llevar la energía eléctrica para satisfacer necesidades.

Las instalaciones eléctricas pueden tener un distinto grado de complejidad dependiendo del lugar que ocupen dentro del conjunto de instalaciones y de la función a desempeñar, es así como se puede tener instalaciones tan simples como ejemplo: instalaciones de casas o residencias, o de gran complejidad como por ejemplo: instalaciones industriales, de hospitales, centros comerciales, etc.

Una de las etapas primordiales es la manera de distribuir, manejar y utilizar la energía eléctrica de acuerdo a las necesidades crecientes de la instalación. Una de las maneras de distribuir es una subestación compacta que permite transformar el voltaje de potencia (23 KV) a un voltaje de distribución que permita satisfacer las necesidades de la instalación (440, 220, 127 V).

Para el proyecto eléctrico de una subestación eléctrica es el establecimiento de las características generales de la instalación eléctrica, en la cual se planea, organiza y se proyecta tomando en cuenta la relación primordial de costo-tiempo, la cual permitirá que el costo inicial se compense con las tarifas bajas del suministro de energía eléctrica a nivel de potencia (23 KV), que a nivel de distribución (127 V). De esta manera permite que el costo de adquisición en el inicio, se compense con las tarifas quedando un ahorro progresivo de por vida.

En la presente tesis se muestra una visión general, de la subestación eléctrica, así como las partes que la integran, los cálculos necesarios para el diseño de la subestación eléctrica, el diseño del sistema de tierras, la planta de emergencia utilizada y un estudio de la corriente de cortocircuito.

En el capítulo 1 "SUBESTACION ELECTRICA" se analiza los tipos de subestaciones, las partes que la integran, además de mostrar la simbología utilizada generalmente en los planos eléctricos.

En el **capítulo 2 "ALIMENTADORES PRINCIPALES"** se analiza el cálculo de los alimentadores y protecciones utilizados el cálculo de las cargas del centro comercial, así como sus canalizaciones de los alimentadores y tableros utilizados.

En el **capítulo 3 "SELECCION DE UNA SUBESTACION ELECTRICA"** se calcula el tipo de subestación utilizada en el centro comercial, así como una descripción de las partes que la integran, se muestra un ejemplo de la subestación eléctrica compacta en el apéndice D.

En el **capítulo 4 "SISTEMA DE TIERRAS"** se analiza y muestra las partes que integran un sistema de tierras para la subestación eléctrica.

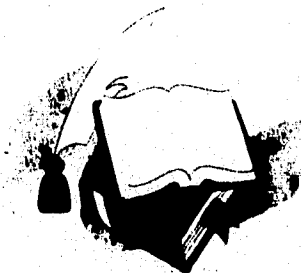
En el **capítulo 5 "PLANTA DE EMERGENCIA"** se muestra los componentes que integran una planta de emergencia.

En el **capítulo 6 "ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO Y SELECCION DE INTERRUPTORES"** se estudia y se analiza el comportamiento del cortocircuito, así como su consecuencias nocivas que ocasiona a la subestación eléctrica.

En el **capítulo 7 "ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO"** se analiza un los costos que implican la realización de la subestación eléctrica.

CAPITULO 1

SUBESTACION ELECTRICA



*"Todo hombre debe decidir alguna vez, si es largo
a triunfar arriesgando todo o es sábio a contemplar
el paso de los triunfadores".*

Kenneth W. Lloyd.

CAPITULO 1

SUBESTACION ELECTRICA

1.1 INTRODUCCION.

En el empleo de la energía eléctrica ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial, intervienen una gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico.

Un conjunto de equipo eléctrico utilizado para un fin determinado se le conoce con el nombre de **SUBESTACION ELECTRICA**.

Por razones técnicas (aislamiento, enfriamiento, etc.), los voltajes de generación en las centrales generadoras son relativamente bajos en relación con los voltajes de transmisión, por lo que si la energía eléctrica se va a transportar a grandes distancias estos voltajes de generación resultarían antieconómicos debido a que se tendrían grandes caídas de voltajes. De aquí se presentan la necesidad de transmitir la energía eléctrica a voltajes más elevados que resulten más económicos. Por ejemplo, si se va a transmitir energía eléctrica de una central generadora a un centro de consumo que está situado a 1,000 Km de distancia, será necesario elevar el voltaje de generación que suponemos de 13.8 KV (Fig. 1.1) a otro de transmisión más convenientes que asumimos sea 110 KV, como se ilustra en Fig. 1.2

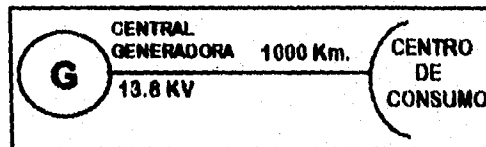


Fig. 1.1 Transmisión de energía eléctrica.

Para poder elevar el voltaje de generación de 13.8 KV al de transmisión de 110 KV es necesario emplear una "Subestación Eléctrica A", Fig. 1.2

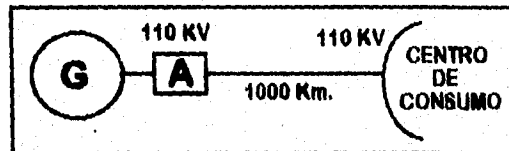


Fig. 1.2 Transmisión de energía eléctrica utilizando una Subestación Eléctrica (A).

Suponiendo que la caída de voltaje en la línea de transmisión fuera cero volts, tendríamos en el centro de consumo 110 KV. Es claro que este voltaje no es posible emplearlo en instalaciones industriales y aún menos en comerciales y residenciales, de donde se desprende la necesidad de reducir el voltaje de transmisión de 110 KV a otro u otros más convenientes de distribución en centros urbanos de consumo.

Por tal razón será necesario emplear otra "Subestación Eléctrica SE", en la parte de distribución como se ilustra en la Fig. 1.3

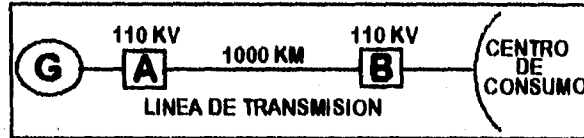


Fig. 1.3 Utilización de una Subestación Eléctrica (B) en el centro de consumo.

De lo anteriormente expuesto se puede inferir que existe una estrecha relación entre las subestaciones eléctricas, líneas de transmisión y centrales generadoras.

1.2 DEFINICION.

Se da el nombre de una **SUBESTACION ELECTRICA**, al conjunto de dispositivos ó elementos que nos permiten cambiar las características de la energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc.), que sirven para alimentar el servicio eléctrico de alta tensión, a un local con una demanda grande de energía para obtener luz, fuerza, calefacción y otros servicios.

Las subestaciones eléctricas no obstante su elevado costo, son convenientes al usuario, debido a que las cuotas de consumo, medidas en alta tensión, son mucho más económicas que cuando los servicios son suministrados por la empresa en baja tensión, por lo cual, el gasto inicial se compensa en poco tiempo, quedando un ahorro permanente al propietario.

Para el caso específico de las instalaciones industriales, dentro de la clasificación general de las subestaciones eléctricas, las subestaciones más usadas son las denominadas **TIPO ABIERTAS** y las de **TIPO COMPACTO**.

Las llamadas subestaciones abiertas son de hecho las subestaciones principales en la industria en donde se manejan cargas considerables, en tanto que las compactas se usan en industrias menores, edificios de apartamentos y comercios principalmente, dadas sus características ofrecen algunas ventajas importantes como son:

- Su costo relativamente bajo.
- Ocupan poco espacio, son fáciles de instalar, ampliar y relocalizar en un momento dado.
- Su construcción es totalmente blindada, por lo mismo son de frente muerto proporcionando de esta manera mayor seguridad.

1.3 CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.

Es difícil hacer una clasificación precisa de las subestaciones eléctricas, pero de acuerdo con lo que ya se ha tratado en este capítulo, podemos hacer la siguiente clasificación:

A) POR SU OPERACION.

1. De Corriente Alterna.
2. De Corriente Continua.

B) POR SU POTENCIA Y TENSION.

Estas se encuentran adyacentes a las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad para modificar los parámetros de la potencia suministrados por los generadores para permitir la transmisión 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, 400 KV; de aquí se clasifican como:

1. De Transmisión, arriba de 230 KV.
2. De Subtransmisión, entre 230 y 115 KV.
3. De Distribución Primaria, entre 115 y 23 KV.
4. De Distribución Secundaria, abajo de 23 KV.

C) POR SU SERVICIO.

Son aquellas que son alimentadas desde un punto de suministro de las líneas de transmisión ó subtransmisión se clasifican en: **primarias y secundarias.**

1. Primarias.

Estas son alimentadas directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menores para alimentación de los sistemas de subtransmisión o las redes de distribución, de manera que dependiendo de la tensión de transmisión pueden tener en su secundario tensiones del orden de 115, 69 KV y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9 y 4.6 KV, y se clasifican como:

- A. Elevadoras.
- B. Receptoras reductoras.
- C. De enlace o distribución.
- D. De switcheo o de maniobra.
- E. Convertidoras o Rectificadoras.

2. 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 6.9 KV, y se clasifican como:

- A. Receptoras.
- B. Reductoras.
- C. Elevadoras.
- D. Distribuidoras.
- E. De enlace.
- F. Convertidoras o rectificadoras.

D) POR SU CONSTRUCCION.

1. Tipo Intemperie.

Estas subestaciones se construyen en terrenos expuestos a la intemperie y se 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 y extra alta tensión.

2. Tipo Interior.

En este tipo de subestaciones los aparatos y máquinas que se usan están diseñadas 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.

3. 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 se requieren de poco espacio para estas instalaciones.

1.4 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA SUBESTACION ELECTRICA.

Las subestaciones unitarias se fabrican en secciones o partes, para facilitar su transporte y montaje, pero una vez instaladas forman un solo conjunto. Cada sección o parte llena una función; mide, protege, conecta o desconecta, transforma, etc. Los aparatos o equipos y sus conexiones se encierran o blindan en gabinetes metálicos de manera de proteger los propios aparatos, la propiedad y las personas encargadas de su manejo.

Los elementos que constituyen una Subestación se puede clasificar en **Elementos Principales** y **Elementos Secundarios**.

ELEMENTOS PRINCIPALES

1. Transformador.
2. Interruptor de potencia.
3. Restaurador.
4. Cuchillas fusible.
5. Cuchillas desconectoras y cuchillas de prueba.
6. Apartarrayos.
7. Tablero Dúplex de control.
8. Condensadores.
9. Transformadores de instrumento.

ELEMENTOS SECUNDARIOS

1. Cables de potencia.
2. Cables de control.
3. Alumbrado.
4. Estructura.
5. Herrajes.
6. Equipo contra incendio.
7. Equipo de filtrado de aceite.
8. Sistemas de tierras.
9. Carrier.
10. Intercomunicación.
11. Trincheras, ductos, conducto, drenajes.
12. Cercas.

A continuación, comenzaremos a describir algunos de los elementos anteriormente mencionados, teniendo en cuenta que los consideraremos, desde el punto de vista del diseño de una subestación.

1.4.1 TRANSFORMADOR.

El transformador es la parte más importante de una subestación eléctrica, ya que cumple con la función de reducir el voltaje de alimentación de la compañía suministradora a los voltajes de utilización de las cargas, constituyen junto con el interruptor general los elementos centrales de la subestación eléctrica.

Un transformador es un dispositivo que:

1. Transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante.
2. Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética.
3. Tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.
4. Usualmente lo hace con un cambio de voltaje, aunque esto no es necesario.

1.4.1.1 TRANSFORMADOR ELEMENTAL.

Se presenta un modelo simple de transformador que servirá para estudiar la mayoría de las aplicaciones. El símbolo de un transformador elemental con núcleos de hierro se muestra en la presente Fig. 1.4

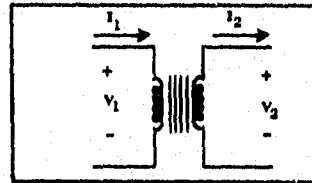


Fig. 1.4 Representación de un transformador elemental.

La mayoría de los transformadores se construyen con dos arrollamientos o bobinas sobre un núcleo magnético común, como se observa en la presente Fig. 1.5

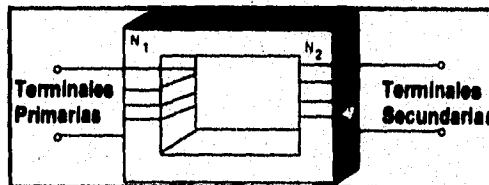


Fig. 1.5 En el de la izquierda hay N_1 vueltas, y en el de la derecha N_2 .

En la figura 1.6 se muestra una fuente de energía (o alimentación) conectada a las terminales de la izquierda estos bordes o terminales se denominan **primarios**. Una carga representa por el resistor Z_L se conecta la lado derecho, o sea a las terminales **secundarias**. La característica principal de un transformador es la de cambiar una tensión alterna aplicada por una fuente, a otra tensión, también alterna, que resulta más conveniente para una carga.

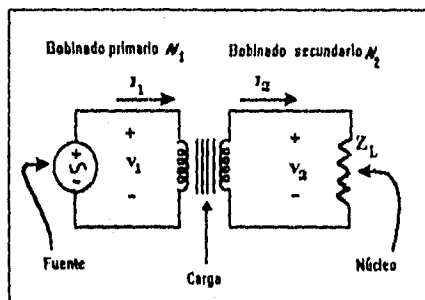


Fig. 1.6 Bobinado primario y Bobinado secundario.

Se trata de una ventaja importante, que ha llevado a su empleo universal en los sistemas de potencia. (Los transformadores no funcionan con CD, y se quemarían si se les conectara a fuerza impropia de CD).

La potencia fluye de izquierda a derecha, los transformadores normales tendrán ciertas pérdidas, pero son muy eficientes, típicamente 95% o más.

Despreciando las pérdidas en el análisis que se realiza, supongamos que toda la potencia tomada de la fuente se transfiere a la carga.

$$N_1 V_2 = V_1 N_2$$

en donde N_2/N_1 se denomina **relación de transformación**, o bien razón de espiras o vueltas.

1.4.1.2 CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES.

Los transformadores se pueden clasificar por:

A) ELEMENTOS SECUNDARIOS

1. **Tipo Núcleo ó Columnas.** Son aquellos que consiste en una sola pieza rectangular de acero laminado, cuyas bobinas o devanados van colocados envolviendo el núcleo de hierro.
2. **Tipo Acorazado.** Son aquellos que consiste en un núcleo de tres columnas laminado, con los devanados arrollados alrededor de la columna central.

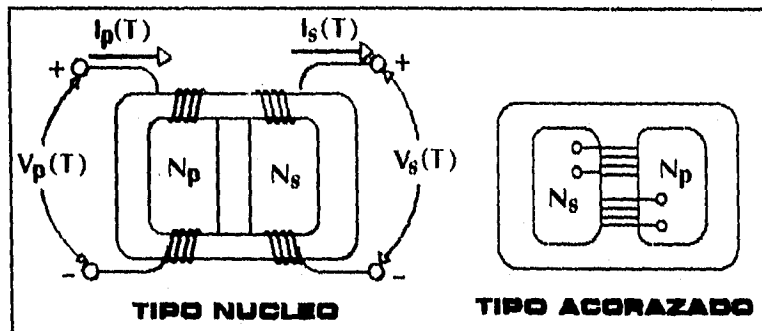


Fig. 1.7 Estructura del transformador.

A) POR EL NUMERO DE FASES.

- 1) Monofásicos.
- 2) Bifásicos.
- 3) Trifásicos.

B) POR EL MEDIO REFRIGERANTE.

1. Por Gases. En este tipo el aire es el más comúnmente empleado para la refrigeración de los transformadores de construcción seca, pudiendo forzarse dicho elemento por medio de sopladores o ventiladores, o bien, dejando que penetre por inicios naturales. Otros gases empleados son: Hidrógeno, Nitrógeno y Helio.
2. Por Líquidos. Este tipo se emplea en gran escala para conseguir en los transformadores, aparte de un buen aislamiento, la disipación del calor generado en el servicio, ocupado el primer lugar el aceite mineral, debido a bajo costo, comparado con los líquidos sintéticos conocidos como: Pyranol, Askarel, etc.

C) POR EL TIPO DE ENFRIAMIENTO.

1. Enfriamiento OA. Sumergido en aceite con enfriamiento propio. Por lo general en transformadores de más de 50 KVA se usan tubos radiadores o tanques corrugados para disminuir las pérdidas; en capacidades mayores de 300 KVA, se usan radiadores del tipo desmontable. Este tipo de transformadores con voltajes de 46 KV o menores puede tener como medio de enfriamiento líquido aislante inerte en vez de aceite.
2. Enfriamiento OA / AF. Sumergido en aceite con enfriamiento propio, por medio de aire forzado. Este es básicamente un transformador OA con adición de ventiladores para aumentar la capacidad de disipación de calor.

3. **Enfriamiento OW.** Sumergido en aceite y enfriado con agua. Este tipo de transformadores el agua de enfriamiento es conducida por serpentines, los cuales están en contacto con aceite aislante del transformador. El aceite circula alrededor de los serpentines por convección natural.
4. **Enfriamiento FOA.** Sumergido en aceite, enfriado con aceite forzado y con enfriador de aire forzado. Este tipo de transformadores se usan únicamente donde se desea que operen la mismo tiempo las bombas de aceite y los ventiladores; tales condiciones absorben cualquier carga a pico a plena capacidad.
6. **Enfriamiento OA / FA / FOA.** Sumergido en aceite con enfriamiento propio a base de aire forzado. Este transformador es básicamente un AO, con adición de ventiladores y bombas para circulación de aceite.
6. **Enfriamiento AA.** Tipo seco, con enfriamiento propio, no contiene aceite ni otros líquidos para enfriamiento; son usados en voltajes nominales menores de 15 KV, en pequeñas capacidades.
7. **Enfriamiento AFA.** Tipo seco, enfriado por aire forzado. Estos transformadores tiene una capacidad simple basada en la circulación de aire forzado por ventiladores o sopladores.

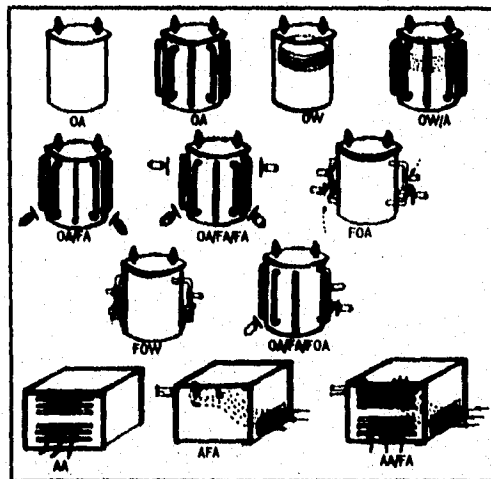


Fig. 1.8 Diferentes tipos de transformadores utilizando el medio refrigerante (aire y aceite) como enfriamiento.

D) POR LA OPERACION

1. **Transformador de Unidad.** Es un transformador conectado a la salida de un generador y destinado a elevar el voltaje hasta niveles de transmisión superior a los 110 KV.
2. **Transformador de Potencia.** Los transformadores de grandes voltajes, que se emplean en las estaciones o subestaciones de energía y cuya capacidad es superior a 300 KVA, se les llama transformadores de potencia o de fuerza.
3. **Transformador de Subestación.** Es el transformador que se encuentra al otro extremo de la línea de transmisión, destinado a bajar el voltaje de transmisión hasta niveles de distribución, entre 34.5 KV y 2.3 KV.
4. **Transformador de Distribución.** Son transformadores que toman el voltaje de distribución y lo reduce hasta valores reales de utilización 110 V, 208 V, 220 V.
5. **Transformador de Instrumento.** Se denominan transformadores para instrumento los que se emplean para alimentación de equipos de medición, control o protección. Los transformadores para instrumento se dividen en dos clases:
 - 1) **Transformadores de Corriente.** Toman la muestra de corriente de una línea y la reduce a un nivel de magnitud seguro y medible.
 - 2) **Transformadores de Potencial.** Es un transformador que tiene un devanado especialmente con un 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 tensión, debe ser muy preciso para que no distorsione los valores verdaderos.

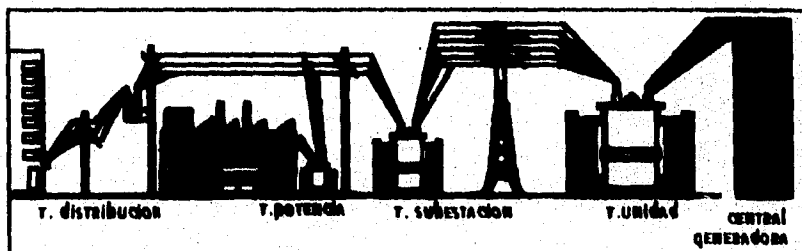
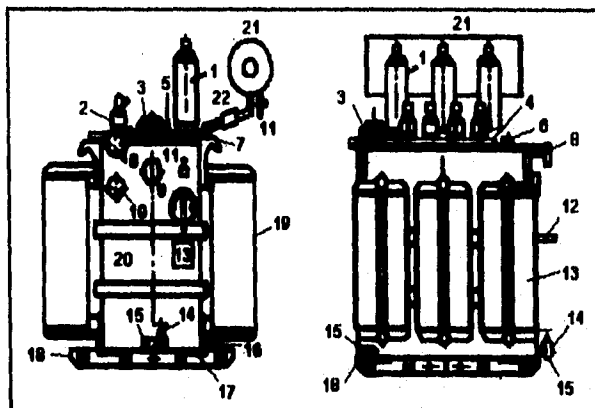


Fig. 1.9 Diferentes tipos de transformadores utilizados en la ciudad.

Nos enfocaremos a describir el transformador de potencia que se utiliza en las subestaciones eléctricas.

1.4.1.3 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA.



DESCRIPCIÓN

- | | |
|--|--|
| 1. Boquillas para alta tensión. | 12. Maneral para operación sin excitación del cambiador de derivaciones. |
| 2. Boquillas para baja tensión. | 13. Placa de características. |
| 3. Relevador mecánico de sobrepresión. | 14. Válvula para drenaje. |
| 4. Orejas con ojo para levantar la tapa. | 15. Válvula para muestreo. |
| 5. Registro. | 16. Placa para conexión a tierra. |
| 6. Copie con tapón para llenado al vacío. | 17. Refuerzos para palanqueo a soportes para gato. |
| 7. Orejas de gancho para izaje del conjunto. | 18. Base deslizable. |
| 8. Manómetro-Vacómetro. | 19. Radiadores fijos o desmontable con o sin válvulas. |
| 9. Indicador magnético de nivel sin o con contactos para alarma. | 20. Caja. |
| 10. Indicador de temperatura del aceite con o sin contactos para alarma. | 21. Tanque conservador. |
| 11. Válvula superior para conexión a filtro prensa. | 22. Relevador de gas (Buchholz). |

Fig. 1.10 Partes que integran un transformador de potencia.

De la figura anterior se describirá algunas partes importantes del transformador de potencia.

- ♦ **Núcleo.** Se puede construir del tipo columnas o acorazado, por lo general de lámina de acero al silicio de grano orientado para reducir las pérdidas en el hierro. El problema de las pérdidas en el hierro y por efecto Joule en los devanados, tiene una importancia notablemente en los criterios de selección de los transformadores ya que estas pérdidas inciden directamente sobre los costos de operación.

- ♦ **Devanados.** Con relación a estos, es práctica común que para los de alta tensión se construyan bobinas del tipo "galleta" y para el de baja tensión de tipo rectangular, por lo general los devanados de mayor tensión se conectan en estrella con el objeto de reducir el aislamiento interno del transformador a la tensión, para el devanado de menor tensión se puede adoptar indistintamente la conexión Estrella o Delta.
Para las subestaciones de gran potencia se ha tenido cierta difusión con el uso de bancos de transformadores monofásicos, constituidos por cuatro unidades de las cuales tres entran en servicio y la otra queda como reserva para cuando quede eventualmente fuera de servicio algún transformador. Los transformadores pueden estar conectados entre sí en Delta-Estrella, Estrella-Delta o en cualquiera de las conexiones trifásicas típicas de acuerdo con las exigencias de la instalación.
- ♦ **Cambiador de Derivaciones.** Sirve para cambiar la relación de transformación por variación del número de espiras activas de los devanados y se encuentran de dos tipos:
 - a) **En vacío,** es decir con el transformador desconectado de la red.
 - b) **Con carga,** es decir con el transformador energizado y alimentando una carga.
- ♦ **Tanque.** Tienen por lo general forma rectangular en las de gran potencia, pudiendo ser ovalados o cilíndricos en los transformadores de potencia menores, incluyendo los de distribución se construyen de lámina de acero rolada. Al tanque, dependiendo de la capacidad del transformador, se le puede adoptar tubos radiadores y ventiladores para la disipación de calor. Contiene además las facilidades para el montaje de las boquillas, las válvulas de drenaje, el tanque conservador con su relevador Bucholz, los indicadores de presión y temperatura, así como todos aquellos accesorios adicionales requeridos.
Algunos otros accesorios notables son:
 - ◊ Ganchos para conexión a tierra.
 - ◊ Ganchos de sujetación para el movimiento de la máquina.
 - ◊ Medios apropiados para la descarga rápida del aceite.
 - ◊ Punto de conexión para el filtro-prensa en el tratamiento del aceite.
 - ◊ Placa de características.
- ♦ **Boquillas.** Son los aislantes terminales de las bobinas de alta y baja tensión que se utilizan para atravesar el tanque o la tapa del transformador.
- ♦ **Tablero.** Es un gabinete dentro del cual se encuentran los controles y protecciones de los motores de las bombas de aceite. De los ventiladores, de la calefacción del tablero, del cambiador de derivaciones bajo carga, etc.
- ♦ **Válvulas.** Es un conjunto de dispositivos que se utilizan para el llenado, vaciado, mantenimiento y muestreo del aceite del transformador.

- ♦ **Tanque Conservador.** Es un tanque extra colocado sobre el tanque principal del transformador. Cuya función es absorber la expansión del aceite debido a los cambios de temperatura, provocados por los incrementos de carga. El tanque se mantiene lleno de aceite aproximadamente hasta la mitad. En caso de elevación de temperatura, el nivel de aceite se eleva comprimiendo el gas contenido en la mitad superior si el tanque es sellado, o expulsado el gas hacia la atmósfera si el tanque tiene respiración. La tubería entre los dos tanques debe permitir el flujo adecuado del aceite. En ella se instala el relevador de gas (Buchholz) que sirve para detectar fallas internas en el transformador.

1.4.1.4 CONEXION DE LOS TRANSFORMADORES.

1.4.1.4.1 CONEXION DELTA - DELTA.

La conexión Delta-Delta en transformadores trifásicos se emplean normalmente en lugares donde existe tensiones relativamente bajas; en sistemas de distribución se utiliza para alimentar cargas trifásicas a 3 hilos.

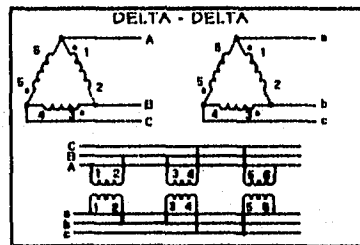


Fig. 1.11 Representación de una conexión Delta-Delta.

1.4.1.4.2 CONEXION DELTA - ESTRELLA.

Esta conexión se emplea en aquellos sistemas de transmisión en que es necesario elevar voltajes de generación. En sistemas de distribución es conveniente su uso debido a que se puede tener 2 voltajes diferentes (entre fase y neutro).

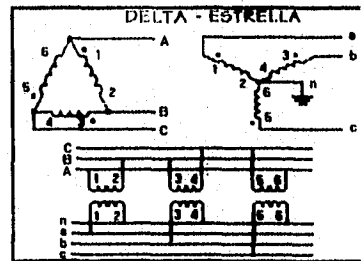


Fig. 1.12 Representación de una conexión Delta-Estrella.

1.4.1.4.3 CONEXION ESTRELLA - ESTRELLA.

Esta conexión se emplea en tensiones muy elevadas, ya que se disminuye la cantidad de aislamiento. Tiene la desventaja de no presentar oposición a las armónicas impares; en cambio puede conectarse a hilos de retorno.

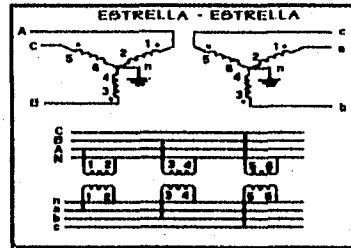


Fig. 1.13 Representación de una conexión Estrella-Estrella.

1.4.1.4.4 CONEXION ESTRELLA - DELTA.

Se utiliza esta conexión en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir voltajes. En sistemas de distribución es poco usual; se emplea en algunas ocasiones para distribución rural a 20 KV.

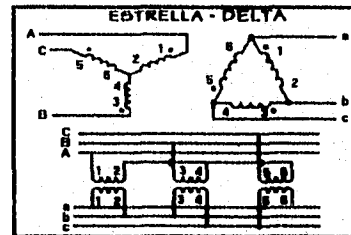


Fig. 1.14 Representación de una conexión Estrella-Delta.

1.4.1.4.5 CONEXION DELTA ABIERTA - DELTA ABIERTA.

Esta puede considerarse como una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si en un transformador se quema o sufre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos fases, sólo que su capacidad disminuye a un 58.8% aproximadamente.

Los transformadores trifásicos en Delta Abierta-Delta Abierta se emplean en sistemas de baja capacidad y usualmente operan como autotransformadores.

1.4.1.4.6 CONEXION DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS EN BANCOS TRIFASICOS.

Los transformadores monofásicos se conectan en bancos trifásicos principalmente en dos tipos de circuitos:

- a) En circuitos de muy alto voltaje.
- b) En circuitos en que se requiera continuidad en el servicio. Normalmente se dispone de cuatro transformadores monofásicos, tres en operación y uno en reserva.

Las conexiones se hacen en transformadores monofásicos para formar bancos trifásicos son en general las mismas que se llevan a cabo en los transformadores trifásicos.

1.5 INTERRUPTORES DE POTENCIA.

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico.

Si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora.

Si en cambio la operación de apertura o cierre la efectúa con carga (corriente nominal) o con corriente de cortocircuito, el interruptor recibe el nombre de **DISYUNTOR O INTERRUPTOR DE POTENCIA.**

Los interruptores de potencia, como ya se mencionó, interrumpen y restablecen la continuidad de un circuito eléctrico. La interrupción la deben efectuar con carga o corriente de cortocircuito. De acuerdo con los elementos que intervienen en la apertura del arco de las cámaras de extinción, los interruptores se pueden dividir en los siguientes grupos.

1. Interruptores de gran volumen de aceite.
2. Interruptores de pequeño volumen de aceite.
3. Interruptores neumáticos (aire comprimido).
4. Interruptores de hexafluoruro de azufre.
5. Interruptores en vacío.

1.5.1 INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE.

Estos interruptores reciben ese nombre debido a la gran capacidad de aceite que contienen; generalmente se construyen en tanques cilíndricos y pueden ser monofásicos o trifásicos. Los trifásicos son para operar a voltajes relativamente pequeños y sus contactos se encuentran contenidos en un recipiente común, separados entre sí por separadores (aislantes).

Por razones de seguridad, en tensiones elevadas se emplean interruptores monofásicos (uno por fase en circuitos trifásicos). Las partes fundamentales en estos interruptores son, ver Fig. 1.15

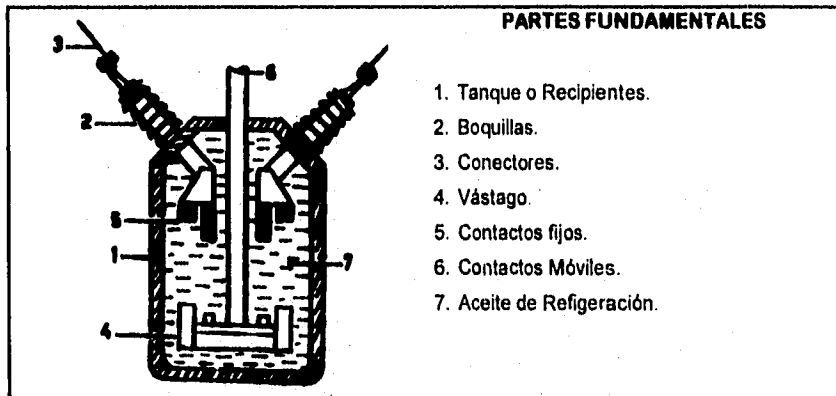


Fig. 1.15 Partes que integran un interruptor de gran volumen de aceite.

En general el tanque se construye cilíndrico, debido a las fuertes presiones internas que se presentan durante la interrupción. También el fondo del tanque lleva "costillas" de refuerzo, para soportar estas presiones.

1.5.2 INTERRUPTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.

Los interruptores de reducido volumen de aceite reciben este nombre debido a que su cantidad de aceite es pequeña en comparación con los de gran volumen. (Su contenido de aceite varía entre 1.5% y 2.5% del que contiene los de gran volumen).

Se construyen para diferentes capacidades y voltajes de operación y su construcción es básicamente una cámara de extinción modificada que permite mayor flexibilidad de operación.

En este tipo de interruptores de cámara de extinción del arco consiste fundamentalmente de las siguientes partes, ver Fig. 1.16

Las cámaras de extinción tienen la propiedad de que el efecto de extinción aumenta a medida que la corriente que va a interrumpir crece. Por eso al extinguir las corrientes de baja intensidad, las sobretensiones generadas son pequeñas.

La potencia de apertura es limitada sólo por la presión de los gases desarrollados por el arco, presión que debe ser soportada por la resistencia mecánica de la cámara de gases sobre el arco se hace perpendicularmente la eje de los contactos, mientras que para potencias bajas, el soplo de los gases se inyecta en forma axial.

Los interruptores de este tipo tienen un mando que se energiza por medio de resortes; el tiempo de la extinción del arco es del orden de 6 ciclos.

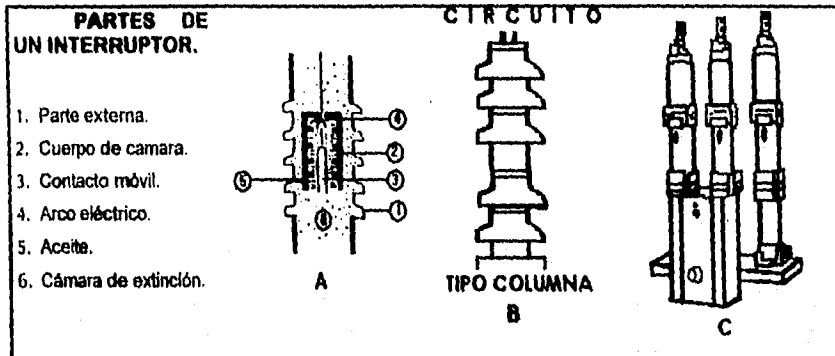


Fig. 1.16 En la figura se muestra un interruptor de pequeño volumen de aceite. A) Partes que lo constituye B) Tipo de fabricación C) Tipo físico.

1.5.3 INTERRUPTORES NEUMATICOS (AIRE COMPRIMIDO).

El aire a presión se obtiene por un sistema de aire comprimido que incluye una o varias compresoras, un tanque principal, un tanque de reserva y un sistema de distribución en caso de que sean varios interruptores. Se fabrican monofásicos y trifásicos, para uso interior o uso exterior. El proceso general se puede comprender con ayuda de la figura siguiente.

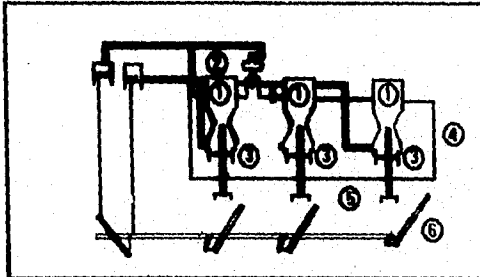


Fig. 1.17 En la figura se muestra un interruptor neumático.

Cuando ocurre una falla la detecta el dispositivo de control, de tal manera que una válvula de selenoide acciona a la válvula principal (2) y sigue una secuencia que puede describirse en general como sigue:

1. Al ser accionada la válvula principal (2), ésta se abre, permitiendo el acceso de aire a los aisladores huecos (1).
2. El aire a presión que entra a los aisladores huecos presiona por medio de un émbolo a los contactos (5).

3. Los contactos (5) accionan a los contactos (6) que operan simultáneamente abriendo el circuito.
4. Como los aisladores huecos (1) se encuentran conectados directamente a las cámaras de extinción (3), al bajar los contactos (5) para accionar a los contactos (6) el aire a presión que se encuentra en los aisladores (1) entra violentamente a la cámara de extinción (3) extinguiéndose el arco.

1.5.4 INTERRUPTORES DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE.

Son aparatos que operan dentro de un gas llamado Hexafluoruro de azufre (SF_6), que tienen una capacidad dieléctrica superior a otros fluidos dieléctricos conocidos. Esto hace más compactos y más durables los interruptores desde el punto de vista de mantenimiento.

Los interruptores pueden ser de polos separados, cada fase en su tanque ó trifásicos en que las tres fases utilizan una misma envolvente. Se fabrican para tensiones desde 70 hasta 800 KV y las capacidades de interrupción varía de acuerdo con el fabricante, llegando hasta magnitudes de 80 AC, que es un caso muy especial.

Este tipo de aparatos pueden librar las fallas hasta en 2 ciclos y para limitar las sobretensiones altas producidas por esta velocidad, los contactos vienen con resistencias limitadoras.

Las principales averías de este tipo de interruptores son las fugas de gas, que requieren aparatos especiales para detectar el punto de la fuga. En un aparato bien instalado, las pérdidas de gas deben ser inferiores la 2% anual del volumen de gas encerrado dentro del aparato.

El mecanismo de mando de estos interruptores es, generalmente, de aire comprimido, como se ilustra la Fig. 1.18

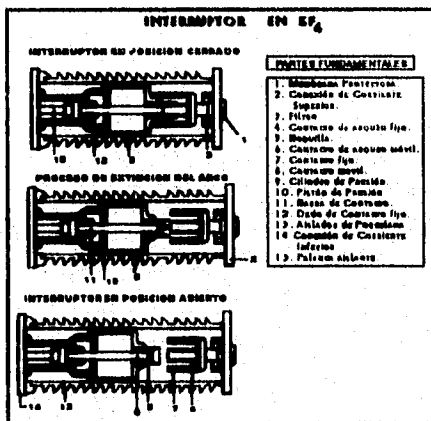


Fig 1.18 Partes que integran un interruptor en sf_6 .

1.5.5 INTERRUPTORES EN VACÍO.

Son aparatos que, en teoría, se abren en un ciclo debido a la pequeña inercia de sus contactos y a su pequeña distancia; los contactos están dentro de botellas especiales en las que se ha hecho el vacío casi absoluto. El contacto fijo está sellado con la cámara de vacío y por el otro lado entra el contacto móvil. Que también está sellado la otro extremo de la cámara y que en lugar de deslizarse, se mueve junto con la contracción de un fuelle de un material que parece ser una aleación del tipo de latón.

Al abrir los contactos dentro de la cámara de vacío, no se produce ionización y por tanto, no es necesario el soldado del arco ya que éste se extingue prácticamente al paso por cero después del primer ciclo, este tipo se utiliza en instalaciones de hasta 34.5 KV dentro de tableros blindados.

1.6 RESTAURADORES.

En los sistemas de distribución, además del problema de la protección de los equipos eléctricos, se presenta el de "continuidad" del servicio, es decir. La protección que se planea en las redes de distribución se hace pensando en los 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 (la operación manual se refiere al mando por control remoto), es decir, construido de tal manera que un disparo o un cierre está calibrado de antemano y opera bajo una secuencia lógica predeterminada y constituye un interruptor de operación automática con características de apertura y cierre regulables de acuerdo con las necesidades de la red de distribución que se va a proteger.

Este interruptor recibe por tales condiciones el nombre de restaurador.

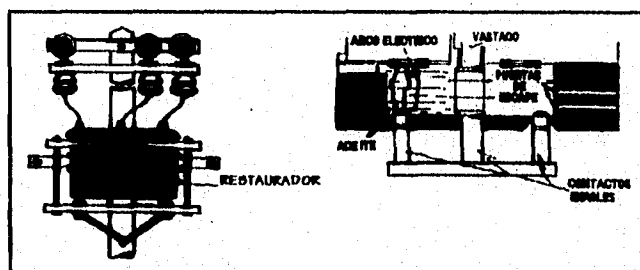


Fig. 1.19 Muestra un restaurador y partes que lo integran.

El restaurador es un dispositivo autocontrolado capaz de interrumpir la corriente de cortocircuito y volver a cerrar el circuito después de transcurrido cierto tiempo. Si el cortocircuito persiste, el ciclo se repite un número determinado de veces (tres por lo general) hasta quedar definitivamente abierto. Es un

dispositivo muy útil en las redes de distribución donde por lo general el 75% de las fallas son momentáneas y las interrupciones pueden ser costosas.

1.6.1 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, conectados y desconectando en forma simultánea.

El proceso de apertura y cierre se puede describir brevemente como sigue:

1. Cuando ocurre una 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 con un cierto intervalo.
3. La bobina de recierre es un dispositivo mecánico que opera los contactos móviles, conectándose nuevamente con los contactos fijo.
4. Si la falla es transitoria, el restaurador queda conectado y preparado para la otra falla; si la falla es permanente, repetirá todo el proceso anterior hasta quedar fuera según sea el número de recierres para el cual se ha calibrado.

La interrupción del arco tiene lugar en un cámara de extinción que contiene a los contactos.

1.7 CUCHILLAS FUSIBLES.

La cuchilla fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tiene dos funciones: como cuchilla desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta, y como elemento de protección.

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor de corriente nominal que va a circular por él, pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal.

Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata (en casos especiales), cobre electrolítico con aleación de plata, o cobre aleado con estaño.

Existen diferentes tipos de cuchillas fusibles, de acuerdo con el empleo que se les dé. Entre los principales tipos y características como se observa en la Fig. 1.20

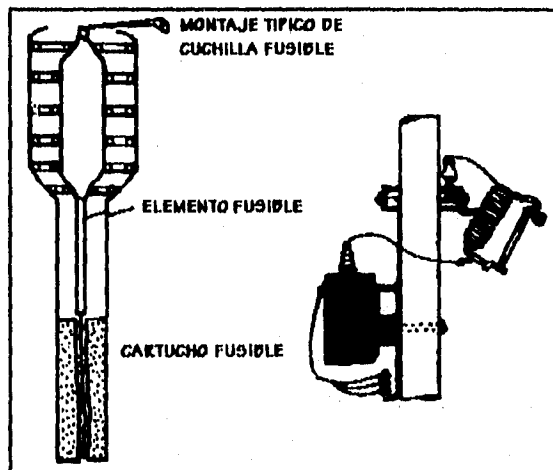


Fig. 1.20 Muestra partes que la integran y una visión real.

1.8 CUCHILLAS DESCONECTADORAS.

Son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien para darles mantenimiento.

Las cuchillas pueden abrir circuitos bajo la tensión nominal, pero nunca cuando esté fluyendo corriente a través de ellas. Antes de abrir un juego de cuchillas siempre deberá abrirse primero el interruptor correspondiente.

La diferencia entre un juego de cuchillas y un interruptor, considerando que los dos abren y cierran circuitos, es que la cuchillas no pueden abrir un circuito con corriente y el interruptor si puede abrir cualquier tipo de corriente, desde el valor nominal hasta el valor de cortocircuito. Hay algunos fabricantes de cuchillas que añaden a la cuchilla una pequeña cámara de arco de SF₆ que el permite interrumpir solamente los valores nominales de la corriente del circuito.

1.8.1 COMPONENTES DE LAS CUCHILLAS.

Las cuchillas están formadas por una base metálica de lámina galvanizada con un conector para puesta a tierra; dos o tres columnas de aisladores que fijan el nivel básico de impulso, y sobre estos, las cuchilla. La cuchilla está formada por una navaja o parte móvil y la parte fija, que es una mordaza que recibe y presiona la parte móvil, ver Fig. 1.21

Las cuchillas, de acuerdo con la posición que guarda la base y la forma que tiene el elemento móvil, puede ser:

1. Horizontal.
2. Horizontal invertida.
3. Vertical.
4. Pantógrafo.

Los elementos de conexión en las cuchillas están formados, de un lado, por la cuchilla y del otro, por el elemento fijo o mordaza, que es un contacto formado por varios dedos metálicos, las cuales presionan por medio de resortes individuales que se utilizan para mantener una presión alta en el contacto y por lo tanto pérdidas bajas, por efecto joule, en los puntos de contacto.

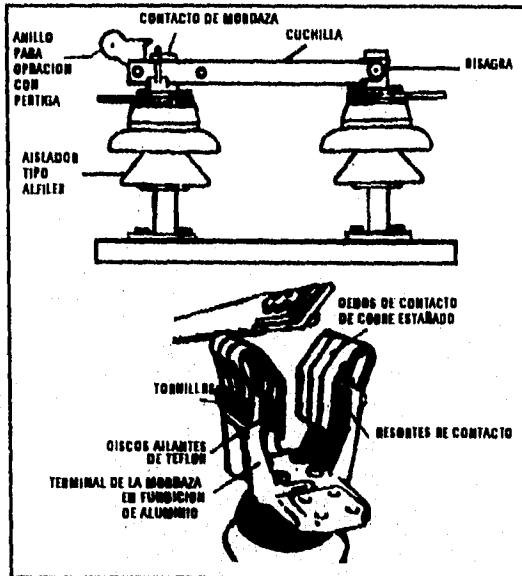


Fig. 1.21 Partes que integran una cuchilla.

1.8.2 OPERACION DE LAS CUCHILLAS.

Desde el punto de vista maniobra, las cuchillas se pueden operar 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 interconecta los tres polos, moviéndolos simultáneamente a través de una operación que puede ser en forma manual (para tensiones de hasta 115 KV), o bien, en forma motorizada por medio de energía eléctrica.

1.9 FUSIBLES.

Se puede decir que los fusibles son elementos de protección más utilizado en las instalaciones eléctricas. En términos sencillos se trata de un conductor con una calibración precisa para

fundirse cuando la corriente que circula por él pasa de cierto límite. Entonces los fusibles cubren las funciones del sensor e interruptor.

El elemento fusible está colocado dentro de una estructura con terminales y bases para su fijación con los aislamientos necesarios, los que limitan el nivel de voltaje. El elemento fusible puede estar rodeado de aire, arena de cuarzo o algún otro material para enfriar los gases del arco y restablecer el medio eléctrico.

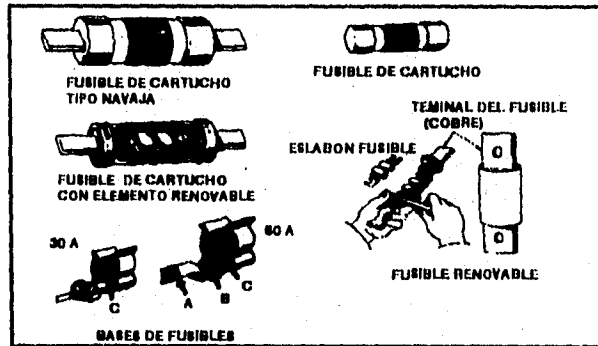


Fig. 1.22 Diferentes tipos de fusibles utilizados en la actualidad.

El fusible se utiliza más comúnmente como medio de protección contra cortocircuito que contra sobrecarga. Sin embargo existen los llamados "fusibles limitadores de corriente" que también protegen contra sobrecarga.

En los sistemas de distribución de media tensión de 2460 V hasta 34 KV, los fusibles son el medio de protección más utilizado, casi siempre se instalan en el primario de los transformadores de distribución y en la acometida de los usuarios. Este tipo de fusibles empleados en exteriores tienen una forma característica típica; están fijados en un juego de cuchillas provistos de accesorios que el permite también ser desconectados y conectados con una pértiga. Se les llama interruptor de fusibles y son muy populares porque sirven como protección y como medio de conexión y desconexión. Su operación está limitada a personas entrenadas, provistas del equipo y accesorios reglamentarios.

Los fusibles presentan las siguientes particularidades:

- I. Son de una sola operación, ya que después de haber interrumpido la falla debe responderse el fusible completo o su elemento conductor.
- II. Son de operación individual ya que solo interrumpen la corriente en la fase donde sucedió el cortocircuito o sobrecarga.
- III. Son económicos comparados con otras protecciones.
- IV. Tienen un tiempo de operación bastante corto, por lo que resulta difícil coordinarlos con otros dispositivos de protección.

- IV. Tienen un tiempo de operación bastante corto, por lo que resulta difícil coordinarlos con otros dispositivos de protección.
- V. Tienen una potencia de cortocircuito superior a otras protecciones.
- VI. Son bastantes seguros y difícilmente operan sin causa.

1.10 APARTARRAYOS.

El Apartarrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico.

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

1. Descargas directas sobre la instalación.
2. Descargas indirectas.

De los casos anteriores el más interesante, por presentarse con mayor frecuencia, es el de las descargas indirectas.

El Apartarrayos dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando al corriente a tierra.

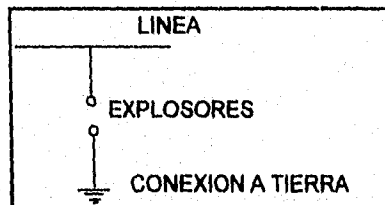


Fig. 1.23 Representación de un apartarrayos.

Su principio general de operación, se basa en la formación de un arco aéreo eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va operar.

Se fabrica diferentes tipos de Apartarrayos, basados en el principio general de operación; por ejemplo, los más empleados son los conocidos como "Apartarrayos tipo autovalvular" y "Apartarrayos de resistencia variable".

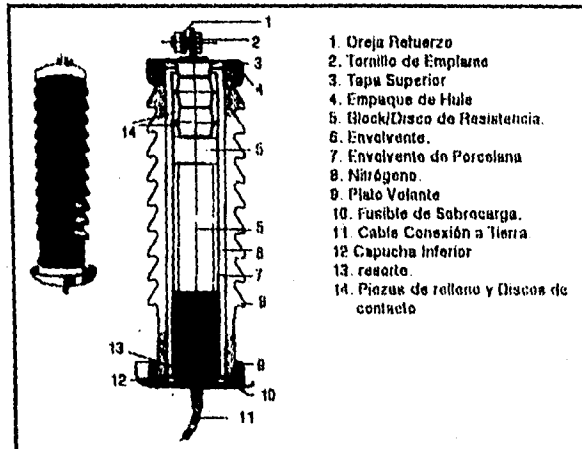
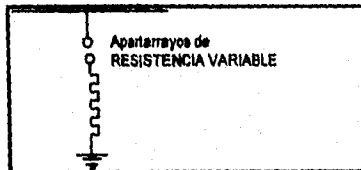


Fig. 1.24 Tipo de Apartarrayo siemens tipo H415a.

El Apartarrayos tipo autovalvular consiste de varias chapas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación más sensible y precisa. Se emplea en los sistemas que operan con grandes tensiones, ya que representa una gran seguridad de operación.

El Apartarrayos 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.



La función del Apartarrayos no es eliminar las sobretensiones presentadas durante las descargas atmosféricas, si no limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema.

Fig. 1.25 Representación de un apartarrayos de resistencia variable.

Las sobretensiones originadas por descargas indirectas se deben a que se almacenan sobre las líneas 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 seguridad a las instalaciones contra descargas directas se instalan unas varillas conocidas como bayonetas e hilos de guarda semejantes a los que se colocan en las líneas de transmisión.

1.11 INSTRUMENTOS ELECTRICOS DE MEDICION.

1.11.1 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO O DE MEDICION.

Los transformadores para medición están destinados a alimentar aparatos de medida, relevadores o aparatos.

Tienen como función principal reducir a valores normales y no peligrosos, las características de tensión y de corriente en un sistema eléctrico, con el fin de permitir el empleo de aparatos de medición normalizados por consiguiente más económicos y que pueden manipularse sin peligro.

Los transformadores de instrumento presentan las siguientes ventajas:

1. Aísla los instrumentos de medición y protección del circuito primario.
2. Permite la normalización de las características de operación de los instrumentos de medición y protección.
3. Permite la ubicación de los instrumentos de medición y protección del circuito principal, esto disminuye la influencia de los campos electromagnéticos producidos por las tensiones y corrientes altas.
4. Le da mayor seguridad al personal que opera los circuitos de alta tensión.

Se distinguen dos categorías de transformadores para medición los cuales son:

1. Transformadores de Corriente (T_c).
2. Transformadores de Potencial (T_p).

1.11.1.1 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (T_c).

El transformador de corriente es un aparato en donde la corriente secundarias es, dentro de las condiciones normales de operación, prácticamente proporcional a la corriente primaria y esta defasada de ésta un ángulo cercano a cero, para un sentido apropiado de conexiones.

El primario de este transformador está conectado en serie con el circuito que se desea controlar, en tanto que el secundario está conectado a los circuitos de corriente de uno o varios aparatos de medición, relevadores o aparatos análogos, todos ello conectados en serie.

Un transformador de corriente puede tener uno o varios devanados secundarios, embobinados a su vez sobre uno o varios circuitos magnéticos.

Los transformadores de corriente se pueden fabricar para servicio interior o exterior. Los de servicio interior son más económicos y se fabrican para tensiones de servicio de hasta 25 KV, y con aislamientos en resina sintética. Las de servicio exterior y para tensiones medias se fabrican con aislamientos a base de resinas que soportan las condiciones climatológicas. Para altas tensiones se continúan utilizando aislamientos a base de papel y aceite dentro de un recipiente metálico, con boquillas de porcelana.

Los Transformadores de Corriente pueden ser de Medición, Protección ó Mixtos.

- ♦ **Transformador de Medición.** Los transformadores cuya función es medir, requiere reproducir fielmente la magnitud y el ángulo de fase de la corriente. Su precisión debe garantizarse desde una pequeña fracción de corriente nominal del orden del 10%, hasta un exceso de corriente del orden del 20%, sobre el valor nominal.
- ♦ **Transformador de Protección.** Los transformadores cuya función es proteger un circuito, requieren conservar su fidelidad hasta un valor de veinte veces la magnitud de la corriente nominal.
- ♦ **Transformadores Mixtos.** En este caso, los transformadores se diseñan para una combinación de los casos anteriores, un circuito con el núcleo de alta precisión para los circuitos de medición y uno o dos circuitos más, con sus núcleos adecuados, para los circuitos de protección.

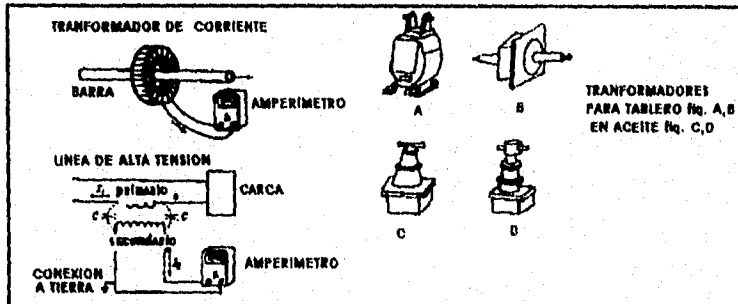


Fig. 1.26 Transformadores de corriente.

1.11.1.2 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL (Tp).

Un transformador de potencial es un transformador para medición, donde la tensión secundarias es, dentro de las condiciones normales de operación, prácticamente proporcional a la tensión primaria, y defasada de ella un ángulo cercano a cero, para un sentido apropiado de conexiones.

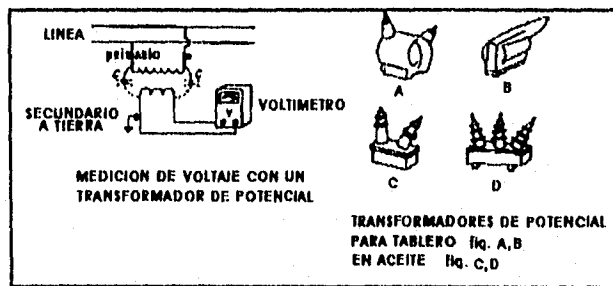


Fig. 1.27 Transformador es de potencial.

El primario de dicho transformador está conectado a las terminales entre las que se desea medir la tensión, en tanto que el secundario está conectado a circuitos de potencial de uno o varios aparatos análogos, conectados en paralelo.

Estos transformadores se fabrican para servicio interior o exterior, y al igual que los de corriente, se fabrican con aislamientos de resinas sintéticas para tensiones bajas o medias, mientras que para altas tensiones se utilizan aislamientos de papel, aceite y porcelana.

1.11.1.3 GRADO DE PRECISION DE UN TRANSFORMADOR DE INSTRUMENTO.

Los transformadores de instrumento tienen diferentes precisiones de acuerdo con el empleo que les dé. A esta precisión se le denomina clase de precisión y se selecciona de acuerdo con la siguiente tabla.

GRADOS DE PRECISION DE TC'S Y TP'S

CLASE	UTILIZACION
0.1	Calibración y medidas de laboratorio.
0.2 - 0.3	Medidas de laboratorio. Alimentación de wathorímetros para alimentadoras de gran potencia.
0.5 - 0.6	Alimentación de wathorímetros para facturación en circuitos de distribución. wathorímetros industriales.
1.2	Amperímetros (indicadores, registradores). Fasómetros (indicadores, registradores). Wathorímetros (indicadores, registradores industriales). Protecciones diferenciales, relevadores de impedancia y de distribución.
3 - 5	Protección general.

1.11.2 AMPERIMETRO.

El amperímetro es un instrumento que sirve para la medición de la cantidad de corriente que circula en el circuito.

1.11.3 VOLTIMETRO

El voltímetro es un instrumento que sirve para la medición de la cantidad de voltaje que contiene en el circuito.

1.11.4 WATTMETROS Y VARMETROS

El wáttmetro es un instrumento que sirve para la medición de la potencia activa que circula por el circuito eléctrico, para la medición de la potencia inactiva se utiliza el varmetro, que desde el punto de vista de la construcción es igual que el wáttmetro, pero se diferencia por solo artifició la bobina de voltaje se encuentra en cuadratura con la tensión.

El empleo del wámetro esta limitado sólo a circuitos monofásicos, ya que en los circuitos trifásicos la medición de la potencia reactiva se hace utilizando wattmétrros de construcción normal convenientemente insertados.

1.11.5 FASOMETROS

Realiza la medición directa del factor de potencia de un circuito monofásicos o trifásicos referido a un factor de potencia unitario, de manera que sólo indica si está adelantado o atrasado.

1.11.6 FRECUENCIOMETROS

Para controlar la frecuencia de la potencia eléctrica en una instalación, se emplea el frecuencímetro, que es el instrumento que mide la cantidad de ciclos por segundo en un circuito.

1.12 TABLEROS ELECTRICOS

Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se coloca instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar (en algunos casos obligatorio) para lograr una instalación segura, confiable y ordenada.

El tablero general es aquél que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y la salida de éste se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

Cada área de un instalación está normalmente alimentada por uno o varios tableros derivados. Estos tableros pueden tener un interruptor general, dependiendo de la distancia al tablero de donde se alimenta y del número de circuitos que alimente. Contiene una barra de cobre para el neutro y 1, 2, 3 barras conectadas a las fases respectivas (directamente o a través del interruptor general).

Normalmente, a las barras de las fases conectan interruptores termomagnéticos de 1, 2 ó 3 polos, dependiendo del número de fases que se requieran para alimentar los circuitos derivados. Estos últimos a su vez alimentan: unidades de alumbrado, salidas para contactos o equipos especiales (que a su vez pueden estar provistos con dispositivos de arranque y protección).

Se tienen dos tipos de tableros uno de Baja Tensión y Alta Tensión.

Tablero de baja tensión: Es aquel que trabaja en una tensión no mayor de 1000 VCA ó 1500 VCC.

TABLEROS DE BAJA TENSION

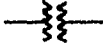
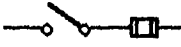




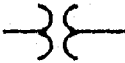





Tensión Nominal	Corriente Nominal	Tipo de Corriente
120 V.	600 A a 1200 A.	CA.
240 V.	2000 A a 3000 A.	CA.
480 V.	3000 A a 4000 A.	CA.
550 V.	5000 A.	CA.
125 V.	600 A a 1200 A.	CC.
250 V.	2000 A a 3000 A.	CC.
550 V.	3000 A a 4000 A.	CC.





Tablero de Alta tensión: Son aquellos que trabajan a altas tensiones mayores de 1000 VCA ó 1500 VCC.

TABLEROS DE ALTA TENSION

Tensión Nominal	Corriente Nominal	Tipo de Corriente
2400 V.	600 A.	CA ó CD.
4160 V.	1200 A.	CA ó CD.
7200 V.	2000 A.	CA ó CD.
13800 V.	3000 A.	CA ó CD.
23000 V.	4000 A.	CA ó CD.
34500 V.	5000 A.	CA ó CD.

1.13 SIMBOLOGIA ELECTRICA

SIMBOLO	IDENTIFICACION
	TRANSFORMADOR
	CUCHILLAS FUSIBLE
	CUCHILLAS DESCONECTADORA
	FUSIBLE
	APARTARRAYOS
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
	AMPERIMETRO
	VOLMETRO
	WATTMETRO
	ACOMETIDA
	PLANTA DE EMERGENCIA

	MOTOR ELECTRICO
	TABLERO DE ALUMBRADO
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD

CAPITULO 2 ALIMENTADORES PRINCIPALES Y PROTECCIONES



*"Lo que importa verdaderamente en la vida no son
los objetivos que nos marcamos, si no los caminos
que seguimos para lograrlos".*

Peter Dinklage

ALIMENTADORES PRINCIPALES Y PROTECCIONES

2.1 INTRODUCCION.

En cualquier instalación eléctrica los elementos que conducen la corriente eléctrica de las fuentes a las cargas o que interconectan los elementos de control, son los conductores eléctricos, por otra parte, por razones de protección de los propios conductores y de seguridad, normalmente estos conductores se encuentran instaladas dentro de canalizaciones eléctricas de distinta naturaleza y cuya aplicación depende del tipo de instalación eléctrica de que se trate.

En la figura 2.1 se muestra, con propósitos ilustrativos, un diagrama de bloques en donde aparecen algunas de las aplicaciones de los conductores eléctricos en las instalaciones.

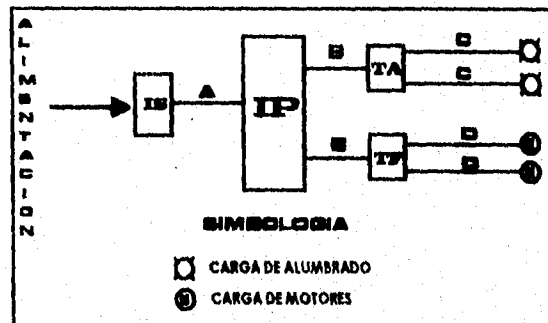


Fig. 2.1 Representación de un diagrama a bloques de un sistema eléctrico.

IS = Interruptor de Servicio. IP = Interruptor Principal.

TA = Tablero de Alumbrado. TF = Tablero de Fuerza.

- A = Conductores de servicio de la compañía suministradora al interruptor principal.
- B = Conductores que llevan la energía del interruptor principal al tablero de alumbrado (TA) y al tablero de fuerza (TF).
- C = Conductores que llevan la energía de los circuitos derivados del tablero de alumbrado (TA) a la carga de alumbrado.
- D = Conductores que llevan la energía de los circuitos derivados del tablero de fuerza (TF) a la carga de motores M.

Los elementos que contienen a los conductores se conocen como canalizaciones y son de distinto tipo según la aplicación conociéndose como tubos conduit, ductos, charolas, etc.

2.2 CONDUCTORES ELECTRICOS.

En general la palabra "conductor" se usa con un sentido distinto al de alambre ya que por lo general un alambre es de sección circular, mientras que un conductor puede tener otras formas (por ejemplo barras rectangulares o circulares), sin embargo, es común que a los alambres se les designe como conductores, por lo que en caso de mencionar algún conductor de forma o características distintas a los alambres, se designará específicamente con el nombre que se le conozca.

La mayor parte de los conductores usados en las instalaciones eléctricas son de cobre (Cu) o aluminio (Al) debido a su buena conductividad y que comercialmente no tienen un costo alto ya que hay otros que tienen un costo elevado que hacen antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas, aun cuando tienen mejor conductividad.

Comparativamente el aluminio es aproximadamente un 16% menos conductor que el cobre, pero al ser mucho más liviano que éste, resulta un poco más económico cuando se hacen estudios comparativos, ya que a igualdad de peso se tiene hasta cuatro veces más conductor que el cobre.

Como se mencionó antes, para instalaciones eléctricas se fabrican de sección circular de material sólido o como conductores dependiendo la cantidad de corriente por conducir (Ampacidad) y su utilización, aunque en algunos casos se fabrican en secciones rectangulares o tubulares para altas corrientes. Desde el punto de vista de las normas los conductores se han identificado por un número que corresponden a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que normalmente se sigue el sistema americano de designación **AWG (American Wire Gage)** siendo el más grueso el número 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 que es el más delgado usado en instalaciones eléctricas, para conductores con un área mayor del designado como 4/0, se hace una designación que esta en función de su área en pulgadas, para lo cual se emplea una unidad denominada el **Circular Mil** siendo así como un conductor de 250 corresponderá a aquel cuya sección sea de 250,000 CM; y así sucesivamente.

Se denomina **Circular Mil** a la sección de un círculo que tiene un diámetro de un milésimo de pulgada (0,001 plg.).

Los conductores empleados en las instalaciones eléctricas están aislados, antiguamente los conductores eléctricos se aislaban con hule, conociéndose comercialmente como tipo **R**, actualmente se fabrican con aislantes de tipo termoplástico (T) con distintas denominaciones comerciales según el tipo de fabricante, siendo los más conocidos por ser a prueba de agua entre otras propiedades los siguientes: **TIPO TW; THW, VINANEL 900, VINNEL NYLON, VULCANEL EP, VULCANEL XLP, AWGN, RUW, TWD, AWG, PILC, V, RHH.**

2.3 DISPOSITIVOS DE PROTECCION.

Un dispositivo de protección en su sentido más amplio es aquél que al presentarse una falla abre el circuito eléctrico. Para lograr esto se requiere desempeñar dos funciones: detectar o sensar la falla y ejecutar la interrupción.

Los fusibles realizan ambas funciones y están constituidos por un sólo elemento; una pequeña cinta metálica hecha de una aleación con un punto de fusión bajo, y de una sección que llevará una corriente específica indefinidamente, pero que se fundirá cuando una corriente más grande fluye.

2.3.1 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE PROTECCION.

Las características de una protección eléctrica adecuada que deben tener la robustez necesaria para soportar los cambios de temperatura y vibraciones, además de:

- A) **Confiabilidad:** La confiabilidad es la característica más importante, ya que una protección debe ofrecer certidumbre de que operará siempre que se presenten las condiciones anormales para las que fue diseñada. Esta característica se cumple más fácilmente mientras más sencillos son los mecanismos que detectan e interrumpen la falla.
- B) **Rapidez:** Sería deseable que una protección operara inmediatamente después de que ocurriese la falla; sin embargo, esto no es posible debido a que las señales eléctricas requieren de cierto tiempo para accionar mecanismos que a su vez tardan en desencadenar el efecto de protección deseado. De acuerdo con esto, se establecen los siguientes términos: operación instantánea es aquella que caracteriza a una protección que no tiene retraso voluntario, y operación de tiempo definido que es la que integra cierta variable en el tiempo.
- C) **Selectividad:** La selectividad es una característica que se atribuye a un sistema de protección en conjunto. Si se supone un sistema eléctrico de configuración radial, cada rama que parte de la acometida tiene varios elementos de protección; el último es aquél que protege contra una falla en el equipo colocado al final de esa rama.

Una protección selectiva es aquella que, al ocurrir una falla en alguna rama de la instalación, opera para aislar la parte estrictamente necesaria de la rama donde ocurrió la falla. Es decir, opera la protección más cercana a la falla (del lado de la alimentación) conocida como protección primaria.

Entonces se puede decir que la selectividad es la característica del sistema de protección que hace que en caso de falla opere la protección primaria. Si por alguna razón no funciona una protección primaria, debe operar la de respaldo, es decir la que sigue hacia el lado de la alimentación. La función de respaldo se entiende únicamente para los casos de fallas de cortocircuito, ya que la sobrecarga de una derivación puede no ser suficiente como para que opere un respaldo. En caso de que opere la protección de respaldo, deben revisarse las causas y si es necesario modificar la capacidad de la protección primaria.

Es interesante imaginar la situación que se presenta cuando ocurre una falla toda las protecciones perciben cierta señal de la presencia de ésta, pero su calibración debe ser tal que sólo opere aquella que está más cerca.

Al conjunto de protecciones calibradas de forma que operen selectivamente se le conoce como sistema coordinado de protecciones.

- D) Economía:** *Un estudio técnico-económico de protecciones debe considerar la inversión necesaria para la instalación y operación del sistema contra el costo de reparación de los posibles daños asociados más el costo de interrupción del servicio. Entonces un sistema de protección será más sofisticado (se incrementa el costo), según el valor de los equipos que protege y la probabilidad de que se produzcan perjuicios.*

2.4 CALIBRACION.

La calibración de las protecciones se basa en parámetros obtenidos en la práctica. Si un elemento de protección está calibrado a un valor demasiado sensible, los transitorios o situaciones pasajeras que no afectan la instalación pueden ocasionar una señal de disparo que provoque interrupciones en el servicio. Por otra parte, un elemento de protección mal calibrado o que se descalibra es como si no existiera en la instalación.

No debe modificarse la calibración de un elemento de protección que se dispare con frecuencia. Deben cuidarse su limpieza y ventilación y encomendar su ajuste o recalibración técnicos especializados. Tampoco es recomendable sustituir un elemento de protección por otro de mayor capacidad, ya que representaría tanto como eliminar la protección contra sobrecargas. Se recomienda revisar el proyecto cuidadosamente y definir si la protección está bien calculada.

2.5 INTERRUPTORES.

Debemos entender por interruptor, cualquier aparato eléctrico que sirve para retirar o suspender la corriente que fluye a través del mismo; como primer punto, todo interruptor de una instalación eléctrica industrial al desconectarse, debe interrumpir todos los circuitos activos, es decir, todos los conductores de corriente que no estén a tierra.

En las instalaciones de baja tensión, los interruptores deberán estar adentro de cajas metálicas con cubierta y manija o botones exteriores para su conexión y desconexión; cuando los interruptores son para más de 150 volts, sus cajas deben conectarse a tierra. A continuación se comentara los tipos de interruptores que hay en el mercado:

1) INTERRUPTORES EN CAJA DE LAMINA.

También conocidos como interruptores de seguridad son interruptores de navaja con puerta y palanca exterior para la operación del interruptor y con fusibles integrados. Existen diferentes clases de interruptores para la instalaciones industriales pero los más comunes son los siguientes:

1. Interruptores de seguridad normales de navajas y con portafusibles de cartucho hasta 240 volts.



Fig. 2.2 Muestra Interruptores de seguridad de navaja y con portafusibles.

2. Interruptores de seguridad para servicio pesado para fusibles tipo cartucho hasta 600 volts.

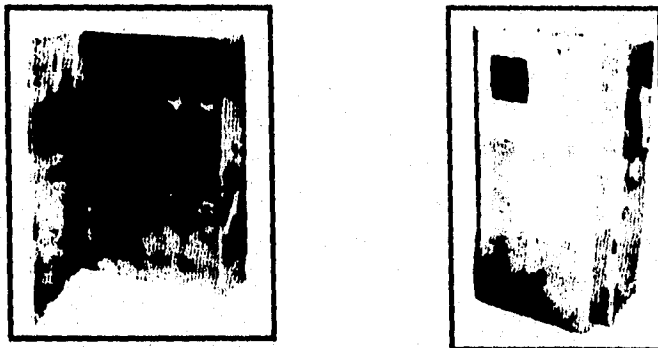


Fig. 2.3 Interruptores de seguridad para servicio pesado.

2) TABLEROS DE DISTRIBUCION.

Estos tableros también son conocidos como centros de carga, consisten de dos o más interruptores de navaja con palanca o con interruptores automáticos termomagnéticos. Estos interruptores se instalan cerca de los centros de carga, en lugares accesibles donde la apariencia del tablero no perjudique la decoración y resulte práctico.

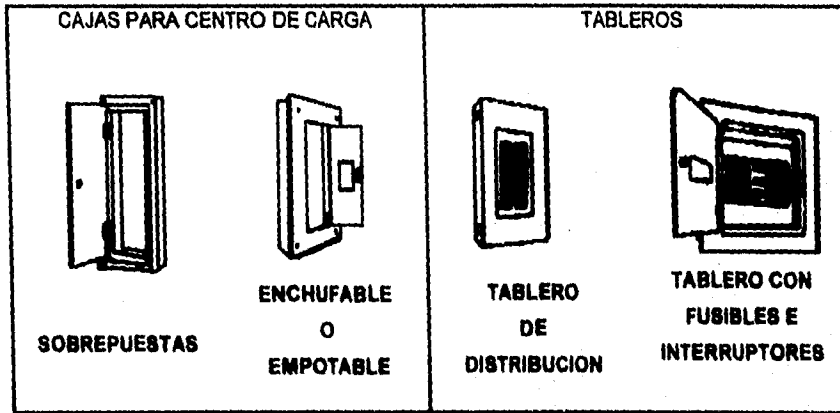


Fig. 2.4 Tipos de centros de carga.

3) FUSIBLES.

Los fusibles son elementos de protección que constan de un alambre o cinta de una aleación de plomo y estaño con un bajo punto de fusión, que se funde cuando se excede el límite para el cual fue diseñado interrumpiendo el circuito, se fabrican para operación en dos tipos:

- **Fusible de tapón.** Usados principalmente en casas habitación con capacidades de 10, 15, 20 y 30 amperes.
- **Fusibles tipo cartucho.** Que a su vez pueden ser tipo casquillo para capacidades de 3 a 60 amperes y tipo navaja para capacidades de 75 a 600 amperes, estos fusibles son renovables ya que si se funde el elemento fusible puede ser reemplazados de acuerdo con sus características eléctricas, los elementos fusibles pueden ser de tipo normal y de acción retardada. El tipo normal está formado por cinta o alambre, el de acción retardada que tiene formas diversas para retardar el tiempo de fusión.

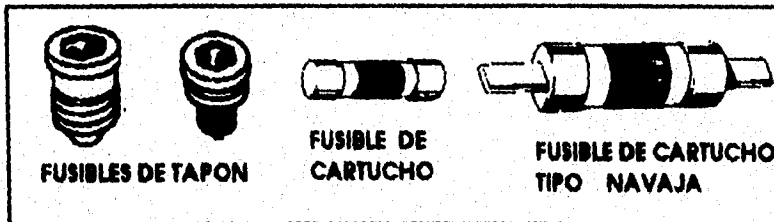


Fig. 2.5 Diferentes tipos de fusibles.

4) INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.

Estos interruptores están diseñados para abrir el circuito en forma automática cuando ocurre una sobrecarga accionado por una combinación de un elemento térmico y un elemento magnético.

El elemento térmico consta esencialmente de la unión de dos elementos metálicos de diferente coeficiente de dilatación, conocido también como par térmico, el cual al paso de la corriente se calienta y por lo tanto se deforma, habiendo un cambio de posición que es aprovechado para accionar el mecanismo de disparo del interruptor operan desde el punto de vista de tiempo de apertura con curvas características de tiempo-corriente.

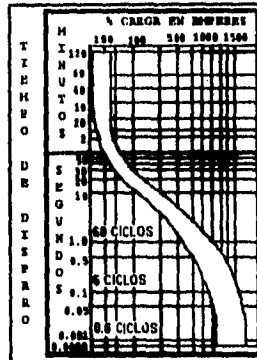


Fig. 2.6 Representación de la curva de disparo tiempo-corriente.

El elemento magnético consta de una bobina cuyo núcleo es móvil y que puede operar o disparar el mecanismo del interruptor, el circuito se abre en forma instantánea cuando ocurre una sobre corriente, operan con sobrecargas con elementos térmico y por sobre corrientes con el elemento magnético para fallas.



Fig. 2.7 Representación de un interruptor termomagnético.

Interruptores Termomagnéticos: Los interruptores termomagnéticos se fabrican desde 15 a 2000 amperes y sus diferentes tipos son:

- **Interruptores Termomagnéticos Instantaneos.-** Los interruptores termomagnéticos llamados instantaneos para uno de los dos tipos que se usan normalmente en las instalaciones eléctricas, son energizados por el circuito magnético, de las corrientes de sobrecarga o de cortocircuito y se usan normalmente como elementos de protección de los circuitos derivados de motores, ya que la protección contra sobrecarga del motor es el elemento térmico en un elevador, que se considera por separado.

Los interruptores termomagnéticos especiales se diseñan para soportar un 100% de la corriente nominal de carga y para disparar entre 101 y 120% de la corriente nominal de carga.

- **Interruptores Termomagnéticos de Tiempo Inverso.** - Un interruptor termomagnético de tiempo inverso, es el tipo de interruptor termomagnético, equivalente al fusible de tiempo retardado tiene un elemento magnético que responde en forma instantánea a las corrientes de cortocircuito severas o a valores excesivos de sobrecarga en el arranque. El elemento térmico proporciona protección para los circuitos derivados (a excepción de los circuitos derivados para motores grandes) cuando se presentan sobrecargas, esta protección la realiza por medio de dispositivos térmicamente activados, tal como ocurre con los elementos bimetálicos.

Para los circuitos derivados de motores, la protección contra sobrecarga se separa frecuentemente.

2.6 CALCULO DE ALIMENTADORES PRINCIPALES.

Se procederá al cálculo del alambrado y sistemas de protección de los tableros de distribución principales y secundarios de acuerdo al diagrama unifilar del centro comercial, ver plano eléctrico (al final de los apéndice), todos conductores calculados serán del Tipo THW.

(Se tomarán en cuenta las Formulas y Tablas del Apéndice A).

TABLEROS GENERALES DE ALUMBRADO NORMAL (SOTANO, PLANTA BAJA, PISOS (1 - 17), AZOTEA).

DATOS GENERALES: 2F, 3H, 127 / 220 V.

Factor de energía (fp) = 0.90 (para Cargas Resistivas), Caída de voltaje máxima 3%.

1.- TABLERO A (Sotano).

Carga conectada (P) = 4500 W.

Distancia (L) = 12 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{4500}{2 \times 127 \times 0.90} = 19.69 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 12 \times 19.69}{127 \times 3} = 1.24 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: 19.69 A Calibre No. 12 AWG.

Por caída de voltaje se tiene: 1.24 mm² Calibre No. 14 AWG.

NOTA: Tomando en cuenta que es un sistema de 2 Fases, 3 Hilos; se tiene que es desbalanceado, en consecuencia en un momento dado el neutro común trabaja como fase circulando por el 1.4142 veces la corriente por fase, por lo que el calibre del neutro común se aumenta el área. Cabe notar que por norma se seleccionara el calibre 10 AWG en los tableros (ver Apéndice B).

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

Multiplicado por 1.25 seleccionamos el interruptor.

$$19.69 \text{ A} \times 1.25 = 24.61 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de 2p x 30 A.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de calibre No. 10 = 32.80 mm^2 , 1 Conductor de calibre No. 8 = 29.70 mm^2
1 Conductor de calibre No. 12 = 12.32 mm^2 ; TOTAL: 74.82 mm^2 , tubo de 13 mm.

Por lo tanto: 2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor del calibre No. 8, 1 conductor del calibre No. 12 para tierra física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 2 p x 30 A.

2.- TABLERO B (Planta Baja).

Carga conectada (P) = 2800 W.

Distancia (L) = 18 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{2800}{2 \times 227.080} = 12.24 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 10 \times 12.24}{127 \times 3} = 1.15 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: 12.24 A Calibre No. 14 AWG.

Por caída de voltaje se tiene: 1.15 mm² Calibre No. 14 AWG.

NOTA: Tomando en cuenta que es un sistema de 2 Fases, 3 Hilos; se tiene que es desbalanceado, en consecuencia en un momento dado el neutro común trabaja como fase circulando por el 1.4142 veces la corriente por fase, por lo que el calibre del neutro común se aumenta el área. Cabe notar que por norma se seleccionara el calibre 10 AWG en los tableros (ver Apéndice B).

Se procede al cálculo del Interruptor termomagnético:

$$12.24 \text{ A} \times 1.25 = 15.3 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de 2p x 30 A.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm^2 , 1 Conductor de calibre No. 8 = 29.70 mm^2
1 Conductor de calibre No. 12 = 12.32 mm^2 ; TOTAL: 74.82 mm^2 , tubo de 13 mm.

Por lo tanto: 2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor del calibre No. 8, 1 conductor del calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 2 p x 30 A.

DATOS GENERALES: 1F, 2H, 220 / 127 V.

Factor de energía (fp) = 0.90 (para Cargas Resistivas), Caída de voltaje máxima 3%.

3.- TABLERO C (Piso 1).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 28.5 m + 3.5 m = 32 m.

NOTA: En los pisos 1º a 16º, los tableros de cada piso, se tomarán la distancia que se tiene del tablero general hasta una zapata general de distribución, la cual el neutro es común para cada grupo de 3 tableros, se calculará el interruptor que será de 3 polos, al final de cada grupo de tableros.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 32 \times 11.37}{127 \times 3} = 3.82 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: 11.37 A Calibre No. 14 AWG.

Por caída de voltaje se tiene: 3.82 mm² Calibre No. 14 AWG.

NOTA: Tomando en cuenta que en por seguridad se tomara como mínimo el calibre No. 10 para cada tablero.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: 2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.

4.- TABLERO D (Piso 2).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 28.5 m + 1.5 m = 30 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 30 \times 11.37}{127 \times 3} = 3.58 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: 11.37 A Calibre No. 14 AWG.

Por caída de voltaje se tiene: 3.58 mm² Calibre No. 14 AWG.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

5.- TABLERO E (Piso 3).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 26.5 m + 3.5 m = 32 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 32 \times 11.37}{127 \times 3} = 3.82 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A Calibre No. 14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **3.82 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$11.37 \text{ A} \times 1.25 = 14.21 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de 3p x 15 A.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calcula el tubo utilizado.

4 Conductores de Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductor de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 75.11 mm², tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

6.- TABLERO F (Piso 4).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 39 m + 3.5 m = 42.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 42.5 \times 11.37}{127 \times 3} = 5.07 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **5.07 mm²** Calibre No. **12 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

7.- TABLERO G (Piso 5).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 39 m + 1.5 m = 40.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 40.5 \times 11.37}{127 \times 3} = 4.83 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **4.83 mm²** Calibre No. **12 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

8.- TABLERO H (Piso 6).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 39 m + 3.5 m = 42.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 42.5 \times 11.37}{127 \times 3} = 5.07 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **5.07 mm²** Calibre No. **12 AWG**.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$11.37 \text{ A} \times 1.25 = 14.21 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de 3p x 15 A.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm. un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calculara el tubo utilizado.

4 Conductores de Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductor de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **75.11 mm²**, tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

9.- TABLERO I (Piso 7).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 49.5 m + 3.5 m = 53 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 53 \times 11.37}{127 \times 3} = 6.33 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A. Calibre No. 14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **6.33 mm² Calibre No. 12 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

10.- TABLERO J (Piso 8).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 49.5 m + 1.5 m = 51 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 51 \times 11.37}{127 \times 3} = 6.09 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **6.09 mm²** Calibre No. **12 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

11.- TABLERO K (Piso 9).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 49.5 m + 3.5 m = 53 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 53 \times 11.37}{127 \times 3} = 6.33 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **6.33 mm²** Calibre No. **12 AWG**.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

6.02 A x 1.25 = 7.52 A.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 15 A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calcula el tubo utilizado.

4 Conductores de Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **75.11 mm²**, tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

12.- TABLERO L (Piso 10).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 60 m + 3.5 m = 63.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 63.5 \times 11.37}{127 \times 3} = 7.58 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG**.Por caída de voltaje se tiene: **7.58 mm²** Calibre No. **10 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.****13.- TABLERO M (Piso 11).**

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 60 m + 1.5 m = 61.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 61.5 \times 11.37}{127 \times 3} = 7.34 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG**.Por caída de voltaje se tiene: **7.34 mm²** Calibre No. **10 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

14.- TABLERO N (Piso 12).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 60 m + 3.5 m = 63.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 63.5 \times 11.37}{127 \times 3} = 7.58 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **7.58 mm²** Calibre No. **10 AWG**.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$11.37 \text{ A} \times 1.25 = 14.21 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 15 A**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de **13 mm**.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 Conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calculara el tubo utilizado.

4 Conductores del Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **75.11 mm²**, tubo de **19 mm**.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

15.- TABLERO O (Piso 13).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 70.5 m + 3.5 m = 74 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 74 \times 11.37}{127 \times 3} = 8.83 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **8.83 mm²** Calibre No. **10 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm^2 , 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm^2
TOTAL: 42.31 mm^2 , tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

16.- TABLERO P (Piso 14).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = $70.5 \text{ m} + 1.5 \text{ m} = 72 \text{ m}$.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 72 \times 11.37}{127 \times 3} = 8.59 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A Calibre No. 14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **8.59 mm^2 Calibre No. 10 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm^2 , 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm^2
TOTAL: 42.31 mm^2 , tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

17.- TABLERO Q (Piso 15).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = $70.5 \text{ m} + 3.5 \text{ m} = 74 \text{ m}$.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 74 \times 11.37}{127 \times 3} = 8.83 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A Calibre No. 14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **8.83 mm^2 Calibre No. 10 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$11.37 \text{ A} \times 1.25 = 14.21 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de 3p x 15 A.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calculara el tubo utilizado.

4 Conductores del Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **75.11 mm²**, tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

18.- TABLERO R (Piso 16).

Carga conectada (P) = 1300 W.

Distancia (L) = 81 m + 3.5 m = 84.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1300}{127 \times 0.90} = 11.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 84.5 \times 11.37}{127 \times 3} = 10.09 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.37 A** Calibre No. **14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **10.09 mm²** Calibre No. **10 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

19.- TABLERO S (Piso 17).

Carga conectada (P) = 1000 W.

Distancia (L) = 81 m + 1.5 m = 82.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1000}{127 \times 0.90} = 8.75 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 82.5 \times 8.75}{127 \times 3} = 7.58 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **8.75 A** Calibre No. **14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **7.58 mm²** Calibre No. **10 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

20.- TABLERO T (Azotea).

Carga conectada (P) = 950 W.

Distancia (L) = 81 m + 3.5 m = 84.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{950}{127 \times 0.90} = 8.31 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 84.5 \times 8.31}{127 \times 8} = 7.37 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **8.31 A. Calibre No. 14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **7.37 mm² Calibre No. 10 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$11.37 \text{ A} \times 1.25 = 14.21 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 15 A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 Conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calcula el tubo utilizado.

4 Conductores del Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 75.11 mm², tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

**TABLEROS GENERALES DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA
(SOTANO, PLANTA BAJA, PISOS (1 - 17, AZOTEA).**

DATOS GENERALES: 2F, 3H, 220 / 127 V.

Factor de energía (fp) = 0.90 (para Cargas Resistivas), Caída de voltaje máxima 3%.

21.- FOTOCELDA REMOTA.

Carga conectada (P) = 1000 W.

Distancia (L) = 18 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1000}{2 \times 127 \times 0.90} = 4.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 18 \times 4.37}{127 \times 3} = 0.41 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **4.37 A** Calibre No. **14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **0.41 mm²** Calibre No. **18 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 14 = 19.02 mm², TOTAL: **19.02 mm²**

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 14, Tubo de 13 mm.**

22.- TABLERO U (Luces de Obstrucción y Alumbrado Escaleras de Emergencia).

Carga conectada (P) = 4800 W.

Distancia (L) = 17 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{4800}{2 \times 127 \times 0.90} = 21 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 17 \times 21}{127 \times 3} = 1.87 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **21 A** Calibre No. **12 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **1.87 mm²** Calibre No. **10 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 8 = 29.70 mm²

1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm², TOTAL: **72.01 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor del calibre No. 8, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

22.- Control Magnético de Alumbrado (CMA).

Carga conectada (P) = 4800 W (Alumbrado de escaleras) + 1000 W (Fotocelda) = 5800 W.

Distancia (L) = 15 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{5800}{2 \times 127 \times 0.90} = 25.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 15 \times 25.37}{127 \times 3} = 2 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **25.37 A. Calibre No. 10 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **2 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$25.37 \text{ A} \times 1.25 = 31.71 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3 p x 40A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 8 = 29.70 mm²
1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm², TOTAL: **22.01 mm², tubo de 13 mm.**

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor del calibre No. 8, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 40 A.**

24.- TABLERO AE (Sotano y Escaleras).

Carga conectada (P) = 3500 W.

Distancia (L) = 12 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{3500}{2 \times 127 \times 0.90} = 15.31 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 12 \times 15.31}{127 \times 3} = 0.96 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **15.31 A Calibre No. 14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **0.96 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$15.31 \text{ A} \times 1.25 = 19.14 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **2p x 20A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 8 = 29.70 mm²
 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm², TOTAL: **72.01 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor del calibre No. 8, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 20 A.**

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220 / 127 V.**

Factor de energía (fp) = 0.90 (para Cargas Resistivas), Caída de voltaje máxima 3%.

25.- TABLERO V (Cuarto de Teléfono).

Carga conectada (P) = 4200 W.

Distancia (L) = 12 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{4200}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.90} = 12.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times 12 \times 12.25}{220 \times 3} = 0.77 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **12.25 A Calibre No. 14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **0.77 mm² Calibre No. 16 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$12.25 \text{ A} \times 1.25 = 15.31 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3 p x 20 A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Calibre No. 10 = 49.20 mm², 1 Calibre No. 12 = 12.32 mm², 1 Calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **71.03 mm²**

Por lo tanto: **3 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor del calibre No. 12, 1 Conductor del calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 20 A.**

DATOS GENERALES: **1F, 2H, 220 / 127 V.**

Factor de energía (fp) = 0.90 (para Cargas Resistivas), Caída de voltaje máxima 3%.

26.- TABLERO BE (Planta Baja).

Carga conectada (P) = 1250 W.

Distancia (L) = 18 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{1250}{127 \times 0.90} = 10.94 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 10 \times 10.94}{127 \times 3} = 2.07 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **11.58 A** Calibre No. **16 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **2.07 mm²** Calibre No. **14 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$10.94 \text{ A} \times 1.25 = 13.68 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **1p x 15 A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 1p x 15 A.**

27.- TABLERO CE (Piso 1).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 28.5 m + 3.5 m = 32 m.

NOTA: En los pisos 1º a 16º, los tableros de cada piso, se tomaran la distancia que se tiene del tablero general de emergencia hasta una zapata general de distribución, la cual el neutro es común para cada grupo de 3 tableros, se calculara el interruptor que será de 3 polos, al final de cada grupo de tableros.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 32 \times 5.25}{127 \times 3} = 1.76 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A** Calibre No. **18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **1.76 mm²** Calibre No. **16 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

28.- TABLERO DE (Piso 2).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 28.5 m + 1.5 m = 30 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 32 \times 5.25}{127 \times 3} = 1.76 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A** Calibre No. **18 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **1.76 mm²** Calibre No. **16 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

29.- TABLERO EE (Piso 3).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 28.5 m + 3.5 m = 32 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 32 \times 5.25}{127 \times 3} = 1.76 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A** Calibre No. **18 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **1.76 mm²** Calibre No. **16 AWG**.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$5.25 \text{ A} \times 1.25 = 6.56 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 15 A**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calculara el tubo utilizado.

4 Conductores del Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **75.11 mm²**, tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

30.- TABLERO FE (Piso 4).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 39 m + 3.5 m = 42.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 42.5 \times 5.25}{127 \times 3} = 2.34 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A Calibre No. 18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **2.34 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

31.- TABLERO GE (Piso 5).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 39 m + 1.5 m = 40.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 40.5 \times 5.25}{127 \times 3} = 2.23 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A Calibre No. 18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **2.23 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

32.- TABLERO HE (Piso 6).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 39 m + 3.5 m = 42.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 42.5 \times 5.25}{127 \times 3} = 2.34 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A Calibre No. 18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **2.34 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$5.25 \text{ A} \times 1.25 = 6.56 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 15 A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm², tubo de 13 mm.**

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calculara el tubo utilizado.

4 Conductores del Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **75.11 mm², tubo de 19 mm.**

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

33.- TABLERO IE (Piso 7).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 49.5 m + 3.5 m = 53 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 53 \times 5.25}{127 \times 3} = 2.92 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A Calibre No. 18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **2.92 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

34.- TABLERO JE (Piso 8).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 49.5 m + 1.5 m = 51 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 51 \times 5.25}{127 \times 5} = 2.81 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A Calibre No. 18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **2.81 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

35.- TABLERO KE (Piso 9).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 49.5 m + 3.5 m = 53 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 53 \times 5.25}{127 \times 3} = 2.92 \text{ mm}^2$$

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$5.25 \text{ A} \times 1.25 = 6.56 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 15 A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calculara el tubo utilizado.

4 Conductores del Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **75.11 mm²**, tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

36.- TABLERO LE (Piso 10).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 60 m + 3.5 m = 63.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 63.5 \times 5.25}{127 \times 3} = 3.50 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A Calibre No. 18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **3.50 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
 TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

37.- TABLERO ME (Piso 11).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 60 m + 1.5 m = 61.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 61.5 \times 5.25}{127 \times 3} = 3.39 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A Calibre No. 18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **3.39 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

38.- TABLERO NE (Piso 12).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 60 m + 3.5 m = 63.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 63.5 \times 5.25}{127 \times 3} = 3.50 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A Calibre No. 18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **3.50 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$5.25 \text{ A} \times 1.25 = 6.56 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 15 A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calculara el tubo utilizado.

4 Conductores del Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 75.11 mm², tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

39.- TABLERO OE (Piso 13).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 70.5 m + 3.5 m = 74 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 74 \times 5.25}{127 \times 3} = 4.08 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A** Calibre No. **18 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **4.08 mm²** Calibre No. **14 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

40.- TABLERO PE (Fiso 14).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 70.5 m + 1.5 m = 72 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 72 \times 5.25}{127 \times 3} = 3.97 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A** Calibre No. **18 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **3.97 mm²** Calibre No. **14 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

41.- TABLERO QE (Piso 15).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 70.5 m + 3.5 m = 74 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 74 \times 5.25}{127 \times 3} = 4.08 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A** Calibre No. **18 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **4.08 mm²** Calibre No. **14 AWG**.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$5.25 \text{ A} \times 1.25 = 6.56 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de 3p x 15 A.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calculara el tubo utilizado.

4 Conductores del Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **75.11 mm²**, tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

42.- TABLERO RE (Piso 16).

Carga conectada (P) = 600 W.

Distancia (L) = 81 m + 3.5 m = 84.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{600}{127 \times 0.90} = 5.25 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 84.5 \times 5.25}{127 \times 3} = 4.66 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **5.25 A Calibre No. 18 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **4.66 mm² Calibre No. 12 AWG.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

43.- TABLERO SE (Piso 17).

Carga conectada (P) = 550 W.

Distancia (L) = 81 m + 1.5 m = 82.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{550}{127 \times 0.90} = 4.81 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 82.5 \times 4.81}{127 \times 3} = 4.17 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **4.81 A** Calibre No. **18 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **4.17 mm²** Calibre No. **12 AWG**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm.**

44.- TABLERO TE (Azot. a).

Carga conectada (P) = 400 W.

Distancia (L) = 81 m + 3.5 m = 84.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{400}{127 \times 0.90} = 3.50 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 84.5 \times 3.50}{127 \times 3} = 3.10 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **3.50 A**. Calibre No. **18 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **3.10 mm²** Calibre No. **14 AWG**.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

5.25 A x 1.25 = 6.56 A.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 15 A**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 42.31 mm², tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

Nota: Tomando en cuenta que desde la zapata hasta el tablero general se utilizan 4 conductores del calibre No. 10 y 1 del calibre No. 14, se calcula el tubo utilizado.

4 Conductores del Calibre No. 10 = 65.60 mm², 1 Conductores de Calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: 75.11 mm², tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **4 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 19 mm.**

45.- TABLERO TCI - 2

Carga conectada (P) = 500 W.

Distancia (L) = 17 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = \frac{500}{127 \times 0.90} = 4.37 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{4 \times 17 \times 4.37}{127 \times 3} = 0.78 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **4.37 A** Calibre No. **18 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **0.78 mm²** Calibre No. **18 AWG**.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético:

$$4.37 \text{ A} \times 1.25 = 5.46 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **1p x 15 A**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de calibre No. 14 = 9.51 mm²
TOTAL: **42.31 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 Conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 14 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 15 A.**

EQUIPO DE HIDRONEUMÁTICO AGUA POTABLE.DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.****Factor de potencia (pf) = 0.90 (para Motores), Caída de voltaje máxima 3%.****46.- MOTOR 1 (M - 1).**

Carga conectada (P) = 10 HP = 10 x 746 = 7460 W.

Distancia (L) = 13.5 m.

Corriente a Plena Carga (I) = 29 A.

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{1.73 \times 13.5 \times 29}{120 \times 3} = 2.05 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **29 A** Calibre No. **12 AWG.**Por caída de voltaje se tiene: **2.05 mm²** Calibre No. **14 AWG.****NOTA:** Como en los cálculos, ambos resultados nos da un conductor pequeño, por norma se tomara el calibre No. 10 como mínimo, para motores.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético.

29 x 2.5 = 72.5 A.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 100 A.**

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. 10 = 49.20 mm², 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm²,
TOTAL: 61.52 mm², tubo de 13 mm.Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 100 A.****47.- MOTOR 2 (M - 2).**

Carga conectada (P) = 10 HP = 10 x 746 = 7460 W.

Distancia (L) = 13.5 m.

Corriente a Plena Carga (I) = 29 A.

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{1.73 \times 13.5 \times 29}{120 \times 3} = 2.05 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **29 A** Calibre No. **12 AWG.**Por caída de voltaje se tiene: **2.05 mm²** Calibre No. **14 AWG.**

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético

29 x 2.5 = 72.5 A.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 100 A.**

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. 10 = 49.20 mm², 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm²,
TOTAL: **61.52 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 100 A.**

48.- MOTOR 9 (M - 9).

Carga conectada (P) = 2 HP = 2 x 746 = 1492 W.

Distancia (L) = 22 m.

Corriente a Plena Carga (I) = 7.1 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 7.1 \times 22 \times 9 \times 7.3}{220 \times 5} = .52 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **7.1 A Calibre No. 14 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **.52 mm² Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

7.1 x 2.5 = 17.75 A.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 30 A.**

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. 10 = 49.20 mm², 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm²,
TOTAL: **61.52 mm²**, tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 30 A.**

EQUIPO DE HIDRONEUMATICO AGUA TRATADA

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.**

Factor de potencia (fp) = 0.90 (para Motores), Caída de voltaje máxima 1%.

49.- MOTOR 3 (M - 3).

Carga conectada (P) = 15 HP = 15 x 746 = 11190 W.

Distancia (L) = 9.5 m.

Corriente a Plena Carga (I) = 44 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 44 \times 9.5 \times 3 \times 44}{220 \times 5} = 3.11 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **44 A. Calibre No. 8 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: 3.11 mm^2 Calibre No. 12 AWG.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético
 $44 \times 2.5 = 110 \text{ A}$.

Seleccionamos un interruptor de $3p \times 125 \text{ A}$.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. 8 = 89.10 mm^2 , 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm^2 ,
 TOTAL: 101.42 mm^2 , tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 8, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 19 mm, un interruptor de $3p \times 125 \text{ A}$.**

50.- MOTOR 4 (M - 4).

Carga conectada (P) = 15 HP = $15 \times 746 = 11190 \text{ W}$.

Distancia (L) = 9.5 m.

Corriente a Plena Carga (I) = 44 A.

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \cdot 3 \cdot 110 \cdot 44}{220 \cdot 5} = 3.11 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **44 A** Calibre No. 8 AWG.

Por caída de voltaje se tiene: 3.11 mm^2 Calibre No. 12 AWG.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético
 $44 \times 2.5 = 110 \text{ A}$.

Seleccionamos un interruptor de $3p \times 125 \text{ A}$.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. 8 = 89.10 mm^2 , 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm^2 ,
 TOTAL: 101.42 mm^2 , tubo de 19 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 8, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 19 mm, un interruptor de $3p \times 125 \text{ A}$.**

51.- MOTOR 10 (M - 10).

Carga conectada (P) = 2 HP = $2 \times 746 = 1492 \text{ W}$.

Distancia (L) = 22 m.

Corriente a Plena Carga (I) = 7.1 A.

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \cdot 3 \cdot 110 \cdot 7.1}{220 \cdot 5} = .52 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **7.1 A** Calibre No. 14 AWG.

Por caída de voltaje se tiene: $.52 \text{ mm}^2$ Calibre No. 14 AWG.

Se procede al calculo del interruptor termomagnético
 $7.1 \times 2.5 = 17.75 \text{ A}$.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 30 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. 10 = 49.20 mm^2 , 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm^2 ,
TOTAL: 61.52 mm^2 , tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 30 A.**

BOMBAS TRANSVASE

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.**

Factor de potencia (fp) = 0.90 (para Motores), Caída de voltaje máxima 1%.

52.- MOTOR 5 (M - 5).

Carga conectada (P) = 7.5 HP = $7.5 \times 746 = 5595 \text{ W}$.

Distancia (L) = 10.5 m.

Corriente a Plena Carga (I) = 23 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 23 \times 10.5 \times 0.9}{220 \times 0.9} = 1.62 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **23 A Calibre No. 12 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **1.62 mm^2 Calibre No. 14 AWG.**

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

$23 \times 2.5 = 57.5 \text{ A}$.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 70 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. 10 = 49.20 mm^2 , 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm^2 ,
TOTAL: 61.52 mm^2 , tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 70 A.**

53.- MOTOR 6 (M - 6).

Carga conectada (P) = 7.5 HP = $7.5 \times 746 = 5595 \text{ W}$.

Distancia (L) = 10.5 m.

Corriente a Plena Carga (I) = 23 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 19.5 \times 23}{220 \times 3} = 1.62 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **23 A** Calibre No. **12 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **1.62 mm²** Calibre No. **14 AWG**.

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

$$23 \times 2.5 = 57.5 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 70 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. **10** = **49.20 mm²**, **1** Conductor de Calibre No. **12** = **12.32 mm²**,
TOTAL: 61.52 mm², tubo de **13 mm**.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 3p x 70 A.**

BOMBA CONTRA INCENDIO

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.**

Factor de potencia (fp) = 0.90 (para Motores), Caída de voltaje máxima 1%.

54.- MOTOR 7 (M - 7).

Carga conectada (P) = **15 HP** = **15 x 746** = **11190 W.**

Distancia (L) = **8 m.**

Corriente a Plena Carga (I) = **44 A.**

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 19.5 \times 44}{220 \times 3} = 3.11 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **44 A** Calibre No. **8 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **3.11 mm²** Calibre No. **12 AWG**.

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

$$44 \times 2.5 = 110 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 125 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. **8** = **89.10 mm²**, **1** Conductor de Calibre No. **12** = **12.32 mm²**,
TOTAL: 101.42 mm², tubo de **19 mm**.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 8, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 19 mm, un interruptor de 3p x 125 A.**

BOMBA ACHIQUEDATOS GENERALES: **1F, 2H, 220/127 V.****Factor de potencia (fp) = 0.90 (para Motores), Caída de voltaje máxima 1%.****55.- MOTOR 8 (M - 8).**

Carga conectada (P) = 1 HP = 1 x 746 = 746 W.

Distancia (L) = 11 m.

Se procede al calculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 14 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \cdot 11 \cdot 14}{27 \cdot 3} = 1.61 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **14 A** Calibre No. **14 AWG.**Por caída de voltaje se tiene: **1.61 mm²** Calibre No. **14 AWG.**

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

$$14 \times 2.5 = 35 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **1p x 40 A.**

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 10 = 32.80 mm², 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm²,
TOTAL: **45.12 mm²**, tubo de 13 mm.Por lo tanto: **2 conductores del calibre No. 10, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un interruptor de 1p x 40 A.****ELEVADORES (E - 1, 2)**DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.****Factor de potencia (fp) = 0.90 (para Motores), Caída de voltaje máxima 1%.****56.- MOTOR 11 (M - 11).**

Carga conectada (P) = 30 HP = 30 x 746 = 22380 W.

Distancia (L) = 98.5 m.

Se procede al calculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 84 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \cdot 98.5 \cdot 84}{220 \cdot 3} = 43.42 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **84 A** Calibre No. **2 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **43.42 mm²** Calibre No. **1/0 AWG**.

Se procede al calculo del interruptor termomagnético
 $84 \times 2.5 = 210 \text{ A}$.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 225 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 1/0 = 287.98 mm², 1 Conductor de Calibre No. 6 = 49.26 mm²,
TOTAL: 337.24 mm², tubo de 32 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 1/0, 1 Conductor de calibre No. 6 para Tierra Física, Tubo de 32 mm, un interruptor de 3p x 225 A.**

57.- MOTOR 12 (M - 12).

Carga conectada (P) = 30 HP = $30 \times 746 = 22380 \text{ W}$.

Distancia (L) = 98.5 m.

Se procede al calculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 84 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 98.5 \times 84^2}{220^2 \times 5} = 43.42 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **84 A** Calibre No. **2 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **43.42 mm²** Calibre No. **1/0 AWG**.

Se procede al calculo del interruptor termomagnético
 $84 \times 2.5 = 210 \text{ A}$.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 225 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 1/0 = 287.98 mm², 1 Conductor de Calibre No. 6 = 49.26 mm²,
TOTAL: 337.24 mm², tubo de 32 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 1/0, 1 Conductor de calibre No. 6 para Tierra Física, Tubo de 32 mm, un interruptor de 3p x 225 A.**

ELEVADORES (E - 3, 4)

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.**

Factor de potencia (fp) = 0.90 (para Motores), Caída de voltaje máxima 1%.

58.- MOTOR 13 (M - 14).

Carga conectada (P) = 30 HP = $30 \times 746 = 22380 \text{ W}$.

Distancia (L) = 98.5 m.

Se procede al calculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 84 A.

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 98 \times 84}{220 \times 5} = 43.42 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **84 A** Calibre No. 2 AWG.

Por caída de voltaje se tiene: **43.42 mm²** Calibre No. 1/0 AWG.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético

$$84 \times 2.5 = 210 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 225 A**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 1/0 = 287.98 mm², 1 Conductor de Calibre No. 6 = 49.26 mm²,
TOTAL: **337.24 mm²**, tubo de 32 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 1/0, 1 Conductor de calibre No. 6 para Tierra Física, Tubo de 32 mm, un interruptor de 3p x 225 A.**

59.- MOTOR 14 (M - 14).

Carga conectada (P) = 30 HP = 30 x 746 = 22380 W.

Distancia (L) = 98.5 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 84 A.

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 98.5 \times 84}{220 \times 5} = 43.42 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **84 A** Calibre No. 2 AWG.

Por caída de voltaje se tiene: **43.42 mm²** Calibre No. 1/0 AWG.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético

$$84 \times 2.5 = 210 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 225 A**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 1/0 = 287.98 mm², 1 Conductor de Calibre No. 6 = 49.26 mm²,
TOTAL: **337.24 mm²**, tubo de 32 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 1/0, 1 Conductor de calibre No. 6 para Tierra Física, Tubo de 32 mm, un interruptor de 3p x 225 A.**

TABLEROS DE CONTROLES DE ELEVADORES

DATOS GENERALES: 3F, 4H, 220/127 V.

Factor de potencia (fp) = 0.90, Caída de voltaje máxima 1%.**60.- ELEVADOR 1 (TCE - 1).**

Carga conectada (P) = 30 HP = 30 x 746 = 22380 W.

Distancia (L) = 107 m.

Se procede al calculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 84 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 107 \times 84}{220 \times 3} = 47.17 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **84 A** Calibre No. **2 AWG**.Por caída de voltaje se tiene: **43.42 mm²** Calibre No. **1/0 AWG**.

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

84 x 2.5 = 210 A.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 225 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 1/0 = 287.98 mm², 1 Conductor de Calibre No. 6 = 49.26 mm²,
TOTAL: **337.24 mm²**, tubo de **32 mm**.Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 1/0, 1 Conductor de calibre No. 6 para Tierra Física, Tubo de 32 mm, un interruptor de 3p x 225 A.****61.- ELEVADOR 2 (TCE - 2).**

Carga conectada (P) = 30 HP = 30 x 746 = 22380 W.

Distancia (L) = 107 m.

Corriente a Plena Carga (I) = 84 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 107 \times 84}{220 \times 3} = 47.17 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **84 A** Calibre No. **2 AWG**.Por caída de voltaje se tiene: **43.42 mm²** Calibre No. **1/0 AWG**.

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

84 x 2.5 = 210 A.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 225 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 1/0 = 287.98 mm², 1 Conductor de Calibre No. 6 = 49.26 mm²,
TOTAL: 337.24 mm², tubo de 32 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 1/0, 1 Conductor de calibre No. 6 para Tierra Física, Tubo de 32 mm, un interruptor de 3p x 225 A.**

62.- ELEVADOR 3 (TCE - 3).

Carga conectada (P) = 30 HP = 30 x 746 = 22380 W.

Distancia (L) = 107 m.

Se procede al calculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 84 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 107 \times 84}{220 \times 3} = 47.17 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **84 A** Calibre No. **2 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **43.42 mm²** Calibre No. **1/0 AWG.**

Se procede al calculo del interruptor termomagnético
 84 x 2.5 = 210 A.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 225 A.**

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 1/0 = 287.98 mm², 1 Conductor de Calibre No. 6 = 49.26 mm²,
TOTAL: 337.24 mm², tubo de 32 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 1/0, 1 Conductor de calibre No. 6 para Tierra Física, Tubo de 32 mm, un interruptor de 3p x 225 A.**

63.- ELEVADOR 4 (TCE - 4).

Carga conectada (P) = 30 HP = 30 x 746 = 22380 W.

Distancia (L) = 107 m.

Se procede al calculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 84 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 107 \times 84}{220 \times 3} = 47.17 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **84 A** Calibre No. **2 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **43.42 mm²** Calibre No. **1/0 AWG.**

Se procede al calculo del interruptor termomagnético
 84 x 2.5 = 210 A.

Seleccionamos un interruptor de **3p x 225 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 1/0 = 287.98 mm², 1 Conductor de Calibre No. 6 = 49.26 mm²,
TOTAL: **337.24 mm²**, tubo de 32 mm.

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 1/0, 1 Conductor de calibre No. 6 para Tierra Física, Tubo de 32 mm, un interruptor de 3p x 225 A.**

TABLERO HIDRONEUMATICO AGUA POTABLE (THAP).

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.**

Factor de potencia (fp) = 0.90, Caída de voltaje máxima 1%.

64.- Carga conectada (P) = 10 HP + 10 HP + 2 HP = 22 HP = 22 x 746 = 16412 W.

Distancia (L) = 15 m.

Se procede al calculo de la corriente:

$$I = 1.25 \times 29 + (29 + 7.1 + 7.1) = 73.45$$

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 1.5 \times 15 \times 73.45}{220 \times 1} = 17.34 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **73.45 A** Calibre No. **4 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **17.34 mm²** Calibre No. **4 AWG**.

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

$$73.45 \times 2.5 = 183.62 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 200 A**.

Se procede al calculo de tubo conduit de pared gruesa:

3 Calibre No. 4 = 196.83 mm², 1 Calibre No. 6 = 49.26 mm², TOTAL: **246.09 mm²**

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 4, 1 conductor del calibre No. 6 para Tierra Física, tubo de 32 mm, un interruptor de 3p x 200 A.**

TABLERO HIDRONEUMATICO AGUA TRATADA (THAT).

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.**

Factor de potencia (fp) = 0.90, Caída de voltaje máxima 1%.

65.- Carga conectada (P) = 15 HP + 15 HP + 2 HP = 32 HP = 32 x 746 = 23872 W.

Distancia (L) = 15 m.

Se procede al calculo de la corriente:

$$I = 1.25 \times 44 + (44 + 7.1) = 106.10 \text{ A.}$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 15 \times 106.10}{220 \times 1} = 25.05 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **106.10 A** Calibre No. **2 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **25.05 mm²** Calibre No. **4 AWG**.

NOTA: Por criterio se tomara un calibre mayor, para seguridad del equipo.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético

$$106.10 \times 2.5 = 265.25 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 300 A**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared gruesa:

$$3 \text{ Calibre No. 2} = 268.23 \text{ mm}^2, 1 \text{ Calibre No. 4} = 65.61 \text{ mm}^2, \text{ TOTAL: } \underline{333.84 \text{ mm}^2}$$

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 2, 1 conductor del calibre No. 4** para Tierra Física, tubo de **32 mm**, un interruptor de **3p x 300 A**.

TABLERO BOMBAS TRASVASE (TBT).

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.**

Factor de potencia (fp) = 0.90, Caída de voltaje máxima 1%.

66.- Carga conectada (P) = 7.5 + 7.5 = 15 = 15 x 746 = 11190 W.

Distancia (L) = 17 m.

Se procede al cálculo de la corriente:

$$I = 1.25 \times 23 + 23 = 51.75$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 17 \times 51.75}{220 \times 1} = 13.85 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **51.75 A** Calibre No. **6 AWG**.

Por caída de voltaje se tiene: **13.85 mm²** Calibre No. **4 AWG**.

NOTA: Por criterio se tomara un calibre mayor, para seguridad del equipo.

Se procede al cálculo del interruptor termomagnético

$$13.85 \times 2.5 = 34.63 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor de **3p x 70 A**.

Se procede al cálculo de tubo conduit de pared gruesa:

$$3 \text{ Calibre No. 4} = 196.83 \text{ mm}^2, 1 \text{ Calibre No. 6} = 49.26 \text{ mm}^2, \text{ TOTAL: } \underline{246.09 \text{ mm}^2}$$

Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 4, 1 conductor del calibre No. 6** para Tierra Física, tubo de **32 mm**, un interruptor de **3p x 70 A**.

TABLERO BOMBA CONTRA INCENDIO (TCI).DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V.****Factor de potencia (fp) = 0.90, Caída de voltaje máxima 1%.****67.- Carga conectada (P) = 15 HP = 15 x 746 = 11190 W.**

Distancia (L) = 15 m.

Se procede al calculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 44 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 15 \times 44}{220 \times 3} = 3.46 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **44 A.** Calibre No. **8 AWG.**Por caída de voltaje se tiene: **3.46 mm²** Calibre No. **12 AWG.**

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

44 x 2.5 = 110 A.Seleccionamos un interruptor de **3p x 125 A.**

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

3 Conductores de Calibre No. 8 = 89.10 mm², 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm²,**TOTAL: 101.42 mm², tubo de 19 mm.**Por lo tanto: **3 conductores del calibre No. 8, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra****Física, Tubo de 19 mm, un interruptor de 3p x 125 A.****TABLERO AM-1**DATOS GENERALES: **1F, 2H, 220/127 V.****Factor de potencia (fp) = 0.90, Caída de voltaje máxima 1%.****68.- Carga conectada (P) = 1 HP = 1 x 746 = 746 W.**

Distancia (L) = 20 m.

Se procede al calculo de la corriente:

Corriente a Plena Carga (I) = 14 A.

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 1 \times 20 \times 14}{220 \times 3} = 8.81 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **14 A** Calibre No. **14 AWG.**Por caída de voltaje se tiene: **8.81 mm²** Calibre No. **8 AWG.**

Se procede al calculo del interruptor termomagnético

$14 \times 2.5 = 35 \text{ A.}$

Seleccionamos un interruptor de **1p x 40 A.**

Se procede al calculo de tubo conduit de pared delgada:

2 Conductores de Calibre No. 8 = 54.40 mm^2 , 1 Conductor de Calibre No. 12 = 12.32 mm^2 ,
TOTAL: **67.72 mm^2** , tubo de 13 mm.

Por lo tanto: **2 conductores del calibre No. 8, 1 Conductor de calibre No. 12 para Tierra Física, Tubo de 13 mm, un Interruptor de 1p x 40 A.**

TABLERO ALUMBRADO NORMAL (TAN).

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V. Factor de potencia (fp) = 0.90**

Factor de demanda (fd) = 0.8 (Para motores), 1 (Para alumbrado), Caída de voltaje máxima 1%.

69.- Carga conectada (P) :

Tablero	W.	A.	f.d.	A x f.d.
AM-1	746	14	0.8	$14 \times 0.8 = 11.20 \text{ A.}$
A	4500	19.69	1	$19.69 \times 1 = 19.69 \text{ A.}$
B	2800	12.25	1	$12.25 \times 1 = 12.25 \text{ A.}$
C	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
D	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
E	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
F	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
G	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
H	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
I	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
J	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
K	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
L	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
M	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
N	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
O	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$
P	1300	11.37	1	$11.37 \times 1 = 11.37 \text{ A.}$

Tablero	W.	A.	f.d.	A x f.d.
Q	1300	11.37	1	11.37 x 1 = 11.37 A.
R	1300	11.37	1	11.37 x 1 = 11.37 A.
S	1000	8.75	1	8.75 x 1 = 8.75 A.
T	950	8.31	1	8.31 x 1 = 8.31 A.
Carga Total	30796 W.			242.12 A.
Carga Demandada				30796 W x 0.8 = 24636.8 W.

Distancia (L) = 11 m.

Se procede al calculo de la corriente:

$$I = \frac{24636.8}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.90} = 71.84 \text{ A.} + 10\% = 79.02 \text{ A.}$$

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times 11 \times 79.02}{220} = 13.86 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **79.02 A** Calibre No. **6 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **13.88 mm²** Calibre No. **4 AWG.**

Seleccionamos un interruptor de **3p x 100 A.**

4 Calibre No. 4 = 262.44 mm², 1 Calibre No. 10 = 16.40 mm², TOTAL: **278.84 mm²**

Por lo tanto: **4 conductores del calibre No. 4**, **1 conductor del calibre No. 10 para Tierra Física, CHAROLA**, **1 interruptor de 3p x 100 A.**

TABLERO ALUMBRADO DE EMERGENCIA (TAE).

DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V. Factor de potencia (fp) = 0.90**

Factor de demanda (fd) = 0.8 (Para motores), 1 (Para alumbrado), Caída de voltaje máxima 1%.

70.- Carga conectada (P):

Tablero	W.	A.	f.d.	A x f.d.
CMA	5800	25.37	1	25.37 x 1 = 25.37 A.
V	4200	12.25	1	12.25 x 1 = 12.25 A.
AE	3500	15.31	1	15.31 x 1 = 15.31 A.
BE	1250	10.94	1	10.94 x 1 = 10.94 A.
CE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
DE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.

Tablero	W.	A.	f.d.	A x f.d.
EE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
FE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
GE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.22 A.
HE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
IE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
JE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
KE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
LE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
ME	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
NE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
OE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.22 A.
PE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
QE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
RE	600	2.25	1	2.25 x 1 = 2.25 A.
SE	550	4.81	1	4.81 x 1 = 4.81 A.
TE	400	3.50	1	3.50 x 1 = 3.50 A.
TC1-2	500	4.37	1	4.37 x 1 = 4.37 A.
Carga Total				112.55 A.

25800 W.

Carga Demandada 25800 W x 0.8 = 20640 W

Distancia (L) = 9 m.

Se procede al calculo de la corriente:

$$I = \frac{20640}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.90} = 60.18 \text{ A.} + 10\% = 66.19 \text{ A.}$$

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times 9 \times 66.19}{220} = 9.38 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **66.19 A** Calibre No. **6 AWG.**

Por caída de voltaje se tiene: **9.38 mm²** Calibre No. **4 AWG.**

Seleccionamos un interruptor de **3p x 100 A.**

4 Calibre No. **4 = 262.44 mm²**, **1** Calibre No. **10 = 16.40 mm²**, **TOTAL: 278.84 mm²**

Por lo tanto: **4 conductores del calibre No. 4 , 1 conductor del calibre No. 10 para Tierra Física, CHAROLA, 1 interruptor de 3p x 100 A.**

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TDE).

DATOS GENERALES: 3F, 4H, 220/127 V. Factor de potencia (fp) = 0.85

Factor de demanda (fd) = 0.8 (Para motores), 1 (Para alumbrado), Caída de voltaje máxima 1%.

71.- Carga conectada (P):

Tablero	W.	A.	f.d.	A x f.d.
TCE - 1	22380	84	0.8	84 x 0.8 = 67.20 A.
TCE - 2	22380	84	0.8	84 x 0.8 = 67.20 A.
TCE - 3	22380	84	0.8	84 x 0.8 = 67.20 A.
TCE - 4	22380	84	0.8	84 x 0.8 = 67.20 A.
THAP	16412	73.45	0.8	73.45 x 0.8 = 58.76 A.
TAE	20640	66.19	1	66.19 x 1 = 66.19 A.
Carga Total	126,252 W.			359.68 A.
Carga Demandada				126,252 W x 0.8 = 101,001.6 W

Distancia (l) = 7 m.

Se procede al calculo de la corriente:

$$I = \frac{101,001.6}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.90} = 291.59 \text{ A.} + 10\% = 320.75 \text{ A.}$$

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 3 \times 7 \times 320.75}{220} = 35.35 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **320.75 A Calibre No. 400 M.C.M.**

Por caída de voltaje se tiene: **35.35 mm² Calibre No. 2 AWG.**

Seleccionamos un interruptor de **3p x 350 A.**

4 Calibre No. 400 M.C.M = 1720.20 mm², 1 Calibre No. 4 = 65.61 mm²,

TOTAL: 1785.81 mm²

Por lo tanto: **4 conductores del calibre No. 400 M.C.M, 1 conductor del calibre No. 4 para Tierra Física, CHAROLA, 1 interruptor de 3p x 350 A.**

TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION (TGD).DATOS GENERALES: **3F, 4H, 220/127 V. Factor de potencia (fp) = 0.85****Factor de demanda (fd) = 0.8 (Para motores), 1 (Para alumbrado), Caída de voltaje máxima 1%.**

73- Carga conectada (P):

Tablero	W.	A.	f.d.	A x f.d.
THAT	23,872	106.10	0.8	69.31 x 0.8 = 55.45 A.
TBT	11,190	51.75	0.8	32.63 x 0.8 = 2610 A.
TCI	11,190	44	0.8	32.63 x 0.8 = 2610 A.
TAN	24636.8	79.02	0.8	230.92 x 0.8 = 184.74 A.
TDE	101,001.6	320.75	0.8	359.68 x 0.8 = 279.74 A.
Carga Total	171,890.2 W.			57213 A.
Carga Demandada				171,890.2 W x 0.8 = 137,512.16 W.

Distancia (L) = 32 m.

Se procede al calculo de la corriente:

$$I = \frac{137,512.16}{3 \times 220 \times 0.85} = 400.97 \text{ A.} + 10\% = 441.07 \text{ A.}$$

Se procede al calculo de la sección del conductor, tomando en cuenta la caída de tensión.

$$S = \frac{2 \times 5 \times 7 \times 320.75}{220} = 48.61 \text{ mm}^2$$

Por capacidad de corriente se tiene: **441.07 A** Calibre No. **500 M.C.M.**Por caída de voltaje se tiene: **48.61 mm²** Calibre No. **1/0 AWG.**Seleccionamos un interruptor de **3p x 350 A.****4** Calibre No. **400 M.C.M = 1720.20 mm²**, **1** Calibre No. **4 = 65.61 mm²**,**TOTAL: 1785.81 mm²**Por lo tanto: **4 conductores del calibre No. 400 M.C.M, 1 conductor del calibre No. 4 para Tierra Física, CHAROLA, 1 interruptor de 3p x 350 A.**

2.7 CALCULO DE DESBALANCEO DE FASES.

TABLERO: TAN				3 FASES; 4 HILOS, 220 / 127 V.C.A., 60 Hz.				
LOCALIZACION: SOTANO				SERVICIO: NORMAL				
CIRCUITO NUMERO	INTERRUPTOR		CONCEPTO	TOTAL WATTS	FASES			CONEXIONES
	POLOS	AMPB			A	B	C	
TAN 1	2	30	TABLERO A	4500		2700	1800	
TAN 2	2	20	TABLERO B	2800	1680		1120	
TAN 3	3	15	TABLEROS C, D, E	3900	1300	1300	1300	
TAN 4	3	15	TABLEROS F, G, H	3900	1300	1300	1300	
TAN 5	3	15	TABLEROS I, J, K	3900	1300	1300	1300	
TAN 6	3	15	TABLEROS L, M, N	3900	1300	1300	1300	
TAN 7	3	15	TABLEROS O, P, Q	3900	1300	1300	1300	
TAN 8	3	15	TABLEROS R, S, T	3250	1300	950	1000	
TAN 9	1	30	M - 8	746	746			
TAN 10								
TAN 11								
TAN 12								
TAN 13								
CARGA TOTAL INSTALADA				30796	10226	10150	10420	
DESBALANCE = $\frac{10420 - 10150}{10420} \times 100 = 2.59\%$								

Nota: El desbalance entre fases producido por las cargas no debe exceder del 5%.

TABLERO: TAE				3 FASES; 4 HILOS, 220 / 127 V.C.A., 60 Hz.				
LOCALIZACION: SOTANO				SERVICIO: EMERGENCIA				
CIRCUITO NUMERO	INTERRUPTOR		CONCEPTO	TOTAL WATTS	FASES			CONEXIONES
	POLOS	AMPS			A	B	C	
TAE 1	2	40	CMA	5800		2320	3480	
TAE 2	3	20	TABLERO V	4200	1400	1400	1400	
TAE 3	2	20	TABLERO AE	3500	2100	1400		
TAE 4	3	15	TABLERO BE	1250	1250			
TAE 5	3	15	TABLEROS CE-EE	1800	600	600	600	
TAE 6	3	15	TABLEROS FE-HE	1800	600	600	600	
TAE 7	3	15	TABLEROS IE-KE	1800	600	600	600	
TAE 8	3	15	TABLEROS LE-NE	1800	600	600	600	
TAE 9	3	15	TABLEROS OE-QE	1800	600	600	600	
TAE 10	3	15	TABLEROS RE-TE	1550	600	550	400	
TAE 11	1	15	TCL - 2	500			500	
TAE 12								
TAE 13								
CARGA TOTAL INSTALADA				35800	8350	8670	8780	
$\text{DESBALANCE} = \frac{8780 - 8350}{8780} \times 100 = 4.55\%$								

TABLERO: TDE			3 FASES; 4 HILOS, 220 / 127 V.C.A., 60 Hz.					
LOCALIZACION: BOTANO			SERVICIO: EMERGENCIA					
CIRCUITO	INTERRUPTOR		CONCEPTO	TOTAL WATTS	FASES			CONEXIONES
NUMERO	POLOS	AMPS			A	B	C	
TDE 1	3	150	TCE - 1	22380	7460	7460	7460	
TDE 2	3	150	TCE - 2	22380	7460	7460	7460	
TDE 3	3	150	TCE - 3	22380	7460	7460	7460	
TDE 4	3	150	TCE - 4	22380	7460	7460	7460	
TDE 5	3	100	THAP	16412	5470	5470	5470	
TDE 6	3	150	TAE	25800	8350	8670	8780	
CARGA TOTAL INSTALADA				131730	43660	43980	44090	
$\text{DESBALANCE} = \frac{44090 - 43660}{44090} \times 100 = 0.97\%$								

TABLERO: TGD			3 FASES; 4 HILOS, 220 / 127 V.C.A., 60 Hz.					
LOCALIZACION: BOTANO			SERVICIO: EMERGENCIA					
CIRCUITO	INTERRUPTOR		CONCEPTO	TOTAL WATTS	FASES			CONEXIONES
NUMERO	POLOS	AMPS			A	B	C	
TGD 1	3	100	THAT	23872	7957	7957	7957	
TGD 2	3	70	TBT	11190	3730	3730	3730	
TGD 3	3	70	TBT	11190	3730	3730	3730	
TGD 4	3	150	TAN	30796	10226	10150	10420	
TGD 5	3	500	TDE	131730	43660	43980	44090	
CARGA TOTAL INSTALADA				208778	69304	69547	69927	
$\text{DESBALANCE} = \frac{69927 - 69303}{69927} \times 100 = 0.89\%$								

CAPITULO 3

SELECCION DE LA SUBESTACION ELECTRICA



*"La diferencia entre la persona exitosa
y el resto de la gente no es la falta de
conocimientos, ni la falta de experiencias,
si no la falta de la voluntad".*

A. R. Wilde.

CAPITULO 3

SELECCION DE LA SUBESTACION ELECTRICA.

3.1 INTRODUCCION.

Se da el nombre de subestación eléctrica al conjunto de elementos que sirven para alimentar el servicio eléctrico de alta tensión, a un focal con una demanda grande de energía para obtener luz, fuerza, calefacción y otros servicios.

Las subestaciones eléctricas, no obstante su elevado costo, son convenientes al usuario, debido a que las cuotas de consumo, medidas en alta tensión, son mucho más económicas que cuando los servicios son suministrados por la empresa en baja tensión, por lo cual, el gasto inicial se compensa en poco tiempo, quedando un ahorro permanente al propietario.

Actualmente, las subestaciones de tipo abierto para interiores han pasado a la historia, los materiales modernos que hemos visto, permiten la construcción de subestaciones unitarias o también, llamadas compactas o interiores, dentro de las cuales se disponen los aparatos y accesorios, que señalan las normas del reglamento de obras e instalaciones eléctricas.

3.2 ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION ELECTRICA INTERIOR.

Las subestaciones unitarias o interiores constan de un gabinete de medidas normalizadas, fabricado de lámina rolada en frío, protegido por pintura anticorrosiva en capa gruesa y tres manos de pintura automotiva con el color que cada fabricante usa en este producto, provisto de las siguientes secciones para alojar lo siguiente:

- Sección A.** Destinada al equipo de medición de la empresa que suministra el servicio, el cual es alojado junto con las líneas alimentadoras.
- Sección B.** En esta sección se alojan las cuchillas de prueba, que servirán para que la Secretaría de Economía Nacional por conducto de su Departamento de Normas, en casos necesarios verifique pruebas sin necesidad de desconectar el servicio, consistiendo en nueve cuchillas divididas en tres grupos que se maniobran independientemente.
- Sección C.** Es para alojar el interruptor, seccionador y apartarrayos autovalvulares, conteniendo a la vez, una celda de acoplamiento para el o los transformadores, cuyos secundarios llevan una caja llamada garganta, que sirve para acoplarse a los gabinetes de baja tensión.
- Sección D.** Transformador de distribución o de potencia que en algunos casos pueden ser varios según los requiera la demanda eléctrica.
- Sección E.** Es, según vemos en el croquis de la Fig. 3.1 la celda para acoplar los gabinetes de baja tensión.

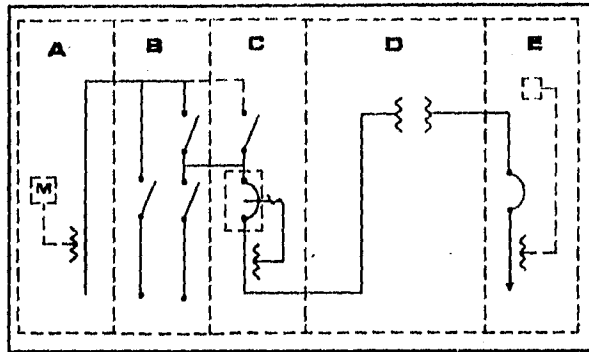
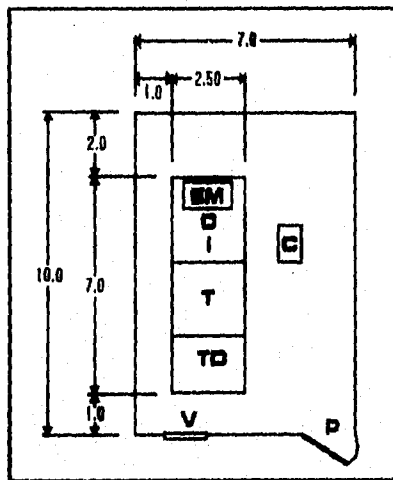


Fig. 3.1 Diagrama unifilar de una subestación interior.

Para elaborar el proyecto de la instalación de la subestación eléctrica interior, se requiere primero saber el voltaje de entrada ó acometida de llegada, en este caso es de 23000 Volts o 23 KV.

En la figura 3.2 nos muestra las dimensiones mínimas del local, así como las disposición del equipo, puerta y ventanas para la ventilación, las cuales como se ve, van colocadas una abajo y otra en la parte superior, para desalojar el calor del transformador.



- EM: EQUIPO DE MEDICION
- O: CUCHILLAS DESCONECTORAS
- I: INTERRUPTOR DE ALTA TENSION
- T: TRANSFORMADOR
- TD: TABLERO DE DISTRIBUCION
- C: COLADERA
- V: VENTILA (PEGADA AL TECHO)
- P: PUERTA

ACOTACION EN METROS

Fig. 3.2 Diagrama de la subestación eléctrica.

3.3 CALCULO DE LA SUBESTACION ELECTRICA.

DATOS:

- Voltaje de suministrado 23 KV.
- Factor de Potencia 0.9
- Carga Total 208780 W ó 208.780 KW.
- Carga Demandada $208.780 \text{ KW} \times 0.8 = 167.024 \text{ KW}$.
- $\text{KVA} = \frac{167.024}{0.9} = 185.58 \text{ KVA} \approx 225 \text{ KVA}$ (Por ser Comercial).

De los datos anteriormente obtenidos, se tendrá los componentes de la subestación eléctrica interior.

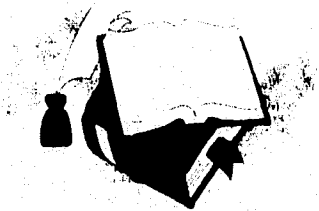
CARACTERISTICAS ELECTRICAS PRINCIPALES DE LA SUBESTACION.

1. Transformador de Potencia General Electric Clase 23 KV.
 - 225 KVA.
 - Voltaje en el primario 23 KV.
 - Voltaje en el secundario 220 / 127 V.
 - Conexión Delta-Estrella.
 - Frecuencia 60 Hz.
 - Tipo de Enfriamiento: Autoenfriamiento - OA
 - Normas de Fabricación : NOM - 16
 - Reactancia 4.8 %
2. Celda para acometida y equipo de medición propiedad de C.F.E. conteniendo: un juego de barras principales, aisladores para 23 KV, 440 A, y una barra de tierras.
3. Celda de cuchillas de servicio conteniendo: una cuchilla marca HELMEX, 400 A, 23 KV, 3 polos un tiro operación sin carga.
4. Celda para interruptor con apartarrrayos conteniendo: un interruptor en aire marca HELMEX, 3 polos un tiro 23 KV , 440 A, operación manual, montaje fijo, provisto de tres fusibles limitadores de corriente, equipados con un dispositivo para disparo cuando alguno de los fusibles opera en cortocircuito.
5. Celda de acoplamiento para unir mecánica y eléctricamente el transformador al gabinete del interruptor.
6. Tablero general de baja tensión para operar en 220 / 127 V, 3 fases, 60 Hz, servicio normal.

En el apéndice D, se muestra una subestación compacta normalizada para 23 KV marca SIEMENS.

CAPITULO 4

SISTEMA DE TIERRAS



"El precio de la grandeza es la responsabilidad".

Winston Churchill.

SISTEMA DE TIERRAS

4.1 INTRODUCCION.

Durante la construcción de las instalaciones eléctricas o en el empleo de máquinas o aparatos que van a prestar algún tipo específico de servicio eléctrico, es una norma fundamental de seguridad que todas las partes metálicas que se encuentran accesibles al contacto con las personas, se deban de mantener siempre a un potencial bajo para que el caso de un accidente no resulte de peligro.

Este peligro puede reducirse y eventualmente eliminarse estableciendo una conexión a tierra con las partes metálicas que se encuentran accesibles al contacto. Para lograr lo anterior, se requiere de un diseño adecuado de las redes de tierra.

4.2 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE TIERRA EN UNA SUBESTACION.

En fechas recientes, se ha preferido conectar los sistemas eléctricos sólidamente conectados a tierra, el propósito que se persigue el diseño meticoloso de una red de tierras para una subestación eléctrica es :

- Protección del personal operativo que labora en el recinto.
- Protección de los equipos e instalaciones contra las tensiones peligrosas.
- Asegurar la actuación de las protecciones eléctricas.
- Dar mayor confiabilidad y continuidad en el servicio eléctrico.

En relación al contenido sobre este tema, las Norma Técnicas Para Instalaciones Eléctricas (NTIE) , indica que el objetivo de la red de tierras es: *"El de dispersar en el terreno (suelo o subsuelo), las corrientes eléctricas nocivas y reducir las a un potencial que tienda al valor cero, con lo cual se disminuyen o se evitan daños al personal o al equipo"*.

El contacto accidental de un cuerpo metálico no conectado a tierra y un circuito eléctrico (energizado), eleva el potencial de dicho cuerpo al mismo potencial que tiene el circuito con respecto a tierra, condición de peligro para un operario si hace contacto accidental con este cuerpo. Al efectuar la conexión a tierra se evita la elevación de potencial del cuerpo, de tal manera que si es tocado accidentalmente por un conductor energizado o el sistema en condiciones anormales de operación, la diferencia de potencial que se desarrolla momentáneamente no es lo suficientemente alta como para

representar un peligro para el personal operativo, en la presente tabla los valores y efectos de un choque eléctrico.

Hasta 0.0007 A. = 0.7 mA.	No perceptible para la mujer
Hasta 0.001 A. = 1 mA.	No perceptible para el hombre
De 2 a 3 mA.	Umbral de percepción con sensación de hormigueo
De 4 a 10 mA.	Contracción muscular
De 10.5 mA.	Inmovilización en la mujer
De 26 mA.	Inmovilización en el hombre
Hasta 50 mA.	Parálisis muscular (efecto de quedarse pegado), dolor, dificultad respiratoria (calambre que puede provocar la muerte por asfixia).
De 51 a 200 mA.	Corriente extremadamente PELIGROSA , en función del tiempo de contacto, produciendo fibrilación cardíaca causando la MUERTE .
ELECTROCUCION	
Para 116 mA.	Paro respiratorio producción de quemaduras de 2 ^{do} y 3 ^{er} grado y riesgo de parálisis de centros nerviosos.
De 201 mA en adelante.	MUERTE con tiempo de 1 segundo.

Tabla 4.1 Valores y efectos de choque eléctrico.

4.3 DIFERENCIA ENTRE UN HILO NEUTRO Y UN HILO DE TIERRA.

En el estudio de las redes de tierra, es importante considerar la diferencia que existe entre el hilo neutro y el hilo de tierra en los sistemas eléctricos.

El hilo neutro se forma de la unión de los conductores de fase de un instalación eléctrica conectada en estrella (ver Fig. 4.2 A), su principal función es la de proporcionar la dualidad de tensiones en estas instalaciones; por lo que en condiciones normales de operación se presenta circulación de corriente (llamada corriente de retorno). Al conductor neutro se le considera con potencial nulo con respecto a los conductores de fase (si el sistema está balanceado), pero esta condición es difícil de mantener en la práctica. En un sistema desbalanceado, el hilo neutro debe soportar la corriente de desbalanceo, que es igual a la corriente que circula por la fase más cargada (ver Fig. 4.2 C).

Por el contrario, el hilo de tierra es aquél que se conecta al blindaje de los equipos eléctricos, y este a su vez con la red de tierras que se encuentra en contacto directo con el suelo o subsuelo.

El objetivo de el hilo de tierra es el de proporcionar un camino de baja impedancia para conducir las corrientes nocivas que se presentan en un sistema eléctrico y así evitar la diferencia de potenciales peligrosos que se presentan en el momento de la falla.

Se puede presentar, en algunas ocasiones, una diferencia de potencial entre el hilo neutro y el hilo de tierra, para evitar esto, debe conectarse a tierra el hilo neutro, reduciendo con esto las resistencias con valores tendientes a cero. Además, un hilo neutro aterrizado tiene la función de fijar el centro del sistema eléctrico conectado en estrella para ayudar, en cierto modo, a su balanceo (ver Fig. 4.2 B).

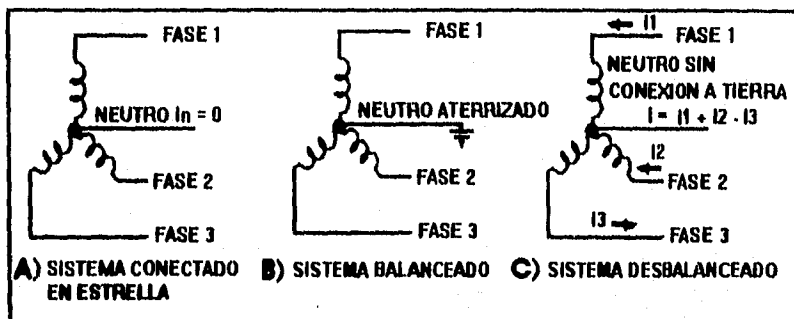


Fig. 4.2 Sistemas eléctricos.

4.4 DEFINICIONES.

La conducción de altas corrientes a tierra en las instalaciones eléctricas debidas a disturbios atmosféricos o a fallas en el equipo, producen gradientes eléctricos elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra. Lo anterior es debido a la gran resistividad eléctrica de la tierra, ya que todas las corrientes que fluyen por ella producen una caída de tensión considerable, desarrollando fuertes intensidades de campo eléctrico que afectan a extensas regiones de la superficie terrestre donde se encuentra la instalación eléctrica.

El diseño de la red de tierras consiste, de acuerdo a lo anterior, en calcular un conjunto de elementos dispersores convenientemente conectados de tal forma que se tenga un valor a tierra resultante:

$$R_T \leq \frac{V_T}{C_F} \Omega$$

Donde:

R_T = Resistencia de dispersión a tierra.

V_T = Máxima tensión admisible.

C_F = Máxima corriente de falla.

El valor de R_T debe tener un valor tal que limite la máxima caída de tensión que pueda aparecer entre una estructura y el suelo, dentro de los límites de seguridad que se establezcan.

Es necesario entonces, tener en cuenta los diversos casos que pueden presentarse al hacer contacto con superficies en diferente potencial. Las diferencias de potencial tolerable se determinan para *tensión de "paso", de "contacto", y de "transferencia"*.

4.4.1 TENSION DE PASO.

Es la tensión que resulta entre los pies de una persona apoyada en el suelo, a distancia de un metro cuando se encamina hacia el lugar donde se encuentre la toma de tierra. En otras palabras, es la diferencia de potencial existente entre dos puntos distanciados a un metro sobre la superficie de la tierra en el momento de ocurrir la falla.

4.4.2 TENSION DE CONTACTO.

Es la tensión que durante un defecto puede resultar aplicada entre la mano y el pie de una persona, que toque con ella la masa o el elemento metálico normalmente sin tensión.

En este caso el problema es algo más complicado, si el objeto tocado estuviera conectado a tierra inmediatamente abajo sin ninguna resistencia, la diferencia de tensión máxima que se interceptaría sería aquella correspondiente a una distancia sobre el suelo igual al alcance normal, nuevamente aproximadamente igual a 1 metro. Desafortunadamente, los objetos tocados pueden estar conectados a tierra en puntos remotos.

4.4.3 TENSION DE TRANSFERENCIA.

Es el contacto que hace una persona con el conductor que está a tierra en un punto lejano de la subestación. La tensión del choque eléctrico puede ser esencialmente igual a la elevación total del potencial de la malla de tierra en condiciones de falla, y no la fracción correspondiente a un paso o un contacto con la mano a la distancia de un metro.

El procedimiento que se aplica para limitar el peligro de potenciales transferidos consiste en instalar juntas aislantes en las estructuras enterradas o superficiales cercanas a la subestación eléctrica.

4.4.4 TENSIONES DE SEGURIDAD.

De los puntos anteriores, se recomienda que en ningún punto de una instalación eléctrica se presenten tensiones de paso o de contacto superiores a los siguientes valores:

60 Volts, Cuando no se prevé la alimentación rápida de una falla de línea a tierra.

125 Volts, Cuando la falla se elimine en un período de un segundo.

Si se desprecia la resistencia del pie a tierra, para tiempos de 1.2 segundos, puede aceptarse una tensión de 150 volts como límite.

Tensiones tan bajas para gradientes de potencial alto, bajo condiciones de falla, son muy difíciles de lograr en algunas condiciones. En estos casos, debe de considerarse la resistencia del pie hacia la tierra (aumentándola en lo posible), y tiempos muy cortos para la eliminación de las fallas, con el objeto de alcanzar los límites de seguridad costos razonables.

4.4.5 EL CONCEPTO DE RESISTENCIA TIERRA.

Eléctricamente, el globo terráqueo es considerado con potencial cero. No obstante el material que la compone puede tener una resistividad eléctrica muy alta, así que conseguir una toma de tierra adecuada, debe hacerse un estudio para tener la certeza de que la resistencia esta dentro de límites adecuados (permitidos).

La resistencia a tierra es la que existe entre el electrodo de la toma de tierra que se desea considerar y otro electrodo lejano de resistencia cero. Por lejano se entiende que está a una distancia tal que la resistencia mutua de los electrodos considerados (cambio de voltaje producido en un electrodo por la circulación de un ampere de corriente directa en el otro) es esencialmente cero.

El significado de la resistencia a tierra puede entenderse si se analiza el flujo de corriente que circula por una varilla o barra enterrada (verticalmente) y cómo se dispersa por la tierra que la rodea. La parte del suelo que esta directamente en contacto con la varilla o barra tiene un papel muy importante en el camino de este flujo de corriente.

Considérese un tubo de un centímetro de espesor del material que rodea la varilla y divídase en secciones que tengan una altura y una longitud media de arco igual a un centímetro, tal y como se muestra en la figura 4.3

Si se pudiera medir la resistencia entre la superficie interior y exterior (suponiéndolas equipotenciales) de un elemento de esas dimensiones, se obtendría la definición de resistencia volumétrica unitaria: ohms por centímetro cúbico.

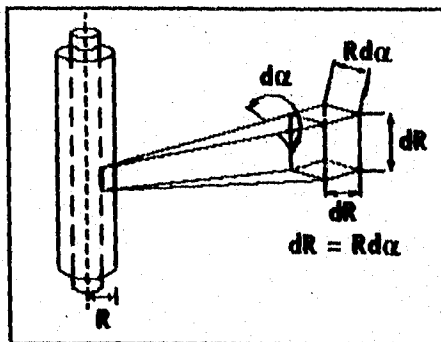


Fig. 4.3 Tubo de espesor elemental (un centímetro) que rodean la barra de tierra y detalle de una sección.

El volumen elemental se considera de material homogéneo y el flujo de corriente se considera uniforme. La resistencia total de este tubo que rodea la varilla pueda calcularse sumando en paralelo las resistencias de todos los elementos de un centímetro cúbico que lo componen.

El siguiente paso es hacer la misma operación para un segundo tubo de un centímetro de espesor que rodee al primero. Ahora la resistencia de los dos tubos es la suma de las obtenidas para cada uno de ellos. Se procede de igual manera para un tercer tubo del mismo espesor y así sucesivamente hasta el enésimo y se suman todas las resistencias. Entre más lejanos están los tubos de la varilla, el número de elementos unitarios de volumen será mayor y la suma total de sus resistencias en paralelo será menor. Así se puede desprestigiar la resistencia de los tubos que estén muy alejados de la varilla o barras de tierra.

La resistencia a tierra de un sitio puede variar dentro de un rango muy amplio, ya que depende del tipo de material que tenga el suelo de su contenido de humedad y de la temperatura. Para instalaciones importantes se recomienda medir la resistividad de la tierra del lugar de la instalación para diseñar las tomas de tierra.

4.5 FUNCIONALIDAD

Con respecto a su funcionalidad, los sistemas de tierra se clasifican como sigue:

A) Sistemas de Tierra de Protección.

Tienen la misión de limitar el valor de la tensión contra tierra de aquellas partes del sistema eléctrico que no deben ser mantenidas ni en tensión ni aisladas y con las cuales se puede poner en contacto el personal (por ejemplo: carcasa de una máquina eléctrica, herrajes o fierros de sostén de los aisladores, secundario de los transformadores de medida, sostenes de la línea eléctrica, etc.).

B) Sistemas de Tierra de Funcionamiento.

Sirven para poner a tierra, por necesidad de funcionamiento, determinados puntos del circuito eléctrico (neutro de generadores y transformadores, aparatos para la conexión de la tensión contra tierra, apartarrayos, etc.).

C) Sistemas de Tierra de Trabajo.

Son sistemas de tierra de protección con carácter provisional, efectuados para poner a tierra parte de una instalación eléctrica, normalmente en tensión, a los cuales se debe llegar para efectuar un trabajo o reparación.

4.6 EL TERRENO.

Dentro del contexto de las redes de tierra; al terreno se le considera desde el punto de vista eléctrico, como elemento encargado de disipar la corriente de defecto o las descargas de origen atmosférico.

El comportamiento de este fenómeno viene asociado con el término "RESISTIVIDAD", que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece el material al ser atravesado por la corriente eléctrica. Es sabido que los cuerpos con una resistividad muy baja, dejan circular con cierta facilidad el flujo de la corriente eléctrica; por el contrario, en los cuerpos con resistividad muy alta se oponen al flujo de la corriente eléctrica.

En el terreno, la resistividad depende de las características propias, de acuerdo a su composición física y química, se mide en ohmios por metro. Su expresión matemática y sus unidades se muestran a continuación:

$$\rho = \frac{RA}{l} \qquad \Omega \frac{m^2}{m} = \Omega \cdot m$$

4.6.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

Como el terreno no suele ser uniforme en cuanto a su composición, tendrá una "RESISTIVIDAD APARENTE", que promedia los efectos de las diferentes capas que lo componen. El valor de esta resistividad aparente no es constante en el tiempo, pues se ve afectado por varios factores, siendo los principales:

4.6.1.1 NATURALEZA DEL TERRENO.

El terreno, como se ha visto, debido a su composición no puede considerársele homogéneo desde el punto de vista de la resistividad eléctrica; se requiere conocer sus características naturales, y para obtenerlas deberán de hacerse mediciones con métodos y aparatos aceptados para estos fines. Lo anterior nos permite juzgar la homogeneidad y condiciones del terreno.

De acuerdo con las mediciones hechas por el Departamento de Estándares de los Estados Unidos de Norteamérica, la resistividad del terreno varía de algunas unidades hasta los 3000 ohms-metro.

4.6.1.2 HUMEDAD.

El estado higrométrico del terreno influye de forma apreciable sobre la resistividad del mismo. Con el incremento de la humedad en el terreno, se abate en forma efectiva la resistividad eléctrica; por el contrario, si se carece de humedad (suelo seco), tendremos una resistividad muy alta.

La humedad contenida en el terreno es variable, sin embargo se puede decir que el porcentaje promedio de humedad es de aproximadamente 10 % en época de sequía y, alrededor de un 35 % en tiempo de lluvias.

La humedad facilita la disociación de las sales contenidas en el terreno en iones positivos y negativos; que son los encargados de transportar la corriente eléctrica a través del terreno. Al haber más humedad, hay más posibilidad de disociación y una mayor movilidad de estos elementos dentro del terreno.

4.6.1.3 TEMPERATURA.

La resistividad de un terreno también se ve influenciada por la temperatura, la resistividad se ve afectada considerablemente por las bajas temperaturas. La resistividad crece lentamente a medida que la temperatura disminuye hasta llegar al punto de congelación del agua (0° C). Por debajo de esta temperatura, el agua que contiene el terreno pasa al punto de congelación y la resistividad crece rápidamente.

En este tipo de casos, la red del sistema de tierra debe instalarse por encima del nivel de congelación para obtener un valor aceptable de resistencia.

De lo anterior, se concluye que el contenido de humedad es más importante que la temperatura sobre la resistividad; siempre y cuando la temperatura este por encima del punto de congelación del agua.

4.6.1.4 SALINIDAD.

La cantidad de sales minerales contenidas en el terreno es de gran importancia, pues la humedad al combinarse con la salinidad del suelo produce electrolitos que ayudan a disipar las corrientes eléctricas a través del terreno. Un terreno húmedo que no contenga sales minerales, tiene una alta resistividad; por lo que es poco recomendable para la instalación de una red de tierras.

La manera de instalar la red de tierras en este tipo de terreno es abatir en forma artificial la resistividad eléctrica del mismo, agregando sales disueltas en agua y vertidas en el terreno. Los efectos de este tipo de métodos no son permanentes en el tiempo.

4.6.1.5 VARIACIONES ESTACIONALES.

Los factores antes descritos (humedad, temperatura, salinidad, etc.) se ven afectados a lo largo del año debido a las variaciones estacionales y climatológicas. Estas variaciones estacionales afectan principalmente a las capas superficiales del terreno, por lo que se debe tomar en cuenta una revisión periódica de la red de tierra en la época del año más desfavorable; con el fin de asegurar una baja resistencia del terreno y el funcionamiento óptimo de la red.

4.6.1.6 FACTORES DE NATURALEZA ELECTRICA.

Existen también factores de naturaleza eléctrica que pueden afectar a la resistividad del terreno, tales como: el gradiente de potencial y la magnitud de la corriente de puesta a tierra.

Respecto al primero, la resistividad no se ve afectada hasta que el gradiente no alcanza un cierto valor crítico, lo que origina la formación de pequeñas áreas eléctricas en el suelo que hacen que el electrodo se comporte como si fuera de mayor tamaño.

En cuanto a la magnitud de la corriente de la red de tierras, puede también modificar el comportamiento del electrodo de tierra si su valor es muy elevado; bien por provocar gradientes excesivos, o bien por dar lugar a calentamiento en torno a los conductores enterrados que provoquen evaporación del agua.

4.6.2 MEDICION ELECTRICA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

Desde el punto de vista eléctrico, la determinación de la resistividad del terreno deberá de obtenerse a través de mediciones en forma directa. Las mediciones deberán hacerse en varios puntos dentro del terreno donde piense llevarse a cabo la instalación, los métodos que se aplican para la medición de la resistividad del terreno tienen su principio en la ley de ohm, por lo que para efectuar dicha medición, es necesario circular corriente a través de él. El método generalizado es el de emplear cuatro varillas (método de los cuatro electrodos). Existen varios métodos derivados de éste, basados en la teoría desarrollada por Frank Wenner.

4.6.2.1 METODO DE WENNER.

La configuración universal del método de Wenner consiste en introducir cuatro electrodos en línea recta sobre el terreno donde piense llevarse a cabo la instalación (ver Fig. 4.4), a una misma profundidad de penetración. Las mediciones de resistividad dependerán de la distancia que exista entre los electrodos de prueba y de la bondad del contacto de estos con el terreno, no así del tamaño, forma y material de los electrodos.

Si la distancia entre los electrodos de prueba y la resistencia que se opone al paso de la corriente son conocidos, y siempre que en la medición, los electrodos de prueba 1 y 4 sean usados para circular corriente, y los electrodos 2 y 3 sean usados para medir potencial; la resistividad del terreno vendrá dada por la siguiente expresión.

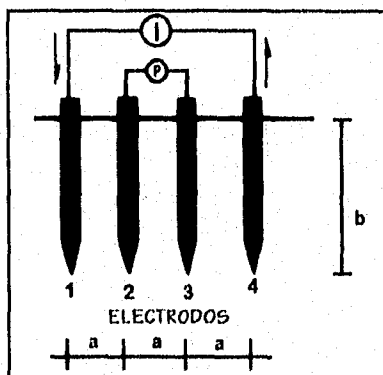


Fig. 4.4 Configuración Universal del Método Wenner.

$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}} = \frac{4\pi aR}{n} \Omega \cdot m$$

Donde:

ρ = Resistividad del terreno en Ohms-metro.

R = Resistencia medida en Ohms.

a = Distancia entre electrodos, en metros.

b = Profundidad de penetración de los electrodos, en metros.

n = Tiene valor entre 1 y 2, dependiendo de la relación b/a como se indica a continuación:

Cuando:

$$b = a \quad n = 1$$

$$b = 2a \quad n = 2$$

$$b = 4a \quad n = 4$$

La ecuación anterior puede simplificarse si se cumplen las siguientes condiciones:

- Si b es muy pequeña comparada con a , entonces se usa:

$$\rho = 2\pi aR \Omega \cdot m$$

- Si por el contrario, b es muy grande comparada con a , entonces se utiliza:

$$\rho = 4\pi aR \Omega \cdot m$$

4.6.2.2 METODO DE SCHLUMBERGER.

Es una modificación del método de Wenner, y consiste en introducir cuatro electrodos en línea sobre el terreno donde piense hacerse la instalación, manteniendo la distancia constante en los electrodos centrales y variando la distancia de los electrodos exteriores (ver Fig. 4.5) a partir de estos; la variación debe de hacerse a distancias múltiples (na) de la separación base de los electrodos exteriores.

La expresión de la resistividad viene dada por :

$$\rho = \pi R n (n + 1) a \quad \Omega \cdot m$$

Este método es de gran utilidad cuando el aparato para medir la resistencia (Megger de tierras) no tiene la precisión adecuada para valores de resistencia pequeños.

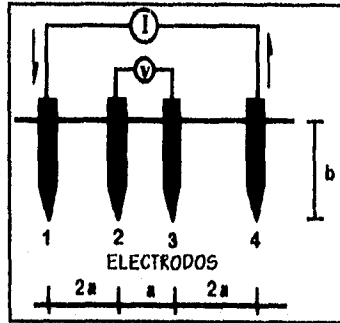


Fig. 4.5 Configuración Universal del Método Schulumberger.

4.6.2.3 METODO DE SHEPRD CANES.

Este método consiste en introducir sobre el terreno dos electrodos de prueba, uno de mayor longitud que el otro para evitar una posible polarización. Se utiliza una batería de corriente continua, con capacidad de 3 volts, Y un medidor conectado en serie (miliampermetro) graduado para leerse en Ohms-metro. Este es un método de medición directa, y se utiliza para la medida de pequeñas muestras de terreno.

4.6.2.4 PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACION DE LOS METODOS ANTERIORES EN LA MEDICION DE LA RESISTIVIDAD ELECTRICA DEL TERRENO.

La resistividad ρ del terreno se mide, de acuerdo especificación de C.F.E., a través del siguiente procedimiento:

1. - SELECCION DE APARATOS Y EQUIPO.

A) Megger de tierra o Vibroground.

B) **Electrodos de prueba:** Los electrodos normalmente son varillas tipo Copperweld de 15.9 mm de diámetro y su longitud puede variar de 750 mm a 1,000 mm El diámetro de las varillas deberá ser menor, cuando el suelo sea suave o cuando se requiera medir la resistividad superficial con pequeña separación entre varillas.

C) **Cables:** Deberán de ser de cobre con aislamiento para 600 V, y de calibre 14 AWG ó mayor. La longitud dependerá de la separación máxima entre electrodos que se desea medir

D) Conectores mecánicos de grapa.

E) Cinta métrica.

2.- METODO DE MEDICION.

Para efectuar la medición de la resistividad del terrero, se puede utilizar cualquiera de los métodos antes descritos. Generalmente, se utiliza el método de Wenner por ser el más confiable y consiste en hacer lo siguiente:

- A) Clavar cuatro electrodos sobre el terreno a una profundidad de 200 a 300 mm, dispuestas en línea recta con una separación uniforme entre ellos. Se debe procurar que los electrodos queden más o menos en un plano horizontal y no debe haber huecos entre ellos.
- B) Las terminales del instrumento C1 y C2 se conectan a través de los cables a los electrodos de los extremos, así mismo, las terminales de potencial P1 y P2 a los electrodos centrales, como lo indica ver Fig. 4.6
- C) Se energiza el instrumento de acuerdo al instructivo, y se toman las lecturas respectivas de resistencia en ohms.
- D) Se calcula la resistividad mediante la fórmula respectiva, de acuerdo al método utilizado.

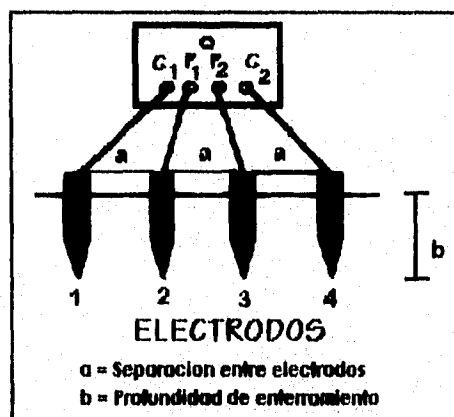


Fig. 4.6 Medición de la resistividad.

4.7 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL SISTEMA DE TIERRA.

4.7.1 TOMAS DE TIERRA.

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito; instalados en el complejo de la subestación eléctrica, instalaciones, edificio, etc. El sistema de tierra consta de tres elementos fundamentales:

1. Electrodo o dispersores.
2. Circuito de conductores y conectores.
3. Circuito de conductores de protección.

4.7.1.1 ELECTRODOS O DISPERSORES.

El electrodo es el elemento de la red a tierra encargado de introducir en el terreno las corrientes nocivas, debidas principalmente a fallas en los circuitos eléctricos o de origen atmosférico. Se definen como toda masa metálica que introducida en el terreno y en permanente contacto con él, facilita el paso a tierra de cualquier carga eléctrica.

Con la toma a tierra, se pretende que todo el circuito de protección esté a potencial de cero volts. El que dicho electrodo tenga siempre este potencial depende única y exclusivamente del contacto **ELECTRODO-TERRENO**, y es lo que técnicamente se denomina "**Resistencia de Dispersión a Tierra**". Es por esta razón, que la red debe de ser proyectada con una alta conductancia y permanencia en el tiempo.

Como se ha visto, la resistencia entre un electrodo y el suelo circundante representa la resistencia de la red de tierra; pero existen otros factores que incrementan dicha resistencia y son básicamente:

1. **Resistencia propia del electrodo, conductores y conexiones.** La resistencia del electrodo, conductores y conexiones en si es despreciable; no así con el paso del tiempo, ya que si los materiales de los cuales están hechos no son resistentes a la corrosión, puede llegarse a la pérdida de la conductividad entre ellos.
2. **Resistencia de contacto entre el electrodo y el suelo.** Datos experimentales de la Bureau Of Standar's de USA; afirman que si el electrodo esta libre de pintura y grasa, y el terreno esta compactado firmemente; esta resistencia de contacto es despreciable.
3. **Resistencia distribuida por el terreno inmediato electrodo.** Cuando la corriente fluye hacia afuera del electrodo, cada elemento de corriente viaja en un camino que cambia de sección

transversal a medida que se aleja del electrodo. La resistencia ofrecida por el suelo es la resistencia combinada de todos los caminos y elementos de corriente en paralelo.

4.7.1.2 CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISPERSION A TIERRA.

La resistencia de dispersión a tierra de un electrodo reduce a medida que se incrementa su profundidad empotramiento; en cambio, el diámetro del mismo influye muy poco en abatir dicha resistencia. La resistencia dispersión a tierra es directamente proporcional a resistividad del terreno, y es un factor fundamental que nos indicará cuál será la resistencia de dispersión a tierra y que profundidad deberá de enterrarse el electrodo.

Para calcular la resistencia de dispersión a tierra de electrodos en forma analítica, se hará uso de la siguiente fórmula:

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi C}$$

Donde:

R_T = Resistencia de dispersión a tierra.

ρ = Resistividad del suelo.

C = Capacidad cambiada en el vacío del electrodo y su imagen sobre el nivel del suelo.

4.7.1.3 TIPOS DE ELECTRODOS.

Existen diferentes tipos de electrodos, los más comúnmente utilizados son:

1. VARILLAS O PICAS.

Son electrodos artificiales alargados que se introducen en el terreno en forma vertical y suelen fabricarse de:

- Acero dulce o acero fundido de 25 mm de diámetro exterior mínimo.
- Perfiles de acero galvanizado, con 60 mm de lado como mínimo.
- Barras de cobre o acero recubierto de cobre.

La longitud en cualquiera de los casos anteriores no será inferior a los dos metros, La Fig. 4.7 muestra este tipo de electrodos. Como se observa, en la extremidad inferior van provistos de una punta de penetración para facilitar el paso al interior de terreno; de un tubo o barra, que es propiamente el electrodo; un "manguito" de acoplamiento, para permitir la unión de dos o más electrodos; y una

"sufridera", sobre la cual actuará la maza o martillo para introducir el electrodo y evitar así que se deforme.

La NTIE recomienda picas de alma de acero recubiertas de cobre (Copperweld), de 14 mm a 16 mm de diámetro. El recubrimiento de cobre deberá tener como mínimo 2 mm de espesor y deberá ser por sistema de unión molecular entre el cobre y el acero; lo anterior con el fin de garantizar que el recubrimiento no se caiga a la hora de introducir la pica en el terreno. La longitud de la pica no será menor de 2.5 m.

Existen dos formas de diseñar una red de tierras con varillas; una es colocando las varillas a profundidad, y la otra es colocarlas en paralelo. La primera, mas costosa, consiste en ir introduciendo en el terreno una varilla encima de la otra hasta conseguir profundidades de 6, 8, 10, etc. en metros.

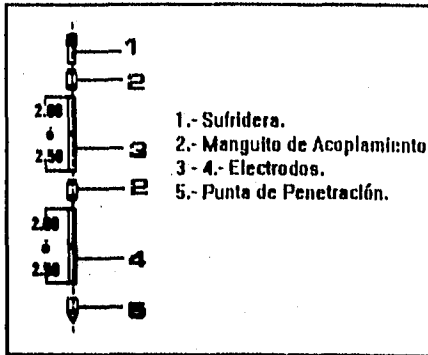


Fig. 4.7 Representación de un electrodo en forma de pica o varilla.

El segundo método es el mas recomendado y utilizado normalmente. La única precaución que hay que tener con este sistema es que las varillas tengan una separación como mínimo igual a la longitud enterrada; y después unirías eléctricamente con cable desnudo de 35 mm², ver Fig. 4.8

El cálculo de la resistencia de dispersión a tierra que ofrecen este tipo de electrodos está en función de la siguiente fórmula:

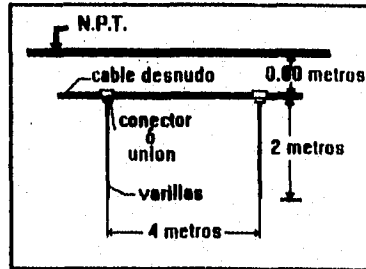


Fig. 4.8 Sistema de colocación de electrodos en paralelo.

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi L} \times \left(\ln \frac{4L}{r} - 1 \right)$$

Donde:

R_T = Resistencia de dispersión a tierra.

ρ = Resistividad del terreno en ohms - metro.

L = Longitud del electrodo.

r = radio del electrodo.

2. EN FORMA DE PLACA

Es un electrodo artificial de forma rectangular o circular, que ofrece una gran superficie de contacto con el terreno en relación a su grosor.

La dimensión de un electrodo en forma de placa depende de la resistencia de dispersión a tierra. Suponiendo una placa circular (ver Fig. 4.9 A) de diámetro d , la resistencia de dispersión será:

$$R_T = \frac{\rho}{4d} \quad \Omega$$

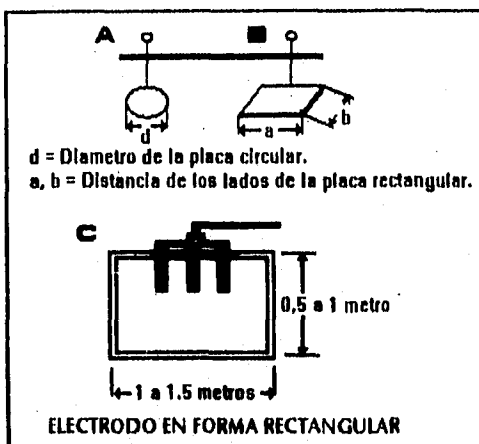


Fig. 4.9 Electrodo en forma de placa circular (A) y Rectangular (B), forma de conectar una placa rectangular con la línea de enlace a tierra utilizando soldadura de alto punto de fusión (C).

Si la placa es rectangular (ver Fig. 4.9 B), la fórmula anterior se sustituye por la siguiente:

$$R_T = \frac{\rho}{4.5\sqrt{ab}} \quad \Omega$$

Donde en ambos casos:

- R_T = Resistencia de dispersión a tierra.
- ρ = Resistividad del terreno.
- d = Diámetro de la placa.
- a, b = Longitudes de los lados de la placa.

En general, de acuerdo a las normas VDE, se deben de utilizar placas de 1.0 X 0.5 metros (ver Fig. 4.9 C). El canto superior se colocará a 1.0 m por debajo de la superficie del terreno como mínimo.

Las placas más comúnmente utilizadas son de:

1. Placas de acero: Con medidas de 0.5 X 1.0 m, y espesor mayor de 3 mm.

2. Placas de cobre: Con las dimensiones arriba indicadas y un espesor mayor de 2 mm.

Todas las piezas de acero que se encuentren enterradas deben ser galvanizadas al fuego o recubiertas de cobre.

El sistema de colocación de estas placas macizas en el terreno, se hace practicando en el terreno un hoyo de dimensiones tales que el borde superior de la placa quede (según norma VDE) a 1.0 metros de la superficie del terreno. Es indiferente que la placa se coloque en forma horizontal o vertical.

Si es necesario colocar más de una placa, para el caso de placas rectangulares, se separan como mínimo 3.0 metros entre sí; para el caso de placas radiales, el ángulo entre dos radios contiguos no deberá ser menor de 60 grados.

La forma de conexión de las placas con la línea de enlace a tierra, se hará con soldadura de alto punto de fusión a lo ancho de la placa.

El uso de este tipo de electrodos va en decremento, debido a que para lograr su instalación se requiere de un mayor espacio y esfuerzo, además de su costo.

1. ELECTRODOS DE CINTA.

Se fabrican la cinta metálica, materiales cilíndricos o cables desnudos que se entierran generalmente a poca profundidad (de 0.5 a 1.0 m); Según su forma pueden ser:

A) EN FORMA DE ANILLO. Es un conductor desnudo con sección mínima (según norma VDE) de 35 mm², que se coloca en fondo de una excavación, bordeando exteriormente los cimientos de la instalación, a una profundidad de entre 0.5 a 1.0 m. De esta manera, se forma un anillo de perímetro igual o superior al de la instalación; puesto en el más íntimo contacto posible con el terreno (ver Fig. 4.10 A).

B) EN FORMA RADIAL. Se construyen a partir de seis ramificaciones de material cilíndrico (ver Fig. 4.10 B), siendo este, de alambre de acero con sección mínima (según norma VDE) de 100 mm² y de espesor mínimo de 3 mm; cable galvanizado de hierro, con sección mínima de 95 mm². Algunas veces se emplea también, el acero cobreado, con sección mínima de 50 mm² y espesor mínimo de 2 mm. En cualquiera de los casos anteriores, el ángulo entre ramificaciones no debe ser menor a los 60°.

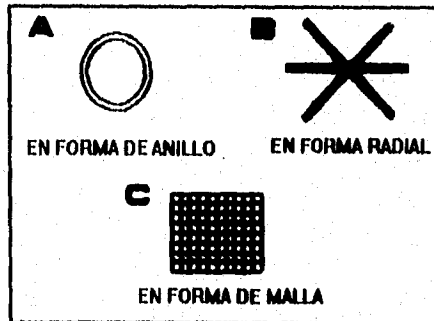


Fig. 4.10 Ejemplos de electrodos de cinta.

C) EN FORMA DE MALLA. Como su nombre lo dice, es un enmallado en forma rectangular (ver Fig. 4.10 C), que se hace por medio de conductores enterrados a una profundidad de 0.5 a 1.0 m, de acuerdo a el tipo de suelo donde se instale. La malla debe complementarse en los nudos y a lo largo de su perímetro con varillas clavadas, a fin de reducir la resistencia de dispersión a tierra. Los conductores deberán tener como mínimo 50 mm² de sección transversal, de acuerdo a norma VDE si son conductores de acero cobreado.

A través de la fórmula de Laurent, se puede conocer en forma analítica la resistencia de dispersión a tierra de un electrodo en forma de malla:

$$R_T = \left(\frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \right) \Omega$$

Donde en ambos casos:

- R_T = Resistencia de dispersión a tierra.
- r = Radio equivalente en metros.
- L = Longitud total del conductor en metros, incluyendo varillas.
- ρ = Resistividad del terreno en ohms-metros.

4.7.1.4 CONDUCTORES Y CONECTORES.

Los conductores de conexión o líneas de puesta a tierra, son aquellos que se unen con el electrodo de tierra en la parte de una instalación que deba conectarse a tierra, siempre y cuando la línea esté fuera del suelo o se haya colocado en el mismo provista de aislamiento.

La función que cumplen es la de conducir la corriente eléctrica nociva a través de ellos, los materiales más utilizados en su fabricación son: el cobre y el aluminio, pero el más comúnmente utilizado es el cobre. Se dimensionan con la máxima corriente de falla que se prevea, siendo como mínimo (de acuerdo norma VDE) 16 mm² de sección transversal.

Estos conductores se pueden establecer en las mismas canalizaciones que los conductores de energía, siguiendo las normas técnicas para instalaciones eléctricas (NTIE). El recorrido deberá ser lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección, además, serán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Los conectores son los elementos utilizados para unir en forma eficaz los diferentes elementos de la red de tierras y efectuar al mismo tiempo la conexión de los elementos que se quiere aterrizar.

Los conectores normalmente utilizados son:

1. - Conectores atornillados.
2. - Conectores por compresión.
3. - Conectores por soldadura.

Los conectores atornillados se fabrican de bronce con alto contenido de cobre, formando dos piezas que se unen por medio de tornillos cuyo material es de bronce al silicio; lo anterior es para brindarle una alta resistividad mecánica y corrosiva (ver Fig. 4.11).

Los conectores por compresión son más económicos que los atornillados, y también dan una buena garantía de contacto.

Las conexiones soldadas se usaron mucho hace algunos años, pero se han ido desplazando con la introducción de los conectores atornillados. Lo anterior, debido a que detectaban fallas en la conexión de los conductores, porque la fusión de las uniones era irregular y formaban grandes zonas huecas que producían falsos contactos y aumentaban la resistencia eléctrica de la unión, (ver Apéndice C).

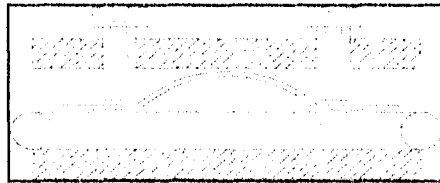


Fig. 4.11 Sistema de conectores atornillados.

4.8 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS.

DATOS:

1. TRANSFORMADOR: 23 KV, 225 KVA, REACTANCIA 5.57%

2. AREA DE LA RED: $A = 10.0 \text{ m} \times 7.0 \text{ m} = 70 \text{ m}^2$

3. RADIO EQUIVALENTE $r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{70}{3.1416}} = 4.72 \text{ m.}$

4. CORRIENTE MAXIMA DE FALLA

$$5. I_{SEC} = \frac{KVA \times 1000}{\sqrt{3} \times V} = \frac{225 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220} = 590.47 \text{ A}$$

$$6. I_{CC\text{-MAX}} = \frac{100\%}{X\%} \times I_{SEC} = \frac{100\%}{5.57\%} \times 590.47 \text{ A} = 10605.74 \text{ A}$$

7. DURACION DE LA FALLA: 0.5 SEG.

8. RESISTIVIDAD DEL TERRENO : 9.76 $\Omega\text{-m.}$

9. RESISTIVIDAD SUPERFICIAL: 3,000 $\Omega\text{-m.}$

10. TEMPERATURA AMBIENTE: 35°C (valor tomado para fines prácticos).

11. TIPO DE CONECTORES: MECANICOS.

12. PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO : 0.5 m.

13. NUMERO DE CONDUCTORES PARALELOS: $n = 7$

CALCULOS:

A) CALCULO DE LA RESISTENCIA DE TIERRA DESEADA

$$R = \frac{0.55 \times \rho}{\sqrt{A}} = \frac{0.55 \times 9.76}{\sqrt{70}} = 0.6416 \Omega$$

B) CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR.

$$I_{SEC} = \frac{I}{\sqrt{\frac{\log_{10}(\frac{1000}{33 \times t}) + 1}{33 \times t}}} = \frac{10605.74 A}{\sqrt{\frac{\log_{10}(\frac{1000}{33 \times 0.5}) + 1}{33 \times 0.5}}} = 85296.97 \text{ CM.}$$

$$A = 85296.97 \text{ CM.} \times 0.0005067 \text{ mm}^2 / \text{CM.} = 43.21 \text{ mm}^2$$

Corresponde a un conductor de cobre calibre 2 AWG con sección transversal de 43.24 mm² y el área total con todo y aislamiento de 89.42 mm².

C) CALCULO DEL NUMERO DE ELECTRODOS EN FORMA DE VARILLAS A EMPLEAR.

$$n = 0.60 \times \sqrt{A} = 0.60 \times \sqrt{70} = 5.01$$

Como el resultado que se obtuvo, y actualmente existen 6, se tomo la decisión de instalar 6 varillas en la malla. Las varillas son de tipo Copperweld de 3.05 metros de longitud y 19 mm. de diámetro.

D) CALCULO DE LA LONGITUD NECESARIA DEL CONDUCTOR PARA EL CONTROL DE LOS GRADIENTES.

$$L = \frac{K_1 \times K_2 \times \rho \times \sqrt{I^2}}{16 + 0.17 \times \rho}$$

Calculando los coeficientes K_m y K_1 :

$$K_m = \frac{1}{2 \times \pi} \times \ln\left(\frac{2}{16 \times d}\right) + \frac{1}{\pi} + \ln\left(\frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{6}{8}\right) \times \left(\frac{7}{8}\right) \times \dots$$

$$K_m = \frac{1}{2 \times \pi} \times \ln\left(\frac{116^2}{16 \times 0.5 \times (0.00 + 321)}\right) + \frac{1}{\pi} + \ln\left(\frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{5}{6}\right) \times \dots \times \left(\frac{11}{12}\right)$$

$$K_m = 0.178$$

$$K_l = 0.65 + 0.72 \times n = 0.65 + 0.72 \times 7 = 1.854$$

$$K_m \times K_l = 0.178 \times 1.854 = 0.330$$

$$L = \frac{0.330 \times 9.76 \times 10605.74 \times \sqrt{0.5}}{116 + 0.17 \times 3000} = 77.17 \text{ m.}$$

$$L = 77.17 + (6 \times 3.05) = 95 \text{ m.}$$

D) CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LA RED.

$$R = \frac{\rho}{4 \times r} + \frac{\rho}{L} = \frac{9.76}{4 \times 4.72} + \frac{9.76}{130} = 0.5920 \ \Omega$$

F) CALCULO DE LOS POTENCIALES DE PASO, DE CONTACTO Y DE MALLA.

$$E_s = \frac{116 + 0.7 \times \rho}{\sqrt{t}} = \frac{116 + 0.7 \times 3000}{\sqrt{0.5}} = 3133 \text{ V.}$$

$$E_r = \frac{116 - 0.25 \times \rho}{\sqrt{t}} = \frac{116 - 0.25 \times 3000}{\sqrt{0.5}} = 1224 \text{ V.}$$

$$E_{\text{malla}} = \frac{K_m \times K_l \times \rho}{L} = \frac{0.33 \times 10605.74 \times 9.76}{94} = 363.39 \text{ V.}$$

De lo anterior, se tiene, que la red es segura y adoptará la configuración mostrada a continuación, se podrá conectar; el tablero de distribución, el transformador, y el pararrayos y además de equipos en condiciones normales de operación no conduce corriente.

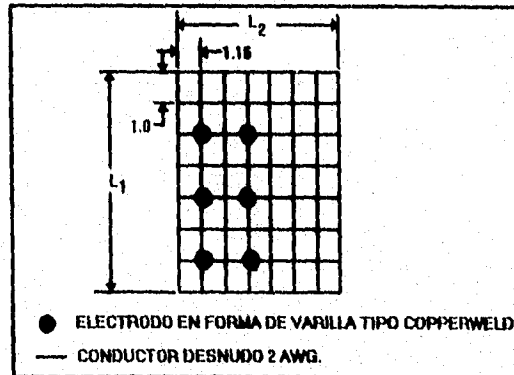
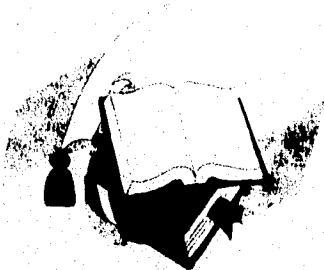


Fig. 4.13 Forma que adoptara la malla de tierras.

CAPITULO 5

PLANTA DE EMERGENCIA



*"La vida exige a todo individuo una
contribución y depende del individuo
descubrir en que consiste".*

Viktor Frankl.

PLANTA DE EMERGENCIA

5.1 INTRODUCCION.

Denominamos instalaciones de emergencia ó planta de emergencia aquellas destinadas a subsanar posibles fallas en el suministro de energía, mediante distintos sistemas que sustituyan a la fuente usual del suministro en caso de interrupción de la misma.

La utilización de estas instalaciones de emergencia vendrá condicionada ante todo por las propias necesidades del edificio de que se trate y siempre que una interrupción del suministro pueda representar un grave perjuicio económico en cuanto a seguridad. Por este motivo deben preverse estas instalaciones en locales de concurrencia pública y también en procesos industriales ininterumpidos, etc.

5.2 PLANTA DE EMERGENCIA.

Los sistemas de emergencia tienen la función de suministrar energía, cuando falla el sistema principal de alimentación de energía eléctrica; y es importante que por el tipo de actividad o función que se desempeñe, no se interrumpa el servicio es así como las plantas de emergencia son comunes en hospitales, hoteles, teatros, cines, industrias de procesos continuos, etc.

Debido a que la función principal de estas plantas de emergencia; es suministrar la energía a las cargas consideradas como estrictamente de emergencia y por lapsos de tiempo relativamente cortos, su capacidad queda comprendida entre 30 y 1000 KW; y por lo general, son accionadas por motor de combustión interna Diesel, Gasolina o Gas. Para plantas de emergencia de alta capacidad, dentro de su rango, se prefiere el Diesel como combustible, por ser relativamente económico; ser menos inflamable, y tener un mayor poder calorífico que otros combustibles.

La planta de emergencia, esta constituida principalmente por un grupo motor-generator; el motor normalmente es de combustión interna, y sus características principales a especificar, son las siguientes:

1. *Potencia (En HP).*
2. *La velocidad, que dependiendo del número de polos del generador da la frecuencia; pudiendo ser por ejemplo, de 1200 RPM a 1800 RPM, para generar a 60 Hz.*
3. *La cilindrada, que se refiere al volumen que admite cada cilindro cuando succiona aire; multiplicado por el número de cilindros de la máquina.*
4. *El diámetro que tienen los cilindros y su desplazamiento (carrera).*
5. *Condiciones ambientales como; presión atmosférica, temperatura y humedad.*

El tamaño del generador y el motor impulsor, se determina en función del valor de la carga, que se debe absorber durante una interrupción en el servicio normal; también el tipo de combustible para el motor impulsor, queda determinado por la carga, y las restricciones normativas en el lugar de la instalación, la localización del grupo motor-generador, y algunos otros aspectos.

Por lo general las plantas eléctricas de emergencia, pueden ser para uso de 8 horas con carga continua; y admitir en forma eventual, sobrecargas por lapsos de $\frac{1}{2}$ hora a 1 hora, siempre y cuando no excedan al 10% o 20% de su capacidad. Es importante recordar que la planta de emergencia, solo debe de alimentar aquellos servicios que son indispensables, de manera que para una instalación eléctrica en particular, se debe hacer un censo de aquellas cargas que se deben mantener en operación, cuando se interrumpe la alimentación de la compañía suministradora.

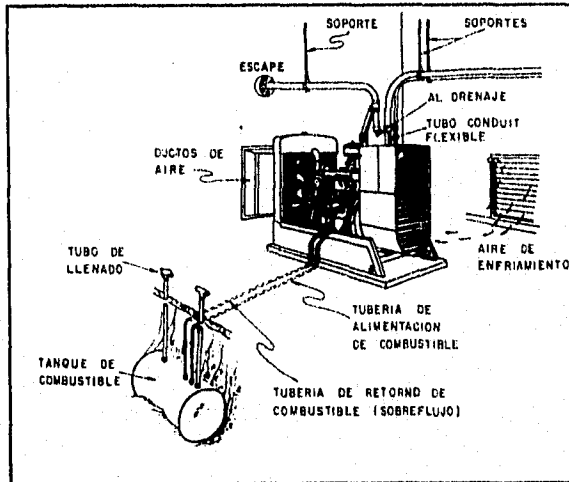


Fig. 5.3 Sistema típico de una planta de emergencia.

5.2.1 CAPACIDAD DE GENERADORES PARA PLANTAS DE EMERGENCIA (60 Hz).

POTENCIA KW	CORRIENTE MÁXIMA EN AMPERES A COSφ = 0.85	
	220V	380V
30	90	45
50	150	75
75	226	113
100	300	150
125	376	188
150	452	226
200	600	300
250	752	376
300	904	452
350	1054	527
400	1204	602
500	1500	750
750	2260	1130
1000	3000	1500

5.4 Tabla de corriente máxima de demanda.

5.2.2 COMBUSTIBLE PARA LAS PLANTAS DE EMERGENCIA.

En cualquier planta de emergencia, es necesario disponer del tanque de combustible, que permita generar a la potencia requerida durante un lapso de tiempo especificado; para esto por lo general se usan dos tanques, uno se denomina tanque de almacenamiento de combustible, que por lo general se instala fuera del área donde se encuentra la planta; normalmente se coloca enterrado, y es de lámina negra (no debe ser galvanizada); el otro tanque se denomina tanque de diario o auxiliar, es de pequeña capacidad; también debe ser junto con los tubos y conexiones de hierro negro, ya que el Diesel produce una reacción con el fierro galvanizado, que desprende partículas que pueden ensuciar al motor, y provocar mala operación.

5.2.3 SISTEMA DE REFRIGERACION.

Las plantas de emergencia que usan como motor impulsor a los llamados motores diesel; pierden por radiación del calor, aproximadamente la tercera parte del poder calorífico del combustible; este calor producido se tiene que disipar por medio de los sistemas de refrigeración, que básicamente es agua circulante que se hace pasar alrededor de los cilindros; esta agua se enfría de distintas formas, como por ejemplo:

- a) Para plantas con potencias no mayores de 1000 KW, se usa radiador y ventilador incorporado al propio motor; como es el caso del enfriamiento de los motores de vehículos.
- b) Para plantas de potencias mayores de 1000 KW, se pueden usar las llamadas torres de enfriamiento, bien haciendo circular el agua hacia un río, cuando se tiene esta facilidad cercana a la planta.

5.2.4 ESCAPE DE GASES Y SISTEMA DE VENTILACION.

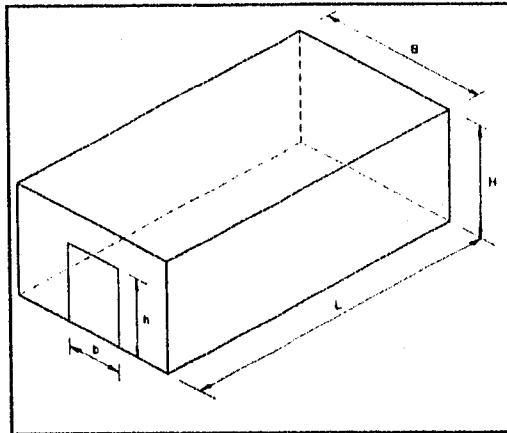
Como se sabe, todas las llamadas máquinas de combustión interna, producen gases producto de la combustión; pero también es necesario para quemar el combustible, proporcionar suficiente aire, que lleve el oxígeno al combustible.

El aire que se inyecte al motor debe estar exento de impurezas; ya que si tiene polvo o partículas corrosivas, se puede perjudicar; esto significa que el local en donde se aloje la planta de emergencia, debe estar provisto de una buena dotación de aire, por medio de ventanas y ductos amplios y filtros, cuando se considere necesario.

Por otra parte; la energía generada aproximadamente del 15 al 25 por ciento, se transforma en calor; mismo que se debe extraer del local en donde esta la planta por lo que se debe disponer de un sistema de ventilación apropiado; para esto se estima que la cantidad de aire necesario (en m³/seg), para evacuar el calor de las pérdidas, se obtiene por un factor 0.166 multiplicado por la potencia de la planta expresada en KVA. El aire necesario para la combustión del motor, se estima que es del orden de 5.5 a 6.8 m³/KWH; se considera que es pequeño, en comparación con el necesario para la ventilación; y por lo mismo, no se considera en los cálculos.

El escape de los gases de combustión, se debe llevar a la atmósfera en forma rápida y silenciosa; para esto, se debe proveer a los motores de combustión de un escape apropiado, con silenciador.

Como una medida orientativa de los tamaños de locales para plantas de emergencia en función de su potencia; se dan los datos siguientes:



L	5.0	6.0	7.0	10.0
B	4.0	4.5	5.0	5.0
H	3.0	3.5	4.0	4.0
b	1.5	1.5	2.2	2.2
h	2.0	2.0	2.0	2.0

5.5 Tabla referente a las dimensiones de la planta de emergencia.

5.3 LOCALIZACIÓN Y MONTAJE DE UNA PLANTA DE EMERGENCIA.

Un buen servicio de una planta eléctrica, depende en parte de una buena localización en la proximidad del centro de carga eléctrica; con fácil forma de abastecimiento de combustible, buena ventilación e iluminación y un correcto montaje; lo que requiere de una cimentación apropiada.

5.4 INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA.

Cuando falla el servicio de alimentación de energía eléctrica de la compañía suministradora; la planta de emergencia puede entrar en forma manual o automática. Lo ideal es que sea en forma automática, para evitar interrupciones de servicio en caso de urgencia, como por ejemplo en hospitales; para esto se usan los llamados interruptores (switch) de transferencia, que son trifásicos y se encuentran dentro de un gabinete, y se tiene la función de "transferir" la carga de la línea de alimentación, de la compañía suministradora a la planta de emergencia, cuando falle el suministro de la compañía.

La capacidad del motor impulsor y del generador de la planta de emergencia, debe ser suficiente para absorber las cargas definidas como de emergencia; si se trata de transferir la carga total al generador, el diagrama de conexiones es como el mostrado en la figura siguiente:

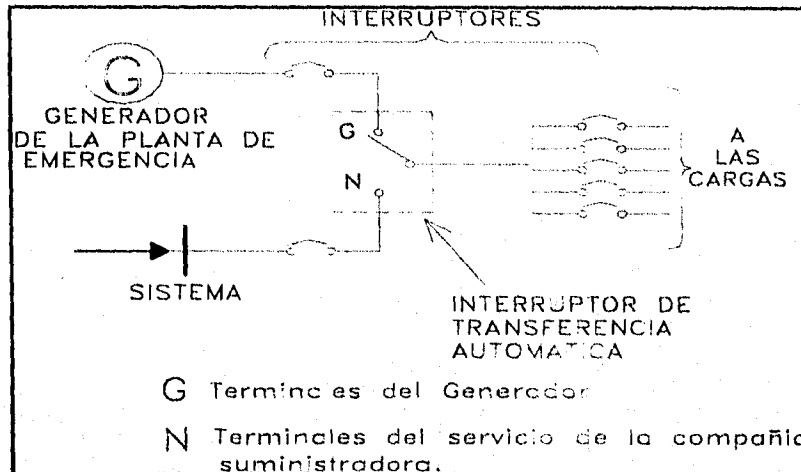


Fig. 5.6 Interruptor de transferencia automática.

Cuando solo se trata de transferir cargas esenciales al generador de la planta de emergencia, como por ejemplo alumbrado, aire acondicionado, elevadores, centros de procesamiento de datos, etc. Se usa una conexión como la mostrada en el siguiente diagrama:

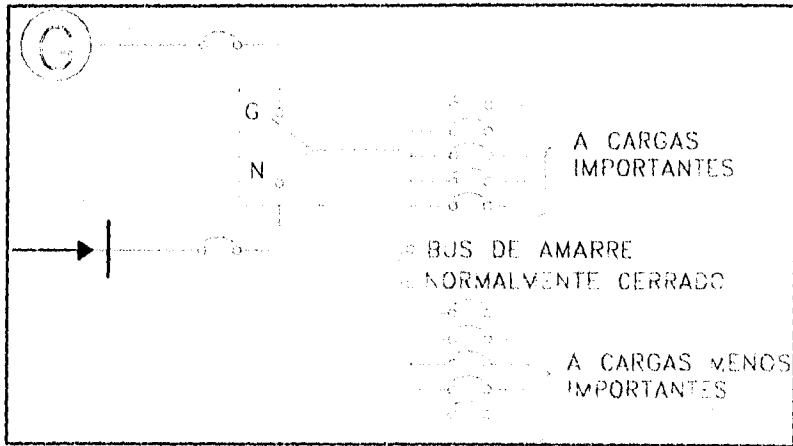


Fig.5.7 Arreglo basico de generador de emergencia y switch de emergencia.

5.5 DETERMINACION DE LA PLANTA DE EMERGENCIA.

Tomando en cuenta que la carga total de emergencia es de 131.732 KW, se toma la determinación de escoger la planta de emergencia de 150 KW de capacidad por ser que se la planta más cercana, tomando que además se requiere el interruptor de transferencia que debe de detectar la falta de energía eléctrica (normal) de la compañía suministradora, y realizar la transferencia a la planta generadora.

Se requiere además de un sistema electromecánico que efectúe el arranque del motor de combustión interna cuando se requiere la energía de emergencia, y desconecte cuando retorne la energía de la compañía suministradora.

CAPITULO 6
ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO Y
SELECCION DE INTERRUPTORES



"Aprende a vivir bien y sabras morir bien".
Confucio.

CAPITULO 6

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO Y SELECCION DE INTERRUPTORES

6.1 INTRODUCCION.

En todas las instalaciones eléctricas en forma invariable, tanto los equipos como los conductores eléctricos tienen un límite térmico dado principalmente por la naturaleza y tipo de materiales aislantes. Como se sabe, la corriente eléctrica produce las llamadas pérdidas por efecto Joule (RI^2) que se manifiestan en forma de calor, debido a su resistencia, se calienta y es por esta razón que las normas técnicas para instalaciones eléctricas.

El cálculo de las corrientes de cortocircuito representa un elemento fundamental en el proyecto de las instalaciones eléctricas industriales, ya sea para el dimensionamiento de los aparatos que se deben usar para interrumpir estas corrientes o bien para el dimensionamiento de las partes auxiliares de las instalaciones como por las barras de conexión tableros, soportes, etc.

El objetivo del estudio de cortocircuito es calcular el valor máximo de la corriente y su comportamiento durante el tiempo que permanece el cortocircuito. Esto permite determinar el valor de la corriente que se debe interrumpirse y conocer el esfuerzo al que son sometidos los equipos durante el tiempo transcurrido desde que se presenta la falla hasta que se interrumpe la circulación de la corriente.

El cortocircuito de hecho puede ocurrir en cualquier parte de un sistema eléctrico, y en el caso de algunas instalaciones industriales de tamaño pequeño en donde se usan como dispositivos de protección fusibles e interruptores termomagnéticos, éstos deben operar para abrir el circuito.

Los efectos de un cortocircuito dependen directamente de la energía que tiene que ser disipada (por el arco).

$$W = \int_0^t v \cdot i \cdot dt$$

donde:

W = Energía.

v = Voltaje en los extremos del arco o del elemento considerado.

i = Corriente de cortocircuito

t = Tiempo que permanece la condición de cortocircuito.

Esta expresión no incluye la energía calorífica disipada a través de todos los conductores por los que circula la corriente de cortocircuito.

La magnitud de una falla de cortocircuito puede ser tal que produzca explosiones y provoque la destrucción de los equipos completos como *tableros, transformadores e interruptores*, entre otros, pero sobre todo puede producir condiciones de peligro para las personas que estén próximas a la instalación.

Es convenientemente hacer notar que el diseño de ampliaciones o modificaciones a una instalación debe, además de contemplar las condiciones normales de operación, incluir un análisis de los cambios que sufre el nivel de la corriente de falla de cierto punto.

6.2 DESCRIPCION DEL FENOMENO.

El estudio del cortocircuito en las instalaciones industriales tiene algunas variantes, dependiendo del tamaño y características eléctricas de la industria y de su instalación eléctrica en particular. En la siguiente figura se representa un diagrama general de distribución de una instalación industrial.

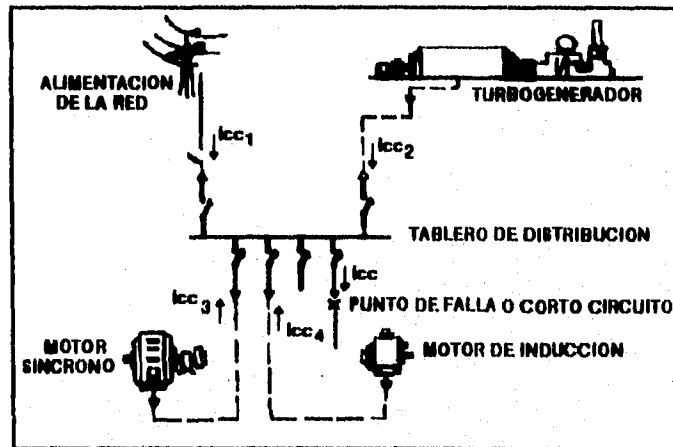


Fig. 6.1 Diagrama general de distribución de energía eléctrica.

El cortocircuito se alimenta de las siguientes fuentes:

- 1) **RED DE LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA DE ENERGIA ELECTRICA:** El valor de la corriente de cortocircuito con que contribuye la red de alimentación a la instalación depende de las características de la red misma, esta corriente de cortocircuito de alimentación se expresa en Kiloamperes o bien se da el valor de la llamada capacidad interruptiva en MVA, en cualquier caso, para el proyectista de la instalación eléctrica, es un valor que proporciona la compañía suministradora, indicando a esta el punto de la red eléctrica de donde se alimentara a la industria.

2) TURBOGENERADOR O FUENTE DE GENERACION PROPIA: En algunas industrias esta permitido (en condiciones especiales en México) que exista generación local, además de la fuente de alimentación que proporciona la red de la compañía suministradora.

Sin entrar en los detalles del fenómeno se puede decir que el generador entregara una corriente limitada sólo por su impedancia interna y que es decreciente del instante del cortocircuito por un tiempo corto (transitorio) hasta su estabilización a un valor que no varía mas con el tiempo (impedancia síncrona), la corriente de cortocircuito será por lo tanto elevada en el primer instante y decrecerá hasta un valor (corriente de cortocircuito permanente) que se mantendrá sin modificación en el tiempo si no intervienen las protecciones.

3) MOTORES SINCRONOS: Un motor síncrono se comportara en forma análoga a un generador síncrono en lugar de absorber energía de la línea se convertirá en un generador y alimentara a la instalación con una corriente decreciente con el tiempo que dependerá de su impedancia interna, exactamente como ocurre con el generador síncrono.

4) MOTORES DE INDUCCION: También los motores de inducción que están conectados en la instalación eléctrica alimentaran a esta con una corriente limitada por su impedancia interna, pero su contribución se reduce a cero en un tiempo muy breve.

El valor de la corriente de cortocircuito en el punto de la instalación en el que se presenta la falla es la suma de las contribuciones de los elementos conectados a la misma y la red de alimentación como se muestra en la figura siguiente:

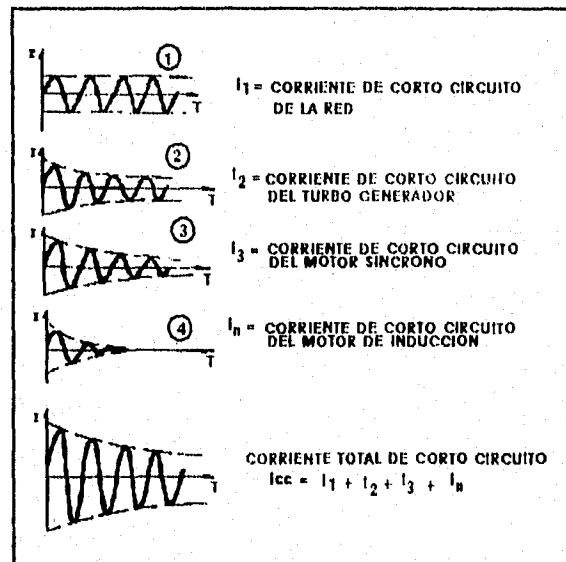


Fig. 6.2 Representa los diferentes tipos de cortocircuito.

Como se puede observar al presentarse el cortocircuito en una instalación, se presentará una corriente de un valor muy elevado que se reducirá con el tiempo hasta llegar a un valor permanente es decir, que la forma de la corriente de cortocircuito es por lo tanto:

- ♦ Senoidal con un período dependiente de la frecuencia de la red de alimentación.
- ♦ Amortiguado con una constante de tiempo que depende de las características de la red de alimentación.
- ♦ Asimétrica con una componente continua que depende del defasamiento entre el voltaje y la corriente en el instante del cortocircuito.

6.3 PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITO.

Se dice que una instalación está preparada para soportar cortocircuitos cuando sus elementos cumplen con las siguientes características:

1. Robustez suficiente para soportar los esfuerzos mecánicos de la máxima fuerza posible.
2. Capacidad de los conductores para soportar los esfuerzos térmicos de la corriente más alta que pueda ocurrir.
3. Rapidez de respuesta del sistema de protecciones para interrumpir y aislar la zona donde aparezca un cortocircuito.
4. Capacidad de los interruptores para disipar la energía del arco.

Las protecciones de toda instalación deben estar diseñadas para operar con seguridad en condiciones extremas y para aislar las partes dañadas, de tal forma que pueda continuar funcionando el mayor número de equipos no cercanos a la falla.

En caso de falla, el flujo de corriente en cualquier punto del sistema está limitado por impedancia de los circuitos y de los equipos desde las fuentes de la corriente hasta el punto de la falla, y no tiene relación alguna con la carga del sistema. Resulta claro que para poder especificar los elementos de un circuito, diseñar el sistema de protección y coordinar debidamente estas protecciones es necesario conocer el valor de la corriente de cortocircuito en cada punto de la instalación.

En instalaciones complejas con varios niveles de tensión y algunos otros elementos especiales, los cálculos podrían resultar laboriosos y justificar la utilización de una computadora. Sin embargo en instalaciones con una sola subestación, con distribución radial en baja tensión, normalmente resulta suficiente realizar un cálculo manual.

6.4 FUENTES ALIMENTADORAS DE CORRIENTES DE FALLA.

Las corrientes de falla tienen sus fuentes de alimentación en las máquinas eléctricas rotatorias: generadores y motores. Estos últimos funcionan como generadores durante la falla, ya que utilizan para su movimiento la energía almacenada en su masa (energía cinética) y en la de las máquinas acopladas a ellos. La corriente que cada una de estas máquinas rotatorias aporta a la falla está limitada por su impedancia Z (suma vectorial de la resistencia R y la reactancia X) y decrece exponencialmente con el tiempo a partir del valor que adquiere inmediatamente después de la falla. Entonces la impedancia que las máquinas eléctricas rotatorias presentan al cortocircuito es variable.

6.5 IDEAS FUNDAMENTALES EN EL CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

De acuerdo con el teorema de enlazamientos de flujo constantes, el voltaje durante una falla de cortocircuito puede considerarse igual al voltaje que existía un instante antes de la falla. Entonces de la aplicación del teorema de Thévenin: la corriente de cortocircuito en un punto es igual al cociente del voltaje que había en ese punto antes de ocurrir la falla entre la impedancia equivalente del sistema visto desde el punto de análisis (incluyendo la impedancia de las fuentes), con todas las otras fuentes de voltaje iguales a cero. Es decir, la corriente de falla en un instante se obtiene simplemente con la ley de Ohm:

$$I_{cc} = \frac{V}{Z_{eq}}$$

Entonces la dificultad consiste en encontrar la impedancia equivalente en los diferentes instantes de la falla. Una vez determinadas las impedancias en cada instante, pueden utilizarse las herramientas analíticas que existen para reducir el circuito a una sola fuente de voltaje con una impedancia como la que se muestra en la figura 6.3

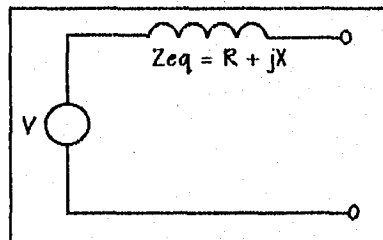


Fig. 6.3 Representación de la impedancia en una red eléctrica.

6.5.1 FALLAS TRIFÁSICAS EQUILIBRADAS

La justificación para considerar solamente fallas trifásicas equilibradas está en el hecho de que las corrientes de fallas entre líneas nunca son mayores que las trifásicas (aproximadamente 87%). Por otra parte las fallas monofásicas sólo en muy raras ocasiones son mayores que las trifásicas (máximo 125%). Además los interruptores trifásicos soportan mejor una falla monofásica o bifásica, debido a que los esfuerzos mecánicos y la ionización son menores cuando ocurren en una o dos fases.

La corriente de una falla trifásica equilibrada es igual en las tres fases, por lo que puede calcularse para una sola fase, con el voltaje entre línea y neutro y su impedancia equivalente. En el cálculo de fallas se utilizan los voltajes nominales y las relaciones de transformación nominales de los transformadores.

6.6 METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

En el análisis de las probables condiciones de falla por cortocircuito se requiere de experiencia y del conocimiento de las leyes que originan el fenómeno transitorio. En forma resumida el proyectista debe:

- A) Seleccionar el lugar o punto de la instalación en donde quiere conocer el nivel de falla.
- B) Establecer el modelo eléctrico (diagrama de impedancias) más simple posible para obtener el valor de la corriente.
- C) Reconocer que existen condiciones del sistema en las cuales no se cumplen las restricciones supuestas que permitieron la simplificación del modelo.
- D) Calcular o estimar las correcciones que se considere necesario realizar en los resultados para compensar las suposiciones cuando se crea que estas provocan una desviación importante del comportamiento probable.

6.6.1 DIAGRAMA UNIFILAR Y DE IMPEDANCIAS.

Un estudio de cortocircuito requiere de un diagrama unifilar del sistema por estudiar, en el cual figuren todas las posibles fuentes de corriente de falla y la información requerida para este tipo de cálculo. Normalmente se utiliza un diagrama donde sólo aparecen las impedancias y en el cual se van efectuando las reducciones necesarias para simplificarlo. Por lo general se acostumbra hacer un diagrama que muestre solamente reactancias, y para el cálculo de la relación X/R hacer otro diagrama que sólo muestre las resistencias. La relación que se obtiene de esta manera es diferente a la que resultaría si se hiciera la reducción del diagrama de impedancias, pero la práctica ha mostrado que la aproximación es aceptable y que cualquier error es hacia el lado conservador.

6.7 CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

Para el presente cálculo se tomara el método conocido como de "MVA'S" o "MVA - Z".

CÁLCULO PRELEMINAR:

1. Carga Total Estimada.

- Motores = 205 HP = 205 x .746 KW = 152,93 KW.
- Alumbrado = 49,9 KW.
- Total = 152.93 + 49.9 = 208.78 KW.

2. Cálculo de la Corriente Demandada.

$$I = \frac{P}{E_f \cdot FP \cdot \sqrt{3} \cdot V} = \frac{208.78 \text{ KW}}{9 \cdot 9 \cdot \sqrt{3} \cdot 220} = 676,42 \text{ A.}$$

Donde:

E_f = Eficiencia representada en decimales.

P = Carga total.

FP = Factor de Potencia.

V = Voltaje entre fases.

Tomando un factor de demanda de 0.8

$$676.42 \times 0.8 = 541.14 \text{ A.}$$

3. Cálculo de capacidad necesaria del transformador :

$$P_A = \sqrt{3} \times V_L \times I_f = \sqrt{3} \times 220 \times 541.14 = 206200.51 = 206.20 \text{ KVA.}$$

Se toma 225 KVA por ser capacidad comercial.

Donde:

P_A = Capacidad necesaria del transformador.

V_L = Voltaje entre fases.

I_f = Corriente demandada.

4. Impedancia del transformador.

Tomando en cuenta que el transformador calculado en el capítulo 3 es:

$$T = 225 \text{ KVA} \quad Z = 4.8 \% = 0.048 \text{ p.u.}$$

5. Reactancia subtransitoria de motores (tomada de la norma 141 de IEEE).

$$X''_d = 25 \% = 0.25 \text{ p.u.}$$

Por limitar poco el valor de cortocircuito se despreciarán las reactancias de todos los conductores.

Para determinar todas las potencias de cortocircuito se emplearan las siguientes ecuaciones :

$$MVA_{cc} = \frac{MVA(\text{Equipo})}{Z(\text{p.u.})} \qquad MVA_{cc} = \frac{MVA(\text{Motores})}{X''_d(\text{p.u.})}$$

De acuerdo con las ecuaciones anteriores; para el transformador de 250 KVA queda:

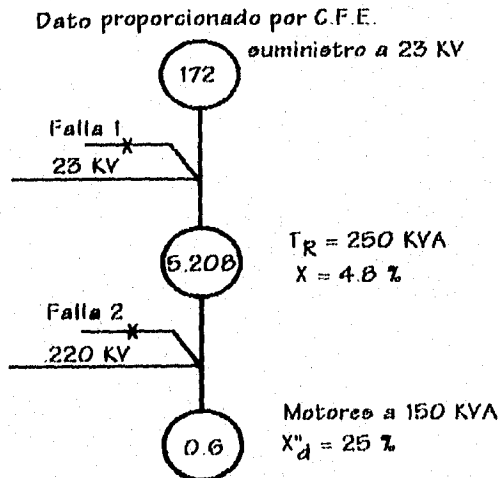
$$MVA_{cc} = \frac{0.250}{0.048} = 5.208 \text{ MVA.}$$

6. Para la carga de motores considerando un 60 % de la carga para motores del transformador , se tiene:

$$250 \times 0.6 = 150 \text{ KVA.}$$

$$MVA_{cc} = \frac{0.150}{0.25} = 0.6 \text{ MVA.}$$

7. Diagrama General



7. Si ocurre la falla en 1, se tendría :

$$P_{cc} = \frac{5.208 \times 0.6}{5.208 + 0.6} + 172 = 172.53 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc} \times 1000}{E \times \sqrt{3}} = \frac{172.538.07}{23 \times \sqrt{3}} = 4331.08 \text{ A}$$

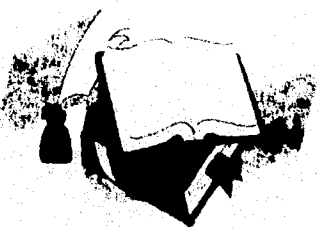
8. Si ocurre la falla en 2 se tendría :

$$P_{cc} = \frac{172 \times 5.208}{172 + 5.208} + 0.6 = 5.654 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc} \times 1000}{E \times \sqrt{3}} = \frac{5654.94}{220 \times \sqrt{3}} = 14840.36 \text{ A}$$

CAPITULO 7

ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO



*"La diferencia entre el éxito y el fracaso,
no es las experiencias obtenidas, si no que
el éxito se recuerda y el fracaso se olvida".*

V. M. D. D. L.

CAPITULO 7

ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO

7.1 INTRODUCCION.

En todo proyecto siempre se deberá buscar optimizar los recursos tanto técnicos como económicos, cabe hacer mención que los más económico, no siempre será la mejor solución; sino que como ingenieros tendremos que buscar el diseño que ofrezca un funcionamiento optimo. En este capítulo se presenta un estudio de mercado, mismo que se realizó en el año de 1995, a precios unitarios para tener una referencia de los costos que se manejaron en ese año.

7.1 DESCRIPCION DEL ESTUDIO.

La forma que se presenta para llegar al costo total de la subestación será lo siguiente:

1. Costo del Equipo Eléctrico.
2. Costo de la Obra Civil.

La adquisición del equipo eléctrico, se realiza por una constructora, la cual se encarga de suministrar, colocar y dejar funcionando correctamente el equipo, además de ajustarlo a las especificaciones técnicas del proyecto.

El costo del local donde se localizará la subestación, es el costo de obra civil la cual realiza, con trabajos relacionados para acondicionar y remodelar el área que se determino para el uso de la subestación.

COSTOS UNITARIOS: INSTALACION ELECTRICA.

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.U. (\$)	IMPORTE (\$)
001	PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA DE 150 KW CONTINUOS, 3F, 4H, 220/127 V, 60 HZ SUMINISTRADO Y COLOCADO.	PZA.	1.0	17,142.00	17,142.00
002	EXTINGUIDOR DE BIXIDO DE CARBONO PARA FUEGO ELECTRICO SUMINISTRADO Y COLOCADO TIPO ABC 6 KG.	PZA.	1.0	235.00	235.00
003	PERTIGA DE FIBRA DE VIDRIO Y ALICANTES SUMINISTRO Y COLOCACION.	PZA.	1.0	35.00	35.00
004	TRANSFORMADOR DE POTENCIA GENERAL ELECTRIC CLASE 23 KV, 225 KV, CONEXION DELTA - ESTRELLA, FRECUENCIA 60 HZ, AUTO-ENFRIAMIENTO AO REACTANCIA 4.8 % SUMINISTRADO Y COLOCACION SOBRE BASE	PZA.	1.0	12,000.00	12,000.00
005	CELDA PARA ACOMENTIDA Y EQUIPO DE MEDICION PROPIEDAD DE C.F.E.	PZA.	1.0	C.F.E.	C.F.E.
006	CELDA DE CUCHILLAS DE SERVICIO CONTENIDO: UNA CUCHILLA MARCA HELVEZ, 400 A, 23 KV, 3 POLOS UN TIRO OPERACION SIN CARGA.	PZA.	1.0	28,500.00	28,500.00
007	CELDA PARA INTERRUPTOR CON APARTARAYOS CONTENIENDO: UN INTERRUPTOR EN AIRE MARCA HELVEX, 3 POLOS UN TIRO 23 KV, 440 A OPERACION MANUAL, MONTAJE	PZA.	1.0	29,200.00	29,200.00

SELECCION DE UNA SUBESTACION ELECTRICA PARA UN CENTRO COMERCIAL

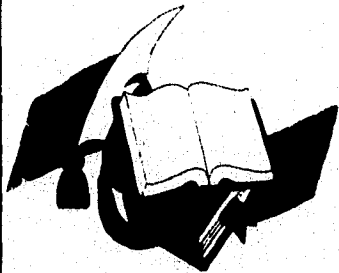
FIJO, PROVISTO DE TRES FUSIBLES
LIMITADORES DE CORRIENTE,
EQUIPADOS CON UN DISPOSITIVO
PARA DISPARO CUANDO ALGUNO DE
LOS FUSIBLES OPERA EN
CORTOCIRCUITO.

008	CELDA DE ACLOPLAMIENTO PARA UNIR MECANICAMENTE Y ELECTRICAMENTE EL TRANSFORMADOR AL GABINETE DEL INTERRUPTOR.	PZA.	1.0	22,800.00	22,800.00
009	TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION PARA OPERAR EN 220 / 127 V, 3 FASES, 4 HILOS, 60 HZ, SERVICIO NORMAL.	PZA.	1.0	17,600.00	17,600.00
010	TABLERO SUBGENERAL DE BAJA TENSION PARA OPERAR EN 220 / 127 V, 3 FASES, 4 HILOS, 60 HZ, SERVICIO NORMAL.	PZA.	2	17,600.00	35,200.00
011	LOTE DE ILUMINACION PARA LOCAL DE LA SUBESTACION, LAMPARAS, APAGADORES, TUBERIA, CABLES ETC.	PZA.	1.0	5,500.00	5,500.00
012	SISTEMAS DE TIERRAS QUE INCLUYE: 100 MTS DE CABLE No. 2 THW. 6 VARILLA TIPO COPPERWELD DE 3 MTS. EQUIPO DE INSTALACION.	PZA.	1.0	4,033.00	4,033.00
				TOTAL	172,245.00

Despues de los conceptos con su respectivo importe unitario se presenta un costo total de la subestacion eléctrica incluye el costo de la obra civil.

1. Equipo Eléctrico.	\$ 175,000.00
2. Obra Civil.	\$ 120,000.00
Costo total de la subestación.	\$ 295,000.00

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

Con el empleo de la energía eléctrica ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial, intervienen una gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico, la subestación eléctrica realiza una función importante para facilitar la distribución de la energía eléctrica en el sistema. Actualmente la subestación eléctrica ha experimentado grandes cambios. En sus inicios eran de dimensiones grandes, en la actualidad por la tecnología permite reducir las dimensiones y acondicionarlas al reducido espacio que se encuentran en la actualidad donde se instala.

El conocimiento de la corriente de cortocircuito permite elaborar los sistemas de seguridad para delimitar la falla en cualquier parte del sistema, lo que impide que afecte al resto del sistema. En la actualidad las protecciones juegan un papel muy importante la cual permite tener una seguridad en los equipos instalados.

Los sistemas de tierras juegan un papel primordial en cualquier instalación eléctrica, por permitir que los voltajes no deseables afecten o perjudiquen al humano y al equipo utilizado.

En el presente trabajo se comprendió los factores que están involucrados para la realización y puesta en marcha, así como los conocimientos teóricos los cuales se fundamentan para la comprensión de los mismos.

APENDICE A



W = Potencia En Watts.

En = Tensión Entre Fase Y Neutro (127 Volts).

Ef = Tensión Entre Fases (220).

Y = Corriente En Amperes Por Conductor.

FP = Factor De Potencia Del Angulo Formado Entre El Vector Tension Y Vector Corriente.

L = Distancia En Metros Desde La Toma De Corriente Hasta El Centro De Carga.

S = Seccion Transversal O Area De Los Conductores En mm² (Area Del Cobre Sin Aislamiento).

e = Caída De Tensión En %.

SISTEMA MONOFASICO A DOS HILOS (1F - 2H)	
$W = En \times I \times FP$	$I = \frac{W}{En \times FP}$
$S = \frac{4 \times L \times I}{En \times e\%} = mm^2$	$e = \frac{4 \times L \times I}{En \times S} = \%$

SISTEMA BIFASICO A TRES HILOS (2F - 3H)	
$W = 2 \times En \times I \times FP$	$I = \frac{W}{2 \times En \times FP}$
$S = \frac{2 \times L \times I}{En \times e\%} = mm^2$	$e = \frac{2 \times L \times I}{En \times S} = \%$

SISTEMA TRIFASICO A CUATRO HILOS (3F - 4H)	
$W = \sqrt{3} \times Ef \times I \times FP$	$I = \frac{W}{\sqrt{3} \times En \times FP}$
$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{Ef \times e\%} = mm^2$	$e = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{Ef \times S} = \%$

TABLA 1

**CAPACIDAD DE CORRIENTE PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES DE COBRE
BASADA EN UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30° C.**

CALIBRE	TIPO DE AISLAMIENTO			A LA INTEMPERIE	
	A.W.G. o M.C.M.	TW	THW VINANEL 900	TW	VINANEL 900 THW
14	15	25	25	20	30
12	20	30	30	25	40
10	30	40	40	40	55
8	40	50	50	55	70
6	55	70	70	80	100
4	70	90	90	105	135
2	95	120	120	140	180
1/0	125	155	155	195	245
2/0	145	185	185	225	285
3/0	165	210	210	260	330
4/0	195	235	235	300	385
250	215	270	270	340	425
300	240	300	300	375	480
400	280	360	360	455	775
500	320	405	405	515	660

TABLA 2

AREA PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES ELECTRICOS DE COBRE SUAVE O RECOCIDO, CON AISLAMIENTO TIPO TW, THW Y VINANEL 900

	CALIBRE A.W.G. o M.C.B.	AREA DEL COBRE EN mm ²	AREA TOTAL CON TODO Y AISLAMIENTO mm ²	AREA TOTAL DE ACUERDO AL CALIBRE Y AL NUMERO DE CONDUCTORES ELECTRICOS, PARA SELECCIONAR EL DIAMETRO DE LAS TUBERIAS mm ²				
				1	2	3	4	5
ALAMBRES	14	2.08	8.30	16,60	24,90	33,20	41,50	49,80
ALAMBRES	12	3.30	10,64	21,28	31,92	42,56	53,20	63,84
ALAMBRES	10	5.27	13,99	27,98	41,97	55,96	69,95	83,94
ALAMBRES	8	8.35	25,70	51,40	77,10	102,80	128,50	164,20
CABLES	14	2.66	9,51	19,02	28,53	38,04	47,55	57,05
CABLES	12	4.23	12,32	24,64	36,96	49,28	61,60	73,92
CABLES	10	6.83	16,40	32,80	49,20	65,60	82,00	98,40
CABLES	8	10.81	29,70	59,40	89,10	118,80	148,50	178,20
CABLES	6	12.00	49,26	98,52	147,78	197,04	246,30	295,55
CABLES	4	27.24	65,61	131,22	196,83	262,44	328,05	393,66
CABLES	2	43.24	89,42	178,84	268,25	357,68	447,10	538,52
CABLES	1/0	70.43	143,99	287,98	431,97	575,96	719,95	863,94
CABLES	2/0	88.91	169,72	339,44	509,16	678,88	848,60	1018,32
CABLES	3/0	111.97	201,08	402,12	603,18	804,24	1005,30	1206,36
CABLES	4/0	141.23	239,98	479,96	719,94	959,92	1199,90	1439,88
CABLES	250	167.65	298,65	597,30	895,95	1194,60	1493,25	1791,90
CABLES	300	201.08	343,07	686,14	1029,21	1372,28	1715,35	2058,42
CABLES	400	268.51	430,05	860,10	1290,15	1720,20	2150,25	2580,30
CABLES	500	334.91	514,72	1029,44	1544,16	2058,88	2573,80	3088,32

TABLA 3

DIAMETROS Y AREAS INTERIORES DE TUBOS CONDUIT Y DUCTOS CUADRADOS

DIÁMETRO NOMINAL		AREAS INTERIORES EN mm ²			
		PARED DELGADA		PARED GRUESA	
PULGADAS	mm	40 %	100 %	40 %	100 %
1/2	13	78	196	96	240
3/4	19	142	356	158	392
1	25	220	551	250	624
1 1/4	32	390	980	422	1056
1 1/2	38	632	1330	570	1424
2	51	874	2185	926	2316
2 1/2	64	---	---	1376	3440
3	76	---	---	2116	5290
4	102	---	---	3575	8938
2 1/2 x 2 1/2	65 x 65	---	---	1638	4096
4 x 4	100 x 100	---	---	4000	10000
6 x 6	150 x 150	---	---	9000	22500

TABLA 4

TIPOS Y CAPACIDADES DE ELEMENTOS FUSIBLES TERMOMAGNETICOS

UN POLO	15 AMP, 20 AMP, 30 AMP, 40 AMP, 50 AMP.
DOS POLOS	15 AMP, 20 AMP, 30 AMP, 40 AMP, 50 AMP, 70 AMP.
TRES POLOS	30 AMP, 70 AMP, 100 AMP, 125 AMP, 150 AMP, 175 AMP, 200 AMP, 225 AMP, 250 AMP, 300 AMP, 350 AMP, 400 AMP, 500 AMP, 600 AMP.

CALIBRE	CAPACIDAD MINIMA PROMEDIO DE CONDUCCION	CAPACIDAD DE LOS ELEMENTOS FUSIBLES O TERMOMAGNETICOS
14	15 AMP.	15 AMP.
12	20 AMP.	20 AMP.
10	30 AMP.	30 AMP.
8	40 AMP.	40 AMP.
6	55 AMP.	50 AMP.
4	70 AMP.	70 AMP.

TABLA 5

**SECCION TRANSVERSAL MINIMA DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA
PARA CANALIZACIONES Y EQUIPOS.**

CAPACIDAD NOMINAL O AJUSTE DEL DISPOSITIVO DE SOBRECORRIENTE UBICADO ANTES DEL EQUIPO, TUBERIA. NO MAYOR DE (AMPERES)	SECCION TRANSVERSAL COBRE		SECCION TRANSVERSAL ALUMINIO	
	mm ²	AWG KCM	mm ²	AWG KCM
15	2.082	14	3.307	12
20	3.307	12	5.260	10
30	5.260	10	8.367	8
40	5.260	10	8.367	8
60	5.260	10	8.367	8
100	8.367	8	13.30	6
200	13.30	6	21.15	4
300	21.15	4	33.62	2
400	27.67	3	42.41	1
500	33.62	2	53.48	1/0
600	42.41	1	67.43	2/0
800	53.48	1/0	85.01	3/0
1 000	67.43	2/0	107.2	4/0
1 200	85.01	3/0	126.7	250
1 600	107.2	4/0	177.3	350
2 000	126.7	250	202.7	400
2 500	177.3	350	304	600
3 000	202.7	400	304	600
4 000	253.4	500	405.4	800
5 000	354.7	700	612	1 200
6 000	405.4	800	612	1 200

TABLA 6

**CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES DE MOTORES MONOFASICOS
Y TRIFASICOS DE CORRIENTE ALTERNA.**

C.P.	W	127 V. MONOFASICOS	220 V. TRIFASICOS
1/6	124.33	4	---
1/4	186.5	5.3	---
1/3	248.66	6.5	---
1/2	373	8.9	2.1
3/4	559.5	11.5	2.9
1	746	14	3.8
1 1/2	1119	18	5.4
2	1492	22	7.1
3	2238	31	10
5	3730	51	15.9
7 1/2	5595	72	23
10	7460	91	29
15	11190	---	44
20	14920	---	56
25	18650	---	71
30	22380	---	84
40	29840	---	109
50	37300	---	136

FECHA: _____

EQUIPO: _____ MOTOR No. _____ CIRCUITO No. _____

CAPACIDAD (HP): _____ FASES: _____ TENSION: _____ V. C. A.

C. P. S. _____ Hz. CORRIENTE A PLENA CARGA (I p c): _____ AMPS.

CANT. DE MOTORES: _____ LOCALIZADO(S): _____

LONG. DEL TAB. PRINCIPAL A MOTOR (ES): _____

CALCULO DE LA SECCION DEL CONDUCTOR:

(1.25 x _____) + _____ = _____ AMPS.

SISTEMA MONOFASICO A DOS HILOS (Fase y Neutro):

$$S = \frac{4 \times L \times I}{En \times e\%} = \text{_____} \text{ mm}^2$$

SISTEMA MONOFASICOS A TRES HILOS (2 Fases y Neutro):

$$S = \frac{2 \times L \times I}{En \times e\%} = \text{_____} \text{ mm}^2$$

SISTEMA TRIFÁSICO A CUATRO HILOS (3 Fases y Neutro):

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{Ef \times e\%} = \text{_____} \text{ mm}^2$$

CONDUCTOR CALIBRE No. _____ AWG. ó MCM. _____ mm²

_____ CONDUCTORES CAL. _____ AWG. ó MCM. _____ T.F. TUBO: _____ mm. ϕ

COMPROBACION POR CAIDA DE TENSION (e %):

e = _____ = _____ %

PROTECCION A MOTORES (INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO ó DE NAVAJAS).

(2.5 x _____) + _____ = _____ AMPS

POLOS: _____ ; AMPERES: _____

DESCRIPCION:		CALCULO:	
REVISO:	FECHA:	ESCALA:	No.
APROVO:	APROVO:	APROVO:	

TABLERO: _____ MARCA: _____
 TIPO: _____
 ZAPATAS PRINCIPALES: _____ AMPERES.
 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO PRINCIPAL: _____ POLOS ; _____ AMPERES.
 SERVICIO: _____
 LOCALIZACION: _____
 ALIMENTADO DEL TABLERO: _____
 CANALIZACION: _____
 LONGITUD: _____ MTS.
 CARGA INSTALADA: _____ WATTS.
 FACTOR DE DEMANDA: _____ %.
 CARGA DEMANDADA: _____ WATTS.
 ESPACIOS VACIOS: _____

 _____ X _____ X = _____ = _____ %.

POR CORRIENTE (AMPERES).
 $I_n = \text{_____} + \text{_____} \% = \text{_____} \text{ AMPERES}$
 $I_c = \frac{I_n}{F.T \times F.A.} = \text{_____} + \text{_____} \% = \text{_____} \text{ AMPERES}$

CALCULO DE LA SECCION DEL CONDUCTOR:
 $S = \text{_____} = \text{_____} \text{ mm}^2$
 EL CALIBRE DEL CONDUCTOR ES No. _____ = _____ mm²

COMPROBACION POR CAIDA DE TENSION:
 $e = \text{_____} = \text{_____} \%.$

DESCRIPCION: CALCULO DE CONDUCTORES DE		CLAVE:	
TABLEROS			
REVISO:	FECHA:	ESCALA:	No.
APROBO:	APROBO:	APROBO:	

APENDICE B



Normas Oficiales del Diario Oficial.

210-19 Conductores.- Los conductores del circuito derivado deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga a servir.

Los conductores activos son de mayor calibre que el conductor neutro, éste deben marcarse

NOTA 1: Por capacidad de conducción de corriente de los conductores.

NOTA 2: Por capacidad de corriente mínima de los conductores de circuitos derivado de motores.

NOTA 3: Por limitaciones de temperatura en los conductores.

NOTA 4: La caída de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación (sea alumbrado fuerza, calefacción, ect.) no exceder del 5%. La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no mayor de 3%.

NOTA 4: Tomando en cuenta que es un sistema de 2 Fases, 3 Hilos; se tiene que es desbalanceado, en consecuencia en un momento dado el neutro común trabaja como fase circulando por el 1.4142 veces la corriente por fase, por lo que el calibre del neutro común se aumenta el área.

NOTA 5: Los conductores de circuitos derivados que alimentan cargas, deben de tener una capacidad de corriente suficientes para las cargas alimentadas y no deben ser menores que la sección transversal de 2.082 mm^2 (14 AWG), para los tableros no deben ser menores que la sección transversal de 5.026 mm^2 (10 AWG).

210-22 Protección del circuito derivado.- La carga total no debe de exceder del circuito derivado y no exceder las cargas máximas especificadas, el cálculo de la protección debe basarse en el 125% de la carga total.

430-21 Conductores para circuitos de motores.- En esta parte se, se especifican las secciones de los conductores con capacidad para alimentar.

- **Un solo motor.** Los conductores derivados para alimentar un solo motor, deberán tener capacidad no menor de 125% de la corriente del motor a plena carga.
- **Varios motores.** Los conductores derivados para alimentar a varios motores, debe basarse en el 125% de la corriente del motor a plena carga más grande, más la suma de las corrientes a plena carga de los otros motores restantes.

430-52 Protección del circuito derivado de uno motor o varios motores.

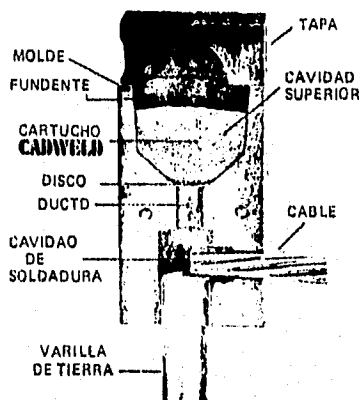
- **Uno motor.** El dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra del circuito derivado del motor, deberá ser capaz de soportar la corriente de arranque del motor.
- **Varios motores.** El dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra del circuito no debe de exceder del 225% de la corriente a plena carga.

APENDICE C



EL PROCESO

CADWELD



3. EL F-80 QUE ES USADO EN TODAS LAS CONEXIONES DE RIEL A RIEL Y TIENE TAPA COLOR NARANJA.

MOLDES CADWELD

LOS MOLDES CADWELD SON FABRICADOS SEGUN EL TIPO DE CONEXION A USARSE Y SON HECHOS CON GRAFITO, YA QUE ES UN MATERIAL QUE RESISTE ALTAS TEMPERATURAS SIN AFECTAR SUS PROPIEDADES, Y POR LO MISMO PERMITE UN USO CONTINUO. LA VIDA DE LOS MOLDES ES DE 50 CONEXIONES APROXIMADAMENTE EN CONDICIONES NORMALES.

SE RECOMIENDA ALMACENAR EN LUGAR SECO.

EL METODO DE SOLDADURA CADWELD PARA LA REALIZACION DE CONEXIONES ELECTRICAS ESTA BASADO EN LA REDUCCION DEL OXIDO DE COBRE POR EL ALUMINIO. ESTA REACCION QUIMICA DESARROLLA UNA CANTIDAD ELEVADA DE CALOR.

PARA LA REALIZACION PRACTICA, SE UTILIZA UN MOLDE DE GRAFITO RESISTENTE A TEMPERATURAS ELEVADAS. EL POLVO DE OXIDO DE COBRE Y ALUMINIO, ASI COMO EL POLVO DE ENCENDIDO SE COLOCAN EN EL INTERIOR DEL MOLDE.

LA REACCION QUIMICA SE INICIA POR MEDIO DE UNA CHISPA Y ES PRACTICAMENTE INSTANTANEA.

EL COBRE LIBERADO POR LA REACCION (APROXIMADAMENTE 1.800°C. EN EL GRADO DE FUSION) BAJA POR UN DUCTO HACIA LA CAVIDAD DE LA SOLDADURA. POR LA INFLUENCIA DEL ELEVADO CALOR DESARROLLADO, LOS METALES BASE SE SUELDAN EN UNA VERDADERA CONEXION MOLECULAR.

EL OXIDO DE ALUMINIO FORMADO SE DEPOSITA EN FORMA DE ESCORIA SOBRE LA SOLDADURA PROPIAMENTE DICHA.

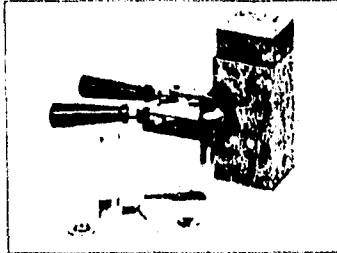
CARTUCHOS CADWELD

LOS CARTUCHOS CADWELD SON EMPACADOS SEGUN SU TAMAÑO, EN TUBOS DE PLASTICO Y EN EL MISMO SE INCLUYE EL FUNDENTE QUE ESTA COMPRIMIDO AL FINAL DEL TUBO, CON CADA CARTUCHO SE SURTE UN DISCO DE HOJA DE LATA. ESTOS CARTUCHOS SE PUEDEN ALMACENAR, TRANSPORTAR Y USAR SIN NINGUN PELIGRO. EL HUMO QUE DESPIDE A LA HORA DE LA REACCION ES INDEFENSIVO.

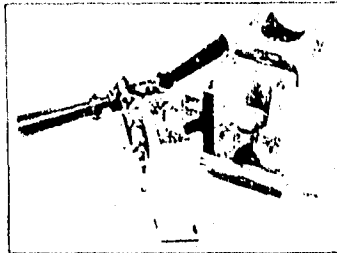
EXISTEN 3 TIPOS DE CARTUCHOS CADWELD PARA SOLDAR AL SISTEMA DE TIERRAS:

1. EL F-20 ES EL CARTUCHO ESTANDAR QUE SE USA EN TODAS LAS CONEXIONES DE COBRE Y COBRE A ACERO ESTRUCTURAL Y SE DIFERENCIA POR TENER TAPA COLOR NEUTRO.
2. EL F-33 ES USADO EN TODAS LAS CONEXIONES QUE SEAN DE PROTECCION CATODICA Y SE DIFERENCIA POR TENER TAPA COLOR VERDE.

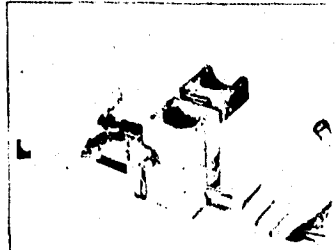
EL PROCESO CADWELD



- 1** ○ EQUIPO PARA SOLDAR: a) Manija para sujetar molde, b) Molde (siempre deberá estar seco), c) Chispero, d) Cartucho y disco de acero (almacenar en lugar seco).
○ El número de cartucho a usarse se encuentra señalado en la placa del molde.



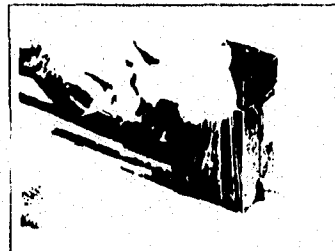
- 2** ○ Si el cable es aislado, retirar el aislante.
○ El cable debe estar seco y limpio.
○ Colocar los cables dentro del molde.
○ Cerrar la manija.



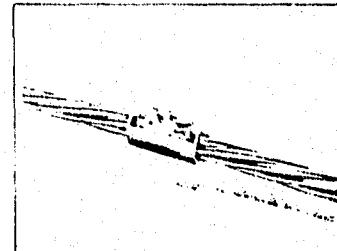
- 3** ○ Mirar a través del orificio superior y asegurarse que los cables deberán estar a tope al centro del orificio.
○ Colocar el disco de acero dentro del crisol, asegurándose de que esté bien puesto.



- 4** ○ Colocando el cartucho sobre el molde.
○ Quitar la tapa y sacarlo.
○ Golpear en el plástico para vaciar el fulminante (pólvora) sobre el crisol.



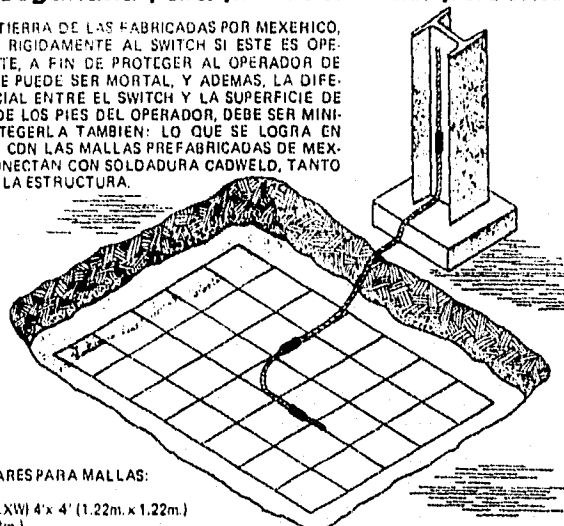
- 5** ○ Cerrar la tapa.
○ Prender el fulminante con el chispero.
○ Actuar en los dos casos de 10 segundos.



- 6** ○ CONEXION CADWELD TERMINADA
○ Limpiar el molde con papel periódico o material suave para prolongar su vida.

Mallas de seguridad para protección del personal

UNA MALLA PARA TIERRA DE LAS FABRICADAS POR MEXERICO, DEBE CONECTARSE RIGIDAMENTE AL SWITCH SI ESTE ES OPERADO MANUALMENTE, A FIN DE PROTEGER AL OPERADOR DE UNA DESCARGA QUE PUEDE SER MORTAL, Y ADEMÁS, LA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE EL SWITCH Y LA SUPERFICIE DE TERRENO DEBAJO DE LOS PIES DEL OPERADOR, DEBE SER MINIMA, A FIN DE PROTEGERLA TAMBIEN: LO QUE SE LOGRA EN FORMA ECONOMICA CON LAS MALLAS PREFABRICADAS DE MEXERICO, Y QUE SE CONECTAN CON SOLDADURA CADWELD, TANTO AL SWITCH, COMO A LA ESTRUCTURA.



MEDIDAS ESTANDARES PARA MALLAS:

TAMAÑO MALLA (LXW) 4' x 4' (1.22m. x 1.22m.)
 y 4' x 6' (1.22m x 1.82m.)
 ABERTURA DE LA MALLA (M) 2' x 2" (50.8 mm.
 x 50.8mm.) MINIMO.
 12" x 12" (304.7 mm. x 304.7 mm.) MAXIMO Y
 EN INCREMENTOS DE 2" (50.8 mm.)
 CALIBRE DEL ALAMBRE: #6 ó #8 AWG.
 TIPO DE ALAMBRE: TIPO COPPERWELD DE
 30% ó 40% DE CONDUCTIVIDAD O COBRE
 SOLIDO.
 CABLE CENTRAL (OPCIONAL): CABLE DE CO-
 BRE DE 1/0 AWG CON O SIN SALIENTE DE
 6" (157.38MM.) EN AMBOS EXTREMOS.

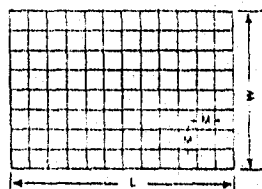


FIG. 1 MALLA DE SEGURIDAD ESTANDAR.

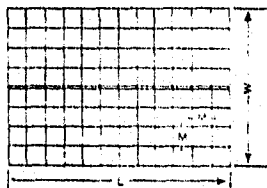


FIG. 2 MALLA DE SEGURIDAD CON CABLE CENTRAL

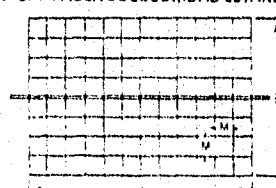
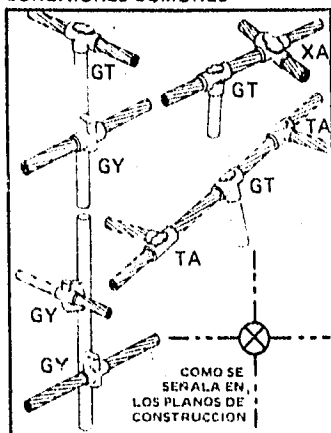


FIG. 3 MALLA DE SEGURIDAD CON SALIENTE EN AMBOS EXTREMOS

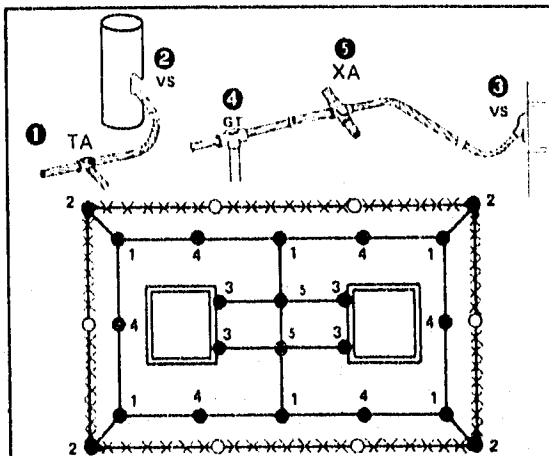
Información técnica

CONEXIONES COMUNES



CONEXIONES A VARILLA DE TIERRA

CUANDO EN UN PLANO DE CONSTRUCCION SEÑALAN LAS VARILLAS A TIERRAS SE PUEDEN UTILIZAR TODOS LOS TIPOS ARRIBA MOSTRADOS.



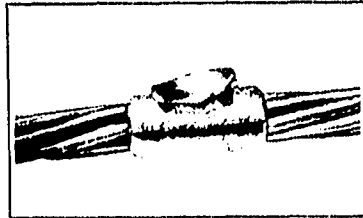
LAS CONEXIONES MAS COMUNES, EN UNA SUBESTACION, SON LAS MOSTRADAS ARRIBA (TA, VS, GT, XA).

DATOS DE REFERENCIA

CONDUCTORES BASADOS EN LOS ESTANDARES A.S.T.M.

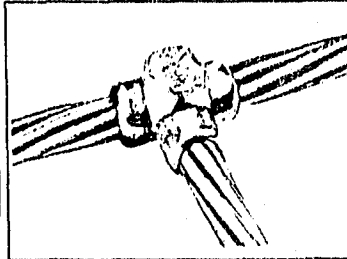
Cálculo MILL.	CALIBRE A.W.G.	DIAMETRO CONDUCTOR		Código CADWELD
		Pulgadas	Milímetros	
1,000,000		1.152	29.26	4Y
800,000		1.031	26.18	4Q
750,000		.898	25.35	4L
700,000		.964	24.48	4G
600,000		.893	22.68	3X
500,000		.813	20.66	3Q
400,000		.728	18.49	3H
350,000		.681	17.29	3D
300,000		.630	16.00	3A
250,000		.575	14.60	2V
211,600	4/0	.528	13.41	2Q
167,800	3/0	.470	11.93	2L
133,100	2/0	.419	10.64	2G
105,500	1/0	.373	9.47	2C
83,650	1	.332	8.43	1Y
60,370	2	.292	7.41	1V
52,630	3	.260	6.60	1Q
41,740	4	.232	5.89	1L
26,240	6	.184	4.67	1H
16,510	8	.146	3.70	1E
10,380	10	.118	2.94	1B
6,530	12	.0916	2.32	--
4,110	14	.0726	1.84	--

**CABLE A CABLE
TIPO SS**



CONEXION DE CABLE HORIZONTAL

**CABLE A CABLE
TIPO TA**



"T" HORIZONTAL, CABLE DE PASO Y DERIVACION

Calibre del cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Certucho
#6*	SSC-1H	C	#35
4	SSC-1L	C	35
3	SSC-1D	C	32
2	SSC-1V	C	32
1	SSC-1Y	C	32
1/0	SSC-2C	C	45
2/0	SSC-2G	C	65
3/0	SSC-2L	C	90
4/0	SSC-2O	C	90
250	SSC-2V	C	115
300	SSC-3A	C	115
350	SSC-3D	C	150
500	SSC-3O	C	200
750	SSD-4L	D	2-150
1000	SSD-4Y	D	2-200

* Requiere casquillo B-112 (2 por soldadura)

Calibre del cable		Molde Cat. No.	Precio Molde	Certucho
Paso	Derivación			
#4	#4	TAC-1L1L	C	#32
3	3	TAC-1Q1Q	C	32
2	2	TAC-1V1V	C	45
	4	TAC-1V1L	C	45
1	1	TAC-1Y1Y	C	45
	2	TAC-1Y1V	C	45
	4	TAC-1Y1L	C	45
1/0	1/0	TAC-2C2C	C	90
	1	TAC-2C1V	C	45
	2	TAC-2C1V	C	45
	4	TAC-2C1L	C	45
2/0	2/0	TAC-2G2O	C	90
	1/0	TAC-2G2C	C	90
	1	TAC-2G1V	C	45
	2	TAC-2G1V	C	45
3/0	4	TAC-2O1L	C	45
	3/0	TAC-2L2L	C	115
	2/0	TAC-2L2G	C	90
	1/0	TAC-2L2C	C	90
1	1	TAC-2L1Y	C	45
	2	TAC-2L1V	C	45
	4	TAC-2L1L	C	45

**Varilla de tierra a varilla de tierra
TIPO GB**



CONEXIÓN DE VARILLA A VARILLA PARA PROLONGAR LA LONGITUD Y MEJORAR LOS NIVELES DE CONDUCTIVIDAD

Tamaño Varilla	Molde Cat. No.	Precio Molde	Certucho
DE 1/2" A 1/2" (12.7 A 12.7 mm.)	GBC-14	C	= 150
DE 5/8" A 5/8" (15.87 A 15.87 mm.)	GBC-16	C	200
DE 3/4" A 3/4" (19.05 A 19.05 mm.)	GBC-18	C	2-150

NOTA: EL SUJETADOR B-265 (VER PAG. 31) ES RECOMENDADO PARA SOPORTAR LAS VARILLAS MIENTRAS SON SOLDADAS.

**CABLE A ACERO
TIPO HS**



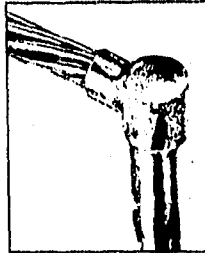
TIPO HS

CONEXIÓN DE CABLE A PLACA HORIZONTAL O TUBERÍA (CABLE SEPARADO DE LA SUPERFICIE)

Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Certucho
1/0	HSC-2C	C	=80
2/0	HSC-2G	C	90
3/0	HSC-2L	C	115
4/0	HSC-2D	C	115
250	HSC-2V	C	115
300	HSC-3A	C	150
350	HSC-3D	C	200
500	HSC-3D	C	300
250	HSD-4L	C	2-150
1000	HSD-4Y	D	2-200

CABLE A VARILLA DE TIERRA

TIPO GR



CABLE A TOPE CON VARILLA DE TIERRA

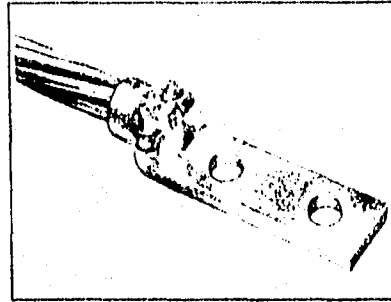
Diámetro Varilla	Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
1/2"	#4	GRC-141L	C	#65
	2	GRC-141V	C	65
	1	GRC-141Y	C	65
	1/0	GRC-142C	C	90
	2/0	GRC-142G	C	90
	3/8	GRC-142L	C	90
	4/0	GRC-142Q	C	90
	250	GRC-142V	C	90
	300	GRC-143A	C	90

Diámetro Varilla	Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
3/4"	#4	GRC-181L	C	#90
	2	GRC-181V	C	90
	1	GRC-181Y	C	90
	1/0	GRC-182C	C	90
	2/0	GRC-182G	C	90
	3/0	GRC-182L	C	90
	4/0	GRC-182Q	C	90
	250	GRC-182V	C	90
	300	GRC-183A	C	115
	350	GRC-183D	C	115
	500	GRC-183G	C	150
	750	GRC-184L	C	250

Diámetro Varilla	Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
5/8"	#4	GRC-161L	C	#65
	2	GRC-161V	C	65
	1	GRC-161Y	C	65
	1/0	GRC-162C	C	90
	2/0	GRC-162G	C	90
	3/0	GRC-162L	C	90
	4/0	GRC-162Q	C	90
	250	GRC-162V	C	90
	300	GRC-163A	C	115
350	GRC-163D	C	115	
500	GRC-163G	C	150	

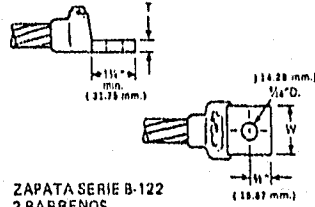
LA CONEXION CADWELD DE CABLE A VARILLA DE TIERRAS, SE PUEDE USAR EN LA VARILLA TIPO COPPERWELD, EN LA VARILLA ENCHAQUETADA O EN VARILLA GALVANIZADA.
PARA DIAMETROS MAYORES PEDIR INFORMACION A MEXERICO, S.A.

CABLE A ZAPATA
TIPO GL

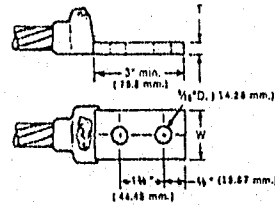


CABLE A ZAPATA

ESPECIFICACIONES NEMA
ZAPATA SERIE B-121
1 BARRENO



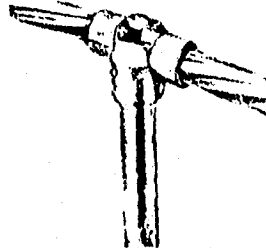
ZAPATA SERIE B-122
2 BARRENOS



Calibre Cable	Molde Cat No	Cortejo	Zapata Tamaño TXW (Pulg.)	Zapata Tamaño TXW (mm)	Zapata Cat. No.	
					1 Barreno	2 Barrenos
8	GLC-CE1L	32	1/8 x 1	3.175 x 25.4	B-121-CE	B-122-CE
2	GLC-CE1V	32	1/8 x 1	3.175 x 25.4	B-121-CE	B-122-CE
1	GLC-CE1Y	32	1/8 x 1	3.175 x 25.4	B-121-CE	B-122-CE
1/0	GLC-CE2C	45	1/8 x 1	3.175 x 25.4	B-121-CE	B-122-CE
2/0	GLC-CE2G	45	1/8 x 1	3.175 x 25.4	B-121-CE	B-122-CE
3/0	GLC-CE2L	65	1/8 x 1	3.175 x 25.4	B-121-CE	B-122-CE
4/0	GLC-CE2Q	65	3/16 x 1	4.75 x 25.4	B-121-OE	B-122-OE
250	GLC-EE2V	65	3/16 x 1	4.75 x 25.4	B-121-OE	B-122-OE
300	GLC-EE3A	90	1/4 x 1	6.35 x 25.4	B-121-EE	B-122-EE
350	GLC-EE3O	90	1/4 x 1	6.35 x 25.4	B-121-EE	B-122-EE
500	GLC-EG3Q	150	1/4 x 1 1/2	6.35 x 38.1	B-121-EG	B-122-EG

CABLE A VARILLA DE TIERRA

TIPO GT



CABLE DE PASO A VARILLA DE TIERRA EN POSICION "T"

Diámetro Varilla	Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
1/2"	#4	GTC-141L	C	90
	2	GTC-141V	C	80
	1	GTC-141Y	C	90
	1/0	GTC-142C	C	90
	2/0	GTC-142G	C	90
	3/0	GTC-142L	C	115
	4/0	GTC-142Q	C	115
	250	GTC-142V	C	150
	300	GTC-143A	C	200

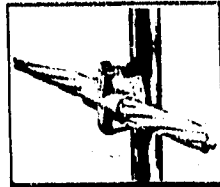
Diámetro Varilla	Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
3/4"	#4	GTC-181L	C	90
	2	GTC-181V	C	80
	1	GTC-181Y	C	90
	1/0	GTC-182C	C	115
	2/0	GTC-182G	C	115
	3/0	GTC-182L	C	115
	4/0	GTC-182Q	C	115
	250	GTC-182V	C	150
	300	GTC-183A-	C	200
	350	GTC-183D	C	200
500	GTC-183Q	C	250	
750	GTC-184L	D	2-200	

Diámetro Varilla	Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
5/8"	#4	GTC-161L	C	90
	2	GTC-161V	C	80
	1	GTC-161Y	C	90
	1/0	GTC-162C	C	90
	2/0	GTC-162G	C	115
	3/0	GTC-162L	C	115
	4/0	GTC-162Q	C	115
	250	GTC-162V	C	150
	300	GTC-163A	C	200
	350	GTC-163D	C	200
500	GTC-163Q	C	250	

LA CONEXION CADWELD DE CABLE A VARILLA DE TIERRAS, SE PUEDE USAR EN LA VARILLA TIPO COPPERWELD, EN LA VARILLA ENCHAQUETADA, O EN VARILLA GALVANIZADA. PARA DIAMETROS MAYORES, PEDIR INFORMACION A MEXERICO, S.A.

CABLE A VARILLA DE TIERRA

TIPO GY



CABLE DE PASO A VARILLA DE TIERRA A CUALQUIER ALTURA

Diámetro Varilla	Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
1/2"	#4	GYE-141L	E	90
	2	GYE-141V	E	90
	1	GYE-141Y	E	115
	1/0	GYE-142C	E	115
	2/0	GYE-142G	E	115
	3/0	GYE-142L	E	158
	4/0	GYE-142Q	E	150
	250	GYE-142V	E	150
	300	GYE-143A	E	200

Diámetro Varilla	Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
3/4"	#4	GYE-181L	E	90
	2	GYE-181V	E	90
	1	GYE-181Y	E	115
	1/0	GYE-182C	E	115
	2/0	GYE-182G	E	115
	3/0	GYE-182L	E	150
	4/0	GYE-182Q	E	150
	250	GYE-182V	E	200
	300	GYE-183A	E	250
	350	GYJ-183D	J	2-150
500	GYJ-183Q	J	500	
750	GYJ-184L	J	3-250	

Diámetro Varilla	Calibre Cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
5/8"	#4	GYE-161L	E	90
	2	GYE-161V	E	90
	1	GYE-161Y	E	115
	1/0	GYE-162C	E	115
	2/0	GYE-162G	E	115
	3/0	GYE-162L	E	150
	4/0	GYE-162Q	E	150
	250	GYE-162V	E	150
	300	GYE-163A	E	200
	350	GYE-163D	E	250
500	GYJ-163Q	J	2-200	

LA CONEXION CADWELD DE CABLE A VARILLA DE TIERRAS, SE PUEDE USAR EN LA VARILLA TIPO COPPERWELD, EN LA VARILLA ENCHAQUETADA, O EN VARILLA GALVANIZADA.

PARA DIAMETROS MAYORES, PEDIR INFORMACION A MEXERICO, S.A.

CABLE A CABLE
TIPO PC

Conexión CADWELD con derivación paralela...
Para la mayoría de cables usados en sistemas de tierras, cobre, copperweld y acero.



Conexión con derivación paralela de cables horizontales.

Cable de cobre redondo concéntrico

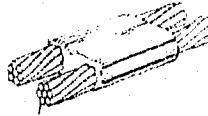
Calibre del cable		Molde Cat. No.	Precio Molde	Cartucho
Paso	derivación			
6 Sólido	6 Sólido	PCC-1G1G	C	25
6	6	PCC-1H1H	C	25
4	4	PCC-1L1L	C	32
	6	PCC-1L1H	C	32
	6 Sólido	PCC-1L1G	C	32
	6 Sólido	PCC-1L1D	C	32
2	2	PCC-1V1V	C	65
	4	PCC-1V1L	C	45
	6	PCC-1V1H	C	32
	6 Sólido	PCC-1V1G	C	32
	6 Sólido	PCC-1V1D	C	32
1	2	PCC-1Y1V	C	65
	4	PCC-1Y1L	C	45
	6	PCC-1Y1H	C	45
	6 Sólido	PCC-1Y1G	C	45
	6 Sólido	PCC-1Y1D	C	45
1D	2	PCC-2D1V	C	65
	4	PCC-2D1L	C	65
	6	PCC-2D1H	C	45
	6 Sólido	PCC-2D1G	C	45
	6 Sólido	PCC-2D1D	C	45
2D	2	PCC-2D1V	C	65
	4	PCC-2D1L	C	65
	6	PCC-2D1H	C	65
	6 Sólido	PCC-2D1G	C	65
	6 Sólido	PCC-2D1D	C	65
4	1	PCC-2D1V	C	115
	2	PCC-2D1L	C	115
	4	PCC-2D1H	C	90
	6	PCC-2D1H	C	90
	6 Sólido	PCC-2D1G	C	90
	6 Sólido	PCC-2D1D	C	90

TIPO PP



Empalme Horizontal en Angulo Recto

TIPO PG



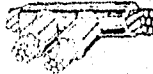
Empalme horizontal de cables paralelos en forma plana (uno al lado del otro)

TIPO TL



Empalme en "T" con derivación vertical a tope con el cable de paso

TIPO TD



Empalme en "T" con dos o más derivaciones horizontales a tope con el cable de paso.

TIPO YR



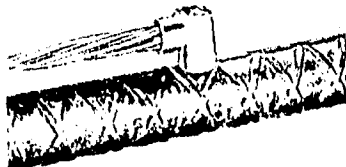
Empalme en "Y" horizontal. La derivación con ángulo de 45ºC. Favor especificar si la derivación va a la izquierda o a la derecha. Aquí se muestra a la derecha.

Para mayor información acerca de estas conexiones llamar a nuestro Depto. de ventas.

CABLE A VARILLA CORRUGADA

TIPO RR

Conexión de varilla horizontal a cable en paralelo



Calibre Varilla	Calibre Cable	Catalogo No.	Pre-D	No. Cartucho	No. de Parte del Empaque
3	6	RRC-611H	C	25	None
	4	RRC-611L	C	32	None
	2	RRC-611V	C	45	None
	1	RRC-611Y	C	65	None
	1/0	RRC-612C	C	90	None
	2/0	RRC-612L	C	90	None
	3/0	RRC-612L	C	115	None
4/0	RRC-612L	C	115	None	
4	6	RRA-621H	At	25	B-143A
	4	RRA-621L	At	32	B-143A
	2	RRA-621V	At	45	B-143A
	1	RRA-621Y	At	65	B-143A
	1/0	RRC-622C	C	90	B-141A
	2/0	RRC-622L	C	90	B-141A
	3/0	RRC-622L	C	115	B-141A
4/0	RRC-622L	C	115	B-141A	
5	6	RRA-631H	At	25	B-143A
	4	RRA-631L	At	32	B-143A
	2	RRA-631V	At	45	B-143A
	1	RRA-631Y	At	65	B-143A
	1/0	RRC-632C	C	90	B-141A
	2/0	RRC-632L	C	90	B-141A
	3/0	RRC-632L	C	115	B-141A
4/0	RRC-632L	C	115	B-141A	
6	6	RRA-641H	At	25	B-143B
	4	RRA-641L	At	32	B-143B
	2	RRA-641V	At	45	B-143B
	1	RRA-641Y	At	65	B-143B
	1/0	RRH-642C	Ht	90	B-144C
	2/0	RRH-642L	Ht	90	B-144C
	3/0	RRH	Ht	115	B-144C
4/0	RRH-642L	Ht	115	B-143C	
	4	RRA-651L	At	32	B-143B
	2	RRA-651V	At	45	B-143B
	1	RRA-651Y	At	65	B-143B
	1/0	RRH-652C	Ht	90	B-144A
	2/0	RRH-652L	Ht	90	B-144A
	3/0	RRH-652L	Ht	115	B-144A
	4/0	RRH-652L	Ht	115	B-144A

Para calibres mayores por favor de comunicarse a la planta.

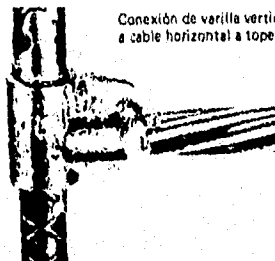
TIPO RH

Conexión de varilla horizontal a cable horizontal a tope



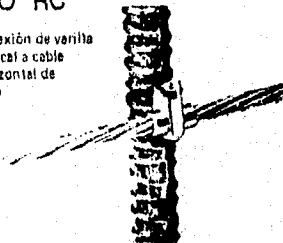
TIPO RJ

Conexión de varilla vertical a cable horizontal a tope



TIPO RC

Conexión de varilla vertical a cable horizontal de paso



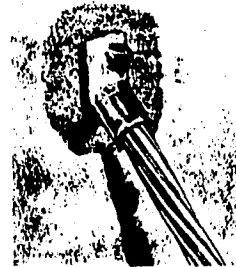
Para información de estas conexiones o de las no incluidas, por favor comunicarse a la planta.



TIPO VS - CABLE A 45° A TUBO VERTICAL

Calibre Cable	Diametro del Tubo Vertical	Molde Cat. No.	Proceso Molde	Cartucho
# 4	DE 1 1/2" A 4"	VSC-1V-V3C	C	# 45
	DE 4" A 6"	VSC-1V-V5C	C	45
	DE 6" A 10"	VSC-1V-V8C	C	45
	DE 12" A 30"	VSC-1V-V21C	C	45
	DE 32" O MAS	VSC-1V	C	45
2	DE 1 1/2" A 4"	VSC-1V-V3C	C	45
	DE 4" A 6"	VSC-1V-V5C	C	45
	DE 6" A 10"	VSC-1V-V8C	C	45
	DE 12" A 30"	VSC-1V-V21C	C	45
	DE 32" O MAS	VSC-1V	C	45
1	DE 2" A 4"	VSC-1V-V3C	C	65
	DE 4" A 6"	VSC-1V-V5C	C	65
	DE 6" A 10"	VSC-1V-V8C	C	65
	DE 12" A 30"	VSC-1V-V21C	C	65
	DE 32" O MAS	VSC-1V	C	65
1/0	DE 2" A 4"	VSC-2V-V3C	C	90
	DE 4" A 6"	VSC-2V-V5C	C	90
	DE 6" A 10"	VSC-2V-V8C	C	90
	DE 12" A 30"	VSC-2V-V21C	C	90
	DE 32" O MAS	VSC-2V	C	90
2/0	DE 2" A 4"	VSC-2V-V3C	C	90
	DE 4" A 6"	VSC-2V-V5C	C	90
	DE 6" A 10"	VSC-2V-V8C	C	90
	DE 12" A 30"	VSC-2V-V21C	C	90
	DE 32" O MAS	VSC-2V	C	90
3/0	DE 2" A 4"	VSC-2V-V3C	C	116
	DE 4" A 6"	VSC-2V-V5C	C	116
	DE 6" A 10"	VSC-2V-V8C	C	116
	DE 12" A 30"	VSC-2V-V21C	C	116
	DE 32" O MAS	VSC-2V	C	116
4/0	DE 2" A 4"	VSC-2V-V3C	C	116
	DE 4" A 6"	VSC-2V-V5C	C	116
	DE 6" A 10"	VSC-2V-V8C	C	116
	DE 12" A 30"	VSC-2V-V21C	C	116
	DE 32" O MAS	VSC-2V	C	116

CABLE A ACERO
TIPO VS



TIPO VS - CABLE A 45° A PLACA DE ACERO VERTICAL

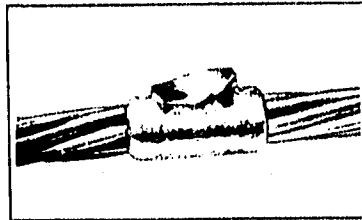
Calibre Cable	Molde Cat. No.	Proceso Molde	Cartucho
#6*	VSC-1H	C	#45
4	VSC-1L	C	45
2	VSC-1V	C	45
1	VSC-1Y	C	65
1/0	VSC-2C	C	90
2/0	VSC-2G	C	90
3/0	VSC-2L	C	116
4/0	VSC-2O	C	116
256	VSC-2V	C	116
300	VSC-3A	C	150
350	VSC-3D	C	200
500	VSC-3Q	C	200
750	VSC-4L	C	2-150
1000	VSC-4V	C	2-200

* Requiere esquisito B-112 (1 por soldadura)
NOTA: Se recomienda utilizar pintura galvanizadora para evitar la oxidación.

EQUIVALENCIAS DE PULGADAS A MILIMETROS

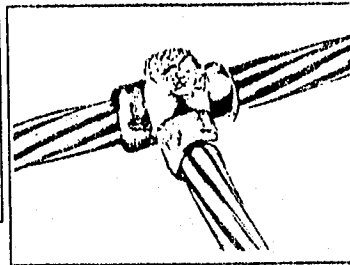
1 1/2" A 4"	38.1 mm. A 101.6 mm.
2" A 4"	50.8 mm. A 101.6 mm.
4" A 6"	101.6 mm. A 152.4 mm.
6" A 10"	152.4 mm. A 253.8 mm.
12" A 30"	304.8 mm. A 761.99 mm.
32" O MAS	812.79 mm. O MAS

CABLE A CABLE
TIPO SS



CONEXION DE CABLE HORIZONTAL

CABLE A CABLE
TIPO TA



"T" HORIZONTAL, CABLE DE PASO Y DERIVACION

Calibre del cable	Molde Cat. No.	Precio Molde	Certucho
#6*	SSC-1H	C	#26
4	SSC-1L	C	26
3	SSC-1Q	C	32
2	SSC-1V	C	32
1	SSC-1Y	C	32
1/0	SSC-2C	C	45
2/0	SSC-2D	C	65
3/0	SSC-2L	C	80
4/0	SSC-2Q	C	80
250	SSC-2V	C	115
300	SSC-3A	C	115
350	SSC-3D	C	150
500	SSC-3Q	C	200
750	SSD-4L	D	2-150
1000	SSD-4Y	D	2-200

* (Requiere casquillo 0-112
(2 por soldadura))

Calibre del cable		Molde Cat. No.	Precio Molde	Certucho
Peso	derivación			
#4	#4	TAC-1L1L	C	#32
3	3	TAC-1Q1Q	C	32
2	2	TAC-1V1V	C	45
	4	TAC-1Y1L	C	45
1	1	TAC-1Y1V	C	45
	2	TAC-1Y1V	C	45
	4	TAC-1Y1L	C	45
1/0	1/0	TAC-2C2C	C	80
	1	TAC-2C1Y	C	45
	2	TAC-2C1V	C	45
	4	TAC-2C1L	C	45
2/0	2/0	TAC-2Q2Q	C	90
	1/0	TAC-2Q2C	C	80
	1	TAC-2Q1Y	C	45
	2	TAC-2Q1V	C	45
3/0	4	TAC-2Q1L	C	45
	3/0	TAC-2L2L	C	115
	2/0	TAC-2L2Q	C	80
	1/0	TAC-2L2C	C	80
1	1	TAC-2L1Y	C	45
	2	TAC-2L1V	C	45
	4	TAC-2L1L	C	45

CABLE A CABLE TIPO XB



CONEXION EN X HORIZONTAL
DE DOS CABLES DE PASO

Calibre del cable		Modelo Cat. No.	Precio Modelo	Cartucho
Paso A	Paso B			
1/4	1/4	XBC-1L1L	C	65
3	3	XBC-1Q1Q	C	65
2	2	XBC-1V1V	C	90
	4	XBC-1V1L	C	65
1	1	XBC-1V1Y	C	115
	2	XBC-1V1V	C	90
	4	XBC-1Y1L	C	90
1/0	1/0	XBM-2C2C	M	158
	1	XBM-2C1Y	M	150
	2	XBM-2C1V	M	115
	4	XBM-2C1L	M	115
2/0	2/0	XBM-2G2G	M	200
	1/0	XBM-2G2C	M	200
	1	XBM-2G1Y	M	150
	2	XBM-2G1V	M	150
3/0	3/0	XBM-2L2L	M	250
	2/0	XBM-2L2G	M	200
	1/0	XBM-2L2C	M	200
	1	XBM-2L1Y	M	150
	2	XBM-2L1V	M	150
4/0	4/0	XBM-2Q2Q	M	250
	3/0	XBM-2Q2L	M	250
	2/0	XBM-2Q2G	M	200
	1/0	XBM-2Q2C	M	200
	1	XBM-2Q1Y	M	150
	2	XBM-2Q1V	M	150

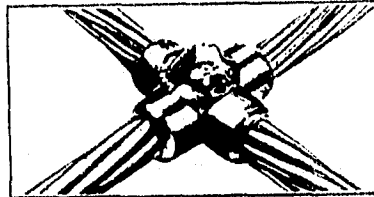
Calibre del Cable		Modelo Cat. No.	Precio Modelo	Cartucho
Paso A	Paso B			
250	250	XBM-2V2V	M	2-150
	4/0	XBM-2V2Q	M	2-150
	3/0	XBM-2V2L	M	2-150
	2/0	XBM-2V2G	M	250
	1/0	XBM-2V2C	M	250
	1	XBM-2V1Y	M	200
300	2	XBM-2V1V	M	150
	300	XBV-3A3A	V	2-200
	250	XBV-3A2V	V	2-200
	4/0	XBM-3A3Q	M	2-150
	3/8	XBM-3A2L	M	2-150
	2/0	XBM-3A2G	M	250
350	1/0	XBM-3A2C	M	250
	1	XBM-3A1Y	M	200
	2	XBM-3A1V	M	150
	350	XBV-3D3D	V	500
	300	XBV-3D3A	V	500
	250	XBV-3D2V	V	500
500	4/0	XBV-3D2G	V	2-200
	3/0	XBV-3D2L	V	2-200
	2/0	XBM-3D2C	M	2-150
	1/0	XBM-3D1Y	M	250
	1	XBM-3D1V	M	200
	2	XBM-3D1V	M	200
600	600	XBV-3Q3Q	V	3-250
	350	XBV-3Q3Q	V	3-250
	300	XBV-3Q3A	V	3-200
	250	XBV-3Q2V	V	500
	4/0	XBV-3Q2G	V	500
	3/0	XBV-3Q2L	V	500
4/0	2/0	XBM-3Q2C	M	2-200
	1/0	XBM-3Q1Y	M	2-150
	1	XBM-3Q1V	M	250
	2	XBM-3Q1V	M	250

A: CABLE PRINCIPAL
B: CABLE SECUNDARIO

CABLE A CABLE

TIPO XA

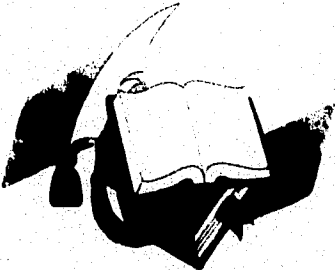
CONEXION EN "X"
HORIZONTAL DE UN
CABLE DE PASO Y
DOS DERIVACIONES



Calibre del cable		Molda Cyl. No.	Precio Molda	Cortucho
Paso	Derivacion			
#4	#4	XAC-1L1L	C	#45
	3	XAC-1Q1Q	C	45
2	2	XAC-1V1V	C	65
	4	XAC-1V1L	C	65
1	1	XAC-1Y1Y	C	65
	2	XAC-1Y1V	C	65
	4	XAC-1Y1L	C	65
1/0	1/0	XAC-2C2C	C	90
	1	XAC-2C1V	C	90
	2	XAC-2C1V	C	90
	4	XAC-2C1L	C	90
2/0	2/0	XAC-2G2G	C	115
	1/0	XAC-2G2C	C	115
	1	XAC-2G1Y	C	115
	2	XAC-2G1V	C	115
3/0	3/0	XAC-2L2L	C	150
	2/0	XAC-2L2G	C	150
	1/0	XAC-2L2C	C	115
	1	XAC-2L1V	C	115
	2	XAC-2L1V	C	115
4/0	4/0	XAC-2Q2Q	C	200
	3/0	XAC-2Q2L	C	200
	2/0	XAC-2G2G	C	150
	1/0	XAC-2Q2C	C	150
	1	XAC-2Q1V	C	115
250	250	XAC-2V2V	C	300
	4/0	XAC-2V2Q	C	200
	3/0	XAC-2V2L	C	250
	2/0	XAC-2V2G	C	150

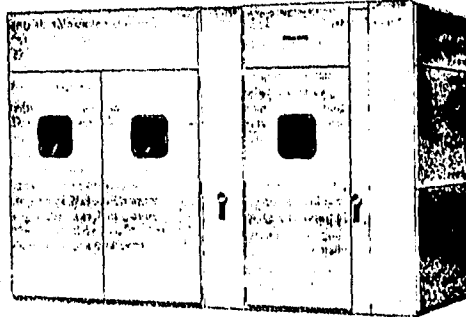
Calibre del cable		Molda Cyl. No.	Precio Molda	Cortucho
Paso	Derivacion			
250	1/0	XAC-2V2C	C	#150
	1	XAC-2V1V	C	115
	2	XAC-2V1V	C	115
300	300	XAC-3A3A	C	250
	250	XAC-3A2V	C	250
	4/0	XAC-3A2Q	C	200
	3/0	XAC-3A2L	C	200
	2/0	XAC-3A2G	C	150
	1/8	XAC-3A2C	C	150
	1	XAC-3A1V	C	115
350	2	XAC-3A1V	C	115
	350	XAC-3D3D	C	280
	300	XAC-3D3A	C	250
	250	XAC-3D2V	C	250
	4/0	XAC-3D2Q	C	200
	3/0	XAC-3D2L	C	200
	2/0	XAC-3D2G	C	200
500	1/0	XAC-3D2C	C	200
	1	XAC-3D1V	C	150
	2	XAC-3D1V	C	150
	500	XAD-3Q3Q	D	500
	350	XAD-3Q3D	D	2-200
	300	XAD-3Q3A	D	2-200
	250	XAD-3Q2V	D	2-150
600	4/0	XAD-3Q2Q	D	2-150
	3/0	XAD-3Q2L	D	2-150
	2/0	XAC-3Q2G	C	250
	1/0	XAC-3Q2C	C	250
	1	XAC-3Q1V	C	200
	2	XAC-3Q1V	C	200

APENDICE D



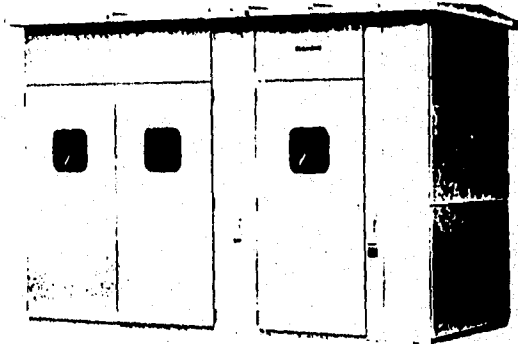
Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

AUT. NOM-1-10188



Subestación compacta servicio Interior 23 Kv.

Subestación compacta servicio
Intemperie 23 Kv.



A solicitud del cliente se suministra
con transformador.

SIEMENS

1

Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

Descripción y utilización

Generalidades

Las subestaciones compactas para 23 Kv, servicio interior ó intemperie, están contruidas en lámina de acero zolada en frío, autosoportadas, totalmente pintadas y terminadas para su instalación. Constan básicamente de cuatro gabinetes individuales y sus correspondientes barras colectoras.

El ensamble de los gabinetes y las barras en el lugar de la instalación se realiza por medio de tornillos y tuercas.

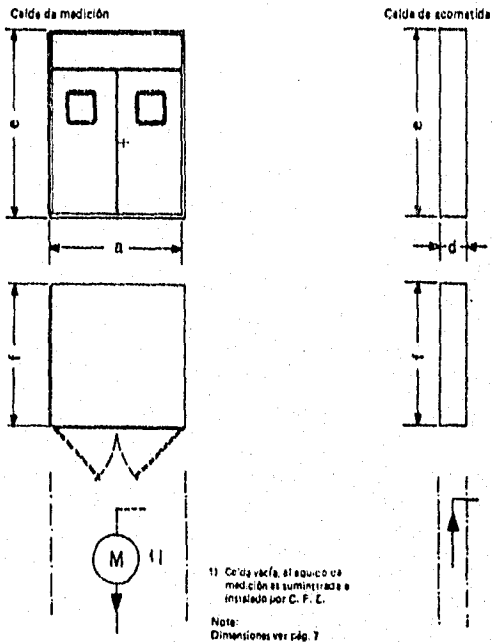
Celda de medición

La celda de medición tiene espacio adecuado para alojar al equipo de medición de la compañía suministradora

y para la colocación de una muña tripalmar, tiene dos puertas al frente y un juego de placas terminales.

Celda de Acometida

Es una celda ancha, provista como su nombre lo indica para recibir al cable de energía de alta tensión en aquellos casos de ampliación o interconexión a una subestación derivada desde una receptora; contiene tres barras de cobre de 25.4x8.36 mm, montadas sobre aisladores. (ver pág. 6: arrosos 7 y 8).



Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

Seguridad de operación

La seguridad en las instalaciones de Alta Tensión, constituye un Tema de primordial importancia, por ello recomendamos, se tome en consideración como mínimo lo indicado en los instructivos de operación y mantenimiento que se incluyen en cada subestación.

La subdirección General de Electricidad a través del Departamento de Plantas Subestaciones y líneas, ha dado la recomendación respecto del aislamiento de la celda de Seccionador, por un medio de desconexión que anteceda al interruptor bajo carga.

Celda de cuchillas de prueba

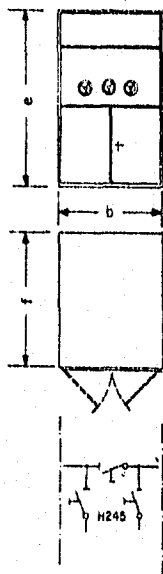
Es una celda que contiene en su interior 3 jigs, de cuchillas tripolares tipo H245G, de operación en grupo y sin carga, accionadas exteriormente desde el frente por medio de 3 volantes; las mencionadas cuchillas sirven para hacer las conexiones necesarias de medición de la Cía. suministradora de energía cuando así lo precisa.

Al seleccionar una subestación de alta tensión, es necesario considerar al para la verificación de los equipos de medición de la compañía suministradora en A.T., el proceso de fabricación del usuario permite la interrupción temporal del suministro de energía, en cuyo caso puede prepararse una celda de "cuchilla de paso" en lugar de la celda de cuchillas de prueba.

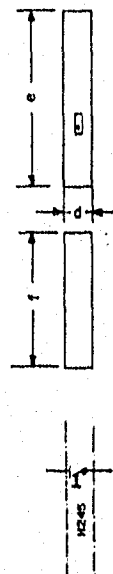
Celda de cuchilla de paso

Es una celda angosta que contiene una cuchilla trifásica, tipo H245G, de operación en grupo sin carga, con accionamiento de disco y palanca desde el frente del tablero, y permite asistir a la celda de seccionador, cuando requieran realizar trabajos de mantenimiento en el interior de esta última. (ver pag. 6; arreglos 1, 2, 8 y 8)

Celda de cuchillas de prueba



Celda de cuchilla de paso



Nota:
Dimensiones ver pag. 7

Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

Celda de seccionador

La celda contiene un seccionador tripolar de carga tipo H261-20N/630 su 44 km, la solicitud del cliente con disarcador remoto "R", para interrumpir la corriente de servicio y fusibles* de alta tensión y alta capacidad interruptiva, con disparo rápido contra corriente de cortocircuito y contra operación monofásica o bifásica después de fundirse un fusible. (Selección de fusibles ver pág. 14).

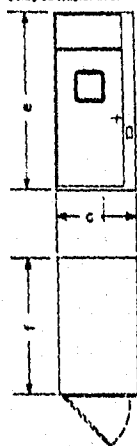
El seccionador de carga se opera con accionamiento de disco desde el frente del tablero. Un seguro mecánico evita abrir la puerta si no está desconectado el seccionador, para la prevención de accidentes. En esta celda van montados 3 aparatos y H416a para el voltaje

adecuado, conectados a un sistema con neutro a tierra. (Ver pág. 6; arreglos 1, 2, 3, 4, 5 y 8. Los arreglos 7, 8 y 10 se susten sin Aparatos y 8).

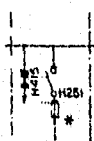
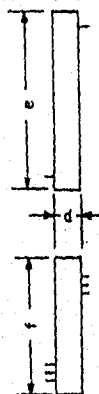
Celda de transición

Es una celda angosta, por medio de la cual se establece la interconexión entre un seccionador general con más de un seccionador derivado. Contiene tres barras de cobre c/u de 25.4x6.35 mm. montadas sobre aisladores. (Ver pág. 6; arreglos 5 y 6).

Celda de seccionador



Celda de transición



Los fusibles deberán seleccionarse de acuerdo con la tensión y potencia del transformador. El precio de los fusibles no está incluido en el de su correspondiente arreglo que se indica en la tabla de selección de la pág. 6

Note:
Dimensiones ver pág. 7

SIEMENS

Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

Das celdas de seccionador unidas mecánica y eléctricamente

Cada celda contiene un seccionador tripolar de operación con carga, tipo H2B1-20N/630 su 44 km, el seccionador está previsto con su base para fusibles* de alta tensión y alta capacidad interruptiva, con disparo rápido, contra corriente de cortocircuito, en las tres fases al fundirse cualquiera de los fusibles previstos en cada seccionador, estos, son operados independientemente, por medio de su accionamiento de disco, desde el frente del tablero.

Cada celda tiene seguro mecánico independiente, evitando que estas sean abiertas, cuando, el respectivo

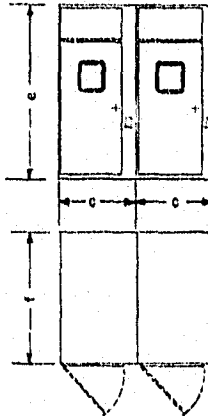
seccionador se encuentra en posición de energizado. Estas celdas no contienen Apartarrayos ya que su utilización está prevista para los arreglos 6 y 8, donde están en combinación con un seccionador general con Apartarrayos.

Celda de acoplamiento

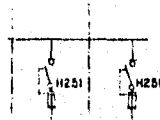
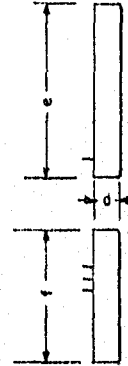
Esta celda es para acoplar el transformador a la izquierda o derecha, con placas terminales** desmontables en un lado, para adaptarse a la garganta del transformador.

Contiene tres barras de cobre cuyo da 26.4x8.35 mm, montadas sobre aisladoras. (Ver pág. 8, arreglos 2, 4, 6 y 8.

Das celdas de seccionador.



Celda de acoplamiento



* El precio de los fusibles no está incluido en el arreglo correspondiente ver ficha de sección pág. 18

** Estas placas se suministran con los arreglos 1, 3, 6, 7 y 11 en el caso de acoplamiento

Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

Arreglo	Ejecución									
	Interior					Intemperia				
1	X									
2	X									
3	X									
4	X									
5	X									
6	X									
7		X								
8		X								
9										
10										
11										

Ejemplos de selección

Arreglo 1 incluye
Ejecución
Interior Intemperia

- 1) Celda de medición
- 1) Celda de cuchillas de paso
- 1) Celda de seccionador con
- 3) Aparatrayos
- 1) Jgo de placas terminales

1) Celdas vacías, el equipo de medición es suministrado e instalado por C. F. E.

= Celdas y equipo incluido en cada arreglo.

2) Los fusibles deberán seleccionarse de acuerdo con la tensión y potencia del transformador a proteger, ver pág. 14

Arreglo 6 incluye

- 1) Celda de medición
- 1) Celda de cuchillas de paso
- 1) Celda de seccionador general con 3 Aparatrayos
- 1) Celda de transición
- 2) Celdas de seccionador sin Aparatrayos
- 1) Celda de acoplamiento

* Para precios, favor de consultar nuestra lista de precios Alta Tensión, dichos precios incluyen el de los fusibles en los arreglos.

A) Nota:
En los arreglos 1, 2, 5 y 6, se incluye bloqueo mecánico entre el accionamiento del seccionador y el accionamiento de la cuchilla de paso, evitando con ello, que sea posible la cuchilla si el seccionador se encuentra energizado.

B) En los arreglos 2, 4, 6 y 8 incluye perforación en la celda de acoplamiento a solicitud del cliente.

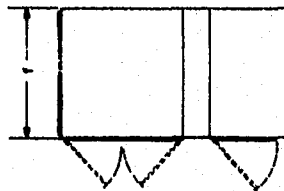
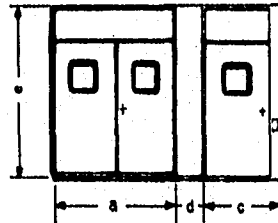
Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

Indicaciones para solicitar pedidos

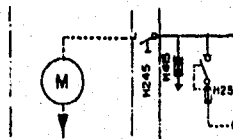
- 1) Número de arreglo (ver tabla de selección pág. 8)
- 2) Servicio: Interior o Intemperie.
- 3) Tensión de servicio.
- 4) Neutro puesto a tierra rigidamente o neutro aislado.
- 5) Capacidad del transformador o corriente nominal de los fusibles.
- 6) El lado al cual va a instalarse el transformador.
- 7) Medidas de la garganta del transformador.
- 8) Medidas "h" y "k".
- 9) El transformador se cotiza a solicitud del cliente.

ACCESORIOS	Código No.
Tarima de madera con pasillo de hule 50 cm x 100 cm.	310 070
Alfileres aislados 30X1 100 para cambiar los fusibles	310 100

Arreglo 1 integrado



Dimensiones en milímetros		
Dimensiones	Tensión de servicio 23 Kv.	
	Ejemplares	
	Interior	Intemperie
a	900	900
b	1000	1000
c	1000	1000
d	400	400
e	2600	3711
f	1000	1000
h	Estas Dimensiones hay que indicárselas en el pedido	
k		
l		
m		
m	(Ver pág. 8)	



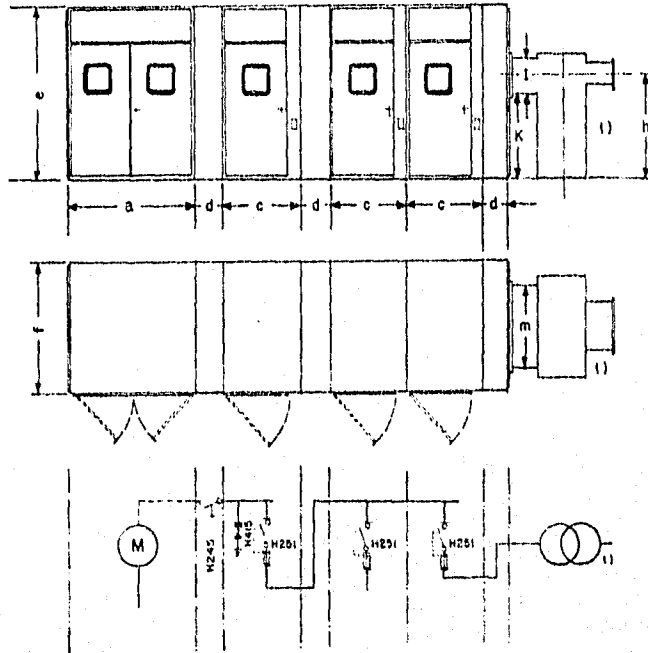
Arreglo 1: Incluye:
Ejecución Interior/Intemperie

- 1 Caja de medición
- 1 Caja de cuchilla de paso
- 1 Caja de accionado con 3 Apertureros
- 1 Jgo. de piezas terminales

SIEMENS

Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

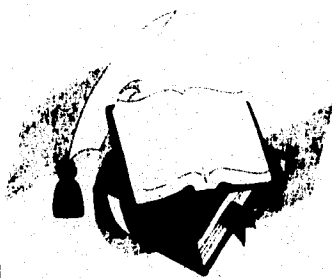
Atrilgo 0 integrado



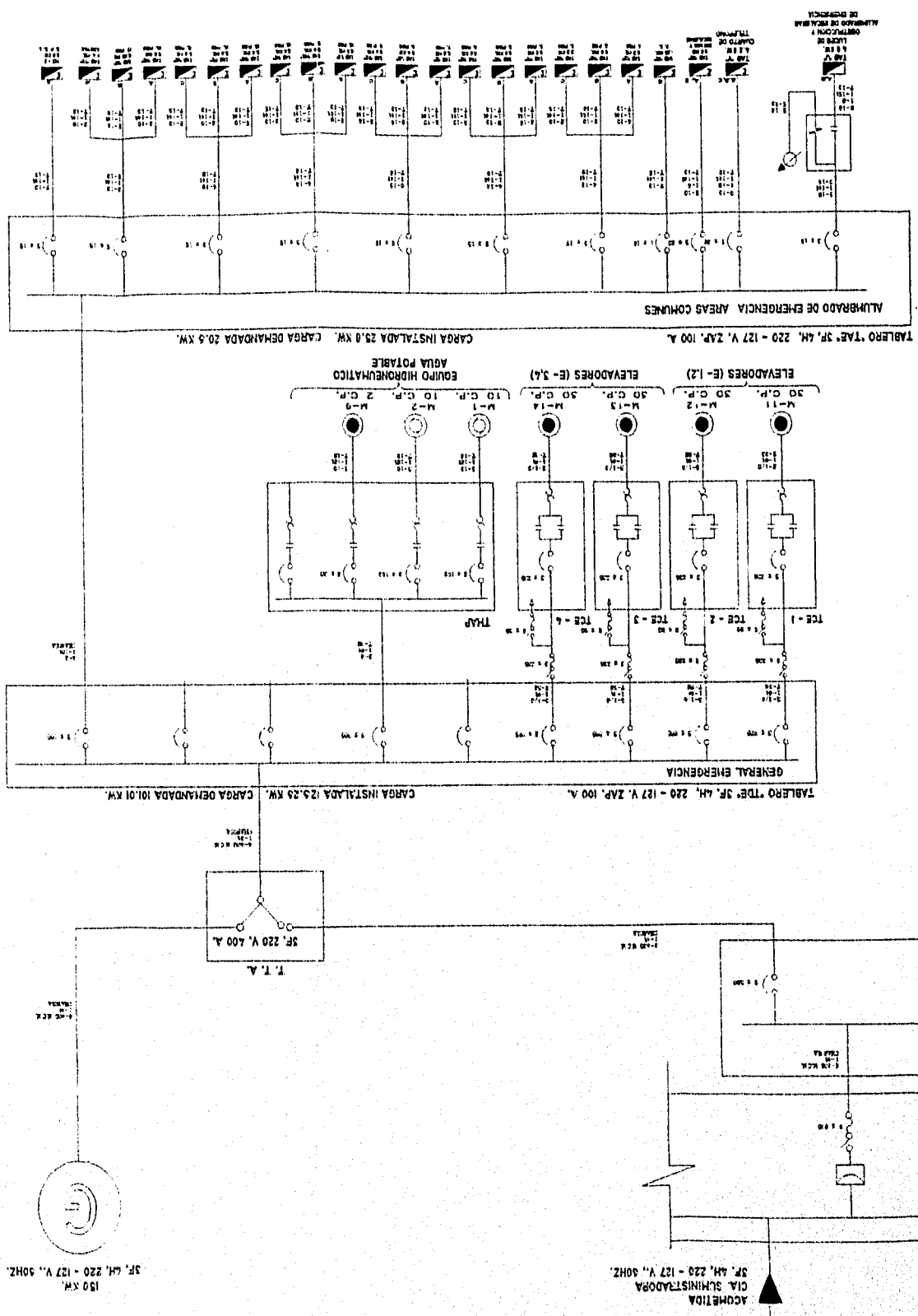
- | | | |
|----------------------------------|---|--|
| Atrilgo 0 Incluye: | } | 1 Celda de medición |
| Ejecución Interior / Intemperada | | 1 Celda de seccionador general con 2 Aperturados |
| | | 1 Celda de transición |
| | | 2 Celdas de seccionador sin Aperturados |
| | | 1 Celda de acoplamiento |

1) El transformador se cotiza a solicitud del cliente.
 Nota: Dimensiones ver pág 7

**DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR
DE UN CENTRO COMERCIAL**

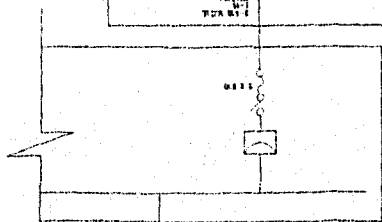


U.N.A.M. ENER ARAGON
 CENTRO COMERCIAL
 TESIS PROFESIONAL
 VICTOR MANUEL ALCOCER DIAZ DE LEON
 ABRIL DE 1996



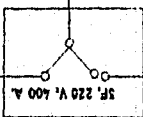
- SIEMBOLOGIA**
- EQUIPO DE MEDICION C.A. S.M.
 - TABLERO DE EMERGENCIA DE SECUNDARIA.
 - TABLERO DE ALUMBRADO NORMAL.
 - TABLERO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA.
 - INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO.
 - ARRANCADOR MAGNETICO TENSION PLENA, 3F.
 - ARRANCADOR MAGNETICO CO INVERSIBLE A TENSION PLENA, 3F.
 - CONTACTOR MAGNETICO 2F, 3H, 230 V, 25, 30 A.
 - FOTOCELDA REMOTA 1000 W.
 - ARRANCADOR MANUAL MOTOVARCO.
 - MOTOR ELECTRICO TRIFASICO, VERTICAL.
 - MOTOR ELECTRICO TRIFASICO, HORIZONTAL.
 - ARRANCADOR MANUAL MOTOVARCO.
 - PLANTA DE EMERGENCIA.

ACOMETIDA
CIA. SCHNITZADORA
3F. 4H. 220 - 127 V. 60HZ.



CARGA INSTALADA 171,9 KW. CARGA DEMANDADA 137,5 KW.

GENERAL DE DISTRIBUCION M.C.A. SQUARE D, TIPO I, LINE TAMI 3

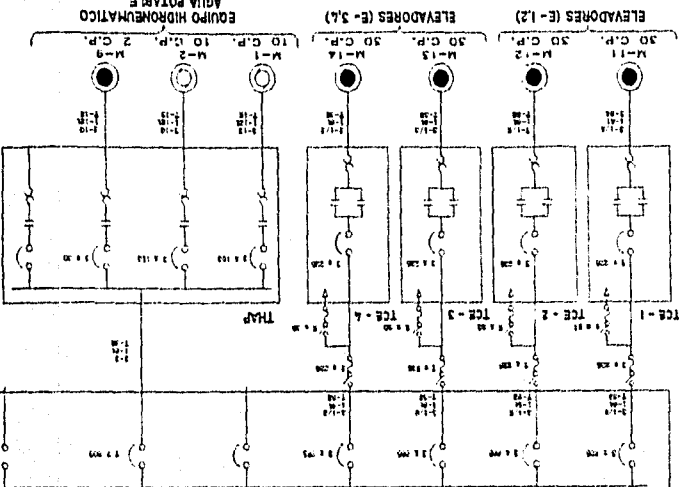


T.T.A.

CARGA INSTALADA 129,26 KW.

TABLERO 'DEB' 3F. 4H. 220 - 127 V. ZAP. 100 A.

GENERAL EMERGENCIA



CARGA INSTALADA 129,26 KW.

TABLERO 'DEB' 3F. 4H. 220 - 127 V. ZAP. 100 A.

GENERAL EMERGENCIA

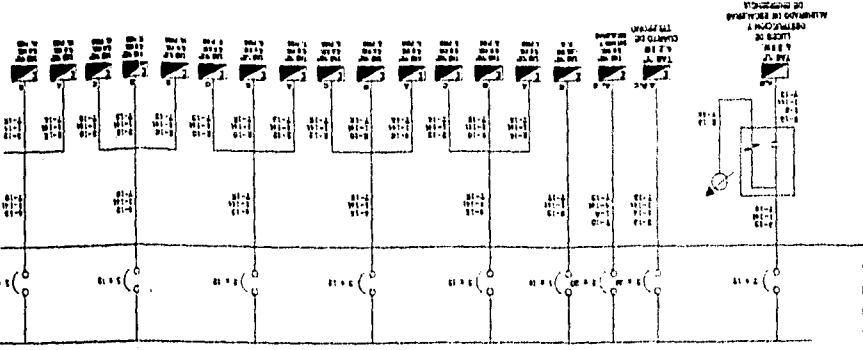
ELEVADORES (E-12)

ELEVADORES (E-5,7)

EQUIPO HIDRONEUMATICO
AGUA POTABLE

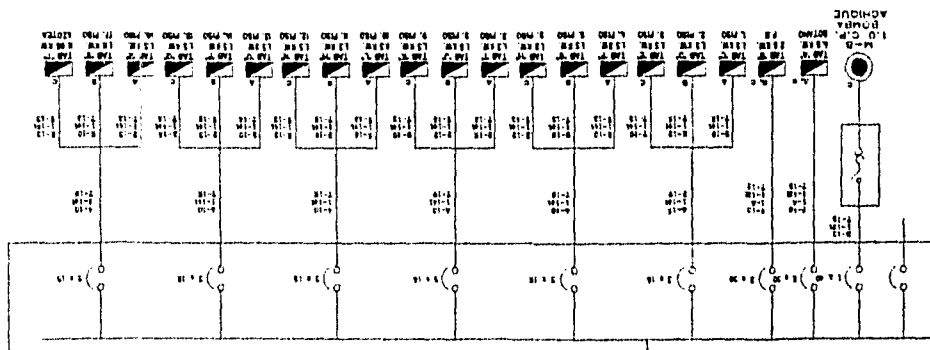
CARGA INSTALADA 25,0 KW. CARGA DEMANDADA 20,6

ALVARADO DE EMERGENCIA AREAS COMUNES

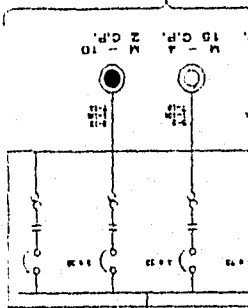


CARGA INSTALADA 50,9 KW. CARGA DEMANDADA 24,9 KW.

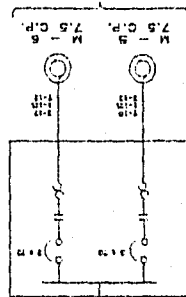
NORMAL AREAS COMUNES



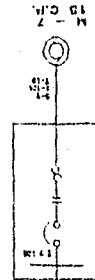
E.M. - 2
GRUPO HIDRONEUMATICO
AGUA TRATADA



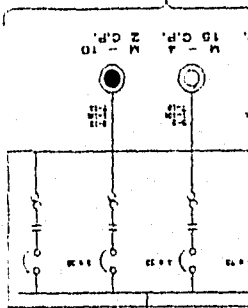
BOMBAS TRANSVASE



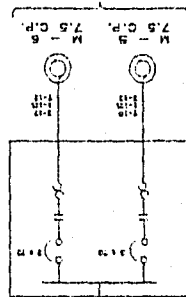
BOMBA C/INIC.



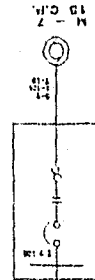
E.M. - 2
GRUPO HIDRONEUMATICO
AGUA TRATADA

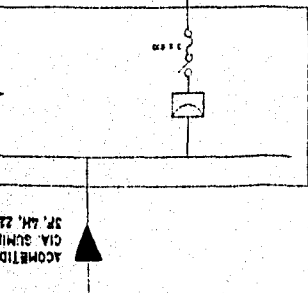
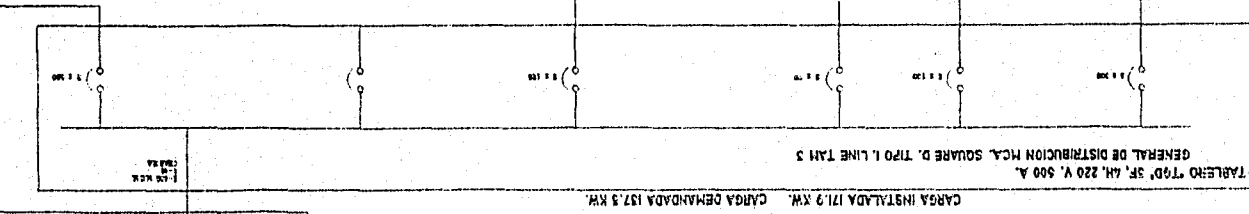
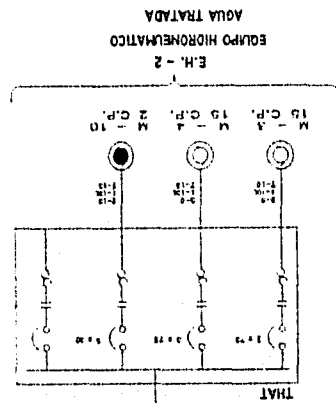
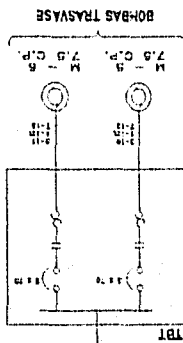
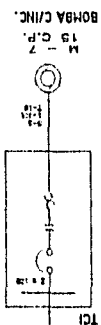
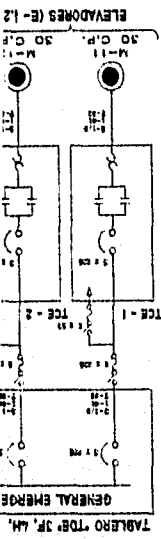
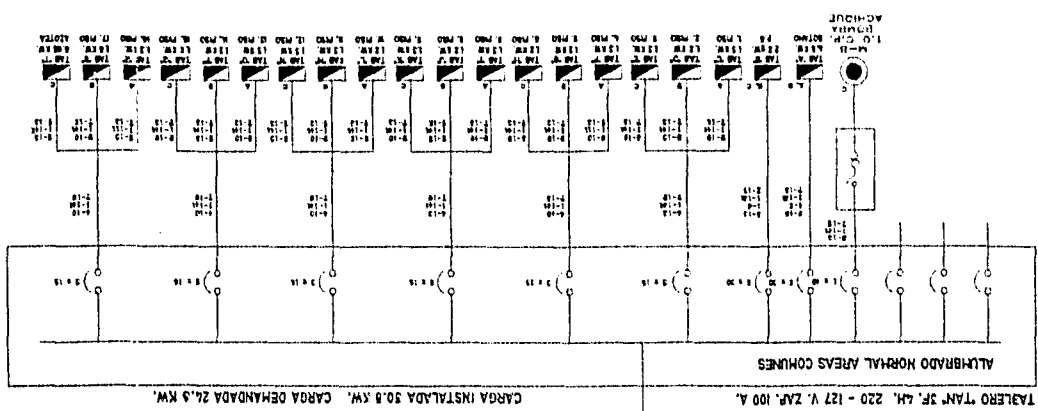
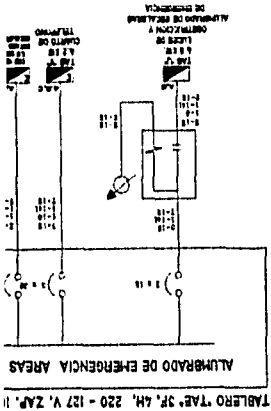


BOMBAS TRANSVASE

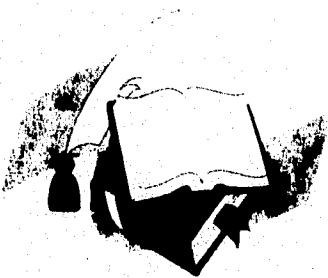


BOMBA C/INIC.





GLOSARIO



GLOBARIO

Acometida.- Conductores y equipo necesarios para llevar la energía eléctrica desde el sistema de suministro al sistema de alambrado de la propiedad alimentada.

Apartarrayo.- Supersor de sobretensiones.

Carga eléctrica.- Es una denominación de los equipos, maquinas y aparatos instalados destinados a la utilización de la energía eléctrica.

Canalización.- Conducto cerrado diseñado especialmente para contener alambres, cables o solera; y funciones adicionales permitidas en la norma.

Las canalizaciones pueden ser metálicas o no metálicas y el término incluye: tubo conduit metálico tipo pesado, tubo rígido no metálico, tubo conduit metálico semipesado, tubo conduit flexible hermético a los líquidos metálico y no metálico, tubo conduit metálico flexible, tubo conduit metálico tipo ligero, canalizaciones bajo el piso, canalizaciones en pisos celulares de concreto, canalizaciones en pisos celulares metálicos, canalizaciones de superficie, ducto para cable, canales metálicos con tapa y canalizaciones para solares.

Capacidad de corriente.- Corriente que puede conducir un conductor eléctrico, expresada en amperes, bajo operación continua y sin exceder su temperatura máxima de operación.

Choque eléctrico.- Efecto patológico resultante del paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano o de un animal.

Circuito alimentador.- Conductores del circuito formado entre el equipo de servicio o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final contra sobrecorriente del circuito derivado.

Circuito derivado.- Conductores del circuito formado entre el último dispositivo contra sobrecorriente que protege el circuito y la(s) carga(s) conectada(s).

Conductividad.- Es una característica intrínseca de los materiales, que favorece el paso de la corriente eléctrica.

Conductor.- Genéricamente todo material capaz de conducir la corriente eléctrica.

Conductor de fase.- Es el conductor que transporta la energía eléctrica y está en tensión respecto de tierra.

Conductor de puesta a tierra de pararrayos.- Es el conductor que proporciona una trayectoria a tierra de las descargas atmosféricas.

Conductor de puesta a tierra de partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica.- Es el conductor que se usa para conectar a tierra en el punto requerido las cubiertas metálicas de los equipos, las canalizaciones metálicas y otras partes metálicas que pudieran transportar corrientes indeseables a través de ellas. Se le llama comúnmente "**Tierra física**".

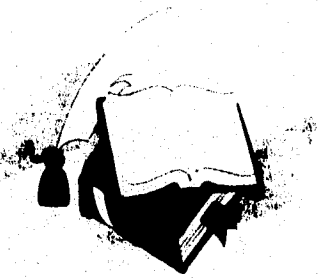
Conductor de puesta a tierra del sistema.- Es el conductor de un circuito ó sistema que intencionalmente se conecta a tierra, tal como es el uso del conductor neutro.

Conductor del electrodo de puesta a tierra.- Conductor usado para conectar el electrodo de puesta a tierra a los conductores de puesta a tierra del equipo o al conductor puesto a tierra del sistema, a través de un puente de unión.

-
- Conductor desnudo.-** Que no tiene cubierta ni aislamiento eléctrico de ninguna especie.
- Conductor neutro.-** Conductor del sistema o circuito que está puesto a tierra intencionalmente.
- Corriente.-** En un circuito eléctrico consiste en mover o transferir cargas a lo largo de trayectorias especificadas, unidad básica es el ampere (A); un ampere es 1 coulomb por segundo.
- Corriente de cortocircuito.-** Sobreintensidad producida por un fallo de impedancia despreciable entre dos conductores activos que presentan una diferencia de potencial en servicio normal.
- Corriente de sobrecarga.-** La sobreintensidad que se produce en un circuito en ausencia de una falla eléctrica.
- Cortocircuito.-** conexión voluntaria o accidental entre dos puntos de distinto potencial.
- Contacto.-** Punto en el sistema de alambrado donde se toma corriente para alimentar el equipo de utilización.
- Demanda.-** Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte de un sistema a lo largo total conectado de un sistema o a la parte del sistema bajo consideración.
- Diagrama unifilar.-** Es un esquema o dibujo donde se representan por medio de símbolos convencionales los diferentes elementos integrantes de un sistema eléctrico y su interconexión en una sola fase.
- Equipo de acometida.-** El equipo necesario compuesto generalmente por un interruptor automático o manual, fusibles y accesorios, colocados cerca del punto de entrada de los conductores de alimentación de un edificio, otra estructura u otra área destinada a servir de control principal y medio de desconexión del suministro.
- Frecuencia.-** Concepto ligado a la corriente alterna que refleja el número de veces que la corriente cambia de sentido (ciclo) por segundo.
- Instalación eléctrica.-** Se entiende como el conjunto de aparatos y accesorios destinados a la producción, distribución y utilización de la energía eléctrica.
- Interruptor.-** Es un dispositivo de maniobra capaz de cerrar, conducir o interrumpir corrientes bajo condiciones normales o anormales del circuito de acuerdo a su capacidad interruptiva sin sufrir daño alguno.
- Interruptor automático.-** Dispositivo capaz de conducir, soportar e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito y también conducir, por un tiempo definido, e interrumpir corrientes producidas bajo condiciones anormales definidas, tales como el cortocircuito.
- Interruptor de uso general.-** Interruptor para utilización en distribución general y circuitos derivados. Está calibrado en amperes y puede interrumpir su corriente nominal a la tensión nominal.
- Protección de falla a tierra para equipos.-** Un sistema que protege al equipo de corrientes dañinas dirigidas hacia la falla a tierra, haciendo funcionar un medio de desconexión para abrir todos los conductores sin conexión a tierra del circuito dañado.
- Potencia eléctrica.-** Es el trabajo necesario para transportar una carga q (en coulombs) a través de una elevación de potencial v (en volts) en un tiempo t (en segundos).
- Puesto a tierra.-** Conectado a tierra o algún cuerpo conductor que sirve como tierra.
- Resistencia eléctrica.-** Es la oposición que opone todo conductor al paso de una corriente eléctrica, y es una propiedad que depende de las dimensiones geométricas del conductor, del material de que está constituido y de la temperatura. Sus unidades son los ohms.
-

- Sobrecarga.-** *Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad normal o de plena carga nominal, o de un conductor con exceso de corriente sobre su capacidad nominal, cuando tal funcionamiento, de persistir por suficiente tiempo, causa daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla, tal como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.*
- Sobrecorriente.-** *Cualquier valor de corriente mayor que la corriente nominal del equipo, o mayor que la capacidad de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.*
- Subestación eléctrica.-** *Al conjunto de dispositivos ó elementos que nos permiten cambiar las características de la energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc.), que sirven para alimentar el servicio eléctrico de alta tensión, a un local con una demanda grande de energía para obtener luz, fuerza, calefacción y otros servicios.*
- Tablero.-** *Un panel o grupo de paneles individuales diseñados para constituir un solo panel, incluye barras, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorrientes y puede tener o no interruptores para controlar los circuitos de fuerza, iluminación o puede tener o no interruptores para controlar los circuitos de fuerza, iluminación o de calefacción. Esta diseñado para instalarse dentro de una caja o gabinete colocado, embutido o adosado a una pared o tabique y ser accesible sólo al frente.*
- Tablero de distribución.-** *Panel sencillo, armazón o conjunto de paneles, de en donde se instalan, ya sea por el frente, por detrás o ambos lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorrientes y otras protecciones, soleras e instrumentos. Los tableros de distribución normalmente son accesibles desde el frente y desde atrás y no están previstos para instalarse dentro de gabinetes.*
- Tensión (de un sistema).-** *Es el mayor valor eficaz de la diferencia de potencial entre dos conductores cualesquiera del circuito al que pertenecen.*
En varios sistemas, tales como trifásicos de 4 hilos, monofásico de 3 hilos y corriente directa, pueden existir circuitos con tensiones diferentes.
- Tensión nominal.-** *Valor nominal asignado al circuito o sistema para la denominación de su clase de tensión Ejem.: 240/120, 220/127, ect. La tensión real al cual funciona el circuito varía dentro de una banda que permite un funcionamiento satisfactorio del equipo.*
- Voltaje.-** *El trabajo realizado para mover una carga unitaria (+1C) a través del elemento de una terminal a otra. La unidad de voltaje o diferencia de potencial es el volt (V), un volt es el número de joules de trabajo efectuado sobre un coulomb.*

BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA

- **FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE MEDIANA Y ALTA TENSION.**
GILBERTO ENRIQUEZ HARPER
EDITORIAL LIMUSA
- **EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.**
GILBERTO ENRIQUEZ HARPER
EDITORIAL LIMUSA
- **INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.**
PEDRO CAMARENA
EDITORIAL C.E.C.S.A.
- **MAQUINAS ELECTRICAS.**
STEPHEN J. CHAPMAN
EDITORIAL MCGRAW - HILL
- **INSTALACIONES ELECTRICAS; CONCEPTOS BASICOS Y DISEÑO.**
N. BRATU E. CAMPERO
EDITORIAL ALFAOMEGA
- **SUBESTACIONES UNITARIAS COMPACTAS.**
CONSTRUCCIONES ELECTRICAS MAS ELECTRONICAS S.A.
CEMESA
- **CATALOGO TRANSFORMADORES**
GENERAL ELECTRIC
- **INSTALACIONES ELECTRICAS PRACTICAS**
ONESIMO BECERRIL
- **ANALISIS BASICO DE CIRCUITO ELECTRICOS**
DAVID E. JOHNSON
EDITORIAL PRENTICE HALL
- **ELECTRICIDAD**
HARRY MILEAF
LIMUSA
- **SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL; NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM-001-SEMP-1994 RELATIVA A LAS INSTALACIONES DESTINADAS AL SUMINISTRO Y USO
DE LA ENERGIA ELECTRICA**
OCTUBRE DE 1994

- **FEDERAL PACIFIC**
CATALOGO CONDENSADO
- **CONEXIONES ELECTRICAS**
CADWELD, MEXERICO, S.A.
- **REDES ELECTRICAS TOMO I**
VAQUEIRA, JACINTO
EDITORIAL REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA
- **TEORIA DE SISTEMAS Y CIRCUITOS**
GERES VICTOR; MURRAY
EDITORIAL REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA
- **C.F.E. CURSO CORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTES EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION**
MEXICO