

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



"DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS"

PRESENTA
ING. JORGE DE LA ROSA FERNANDEZ

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. DICIEMBRE DEL 2001

"DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS"

TM
Z5853
.M2
FIME
2001
.R673



1020147529

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



"DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS"

PRESENTA
ING. JORGE DE LA ROSA FERNANDEZ

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA



SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. DICIEMBRE DEL 2001

310031 Virtua.

TM
Z5853
•M2
FINE
2001
.R673

S.

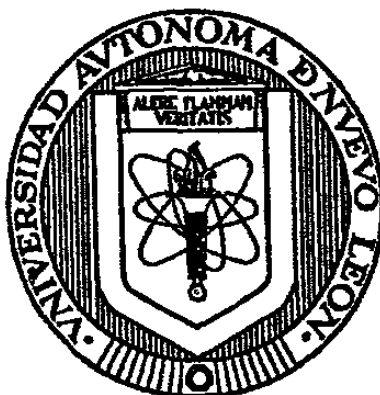


FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



" DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS "

POR

ING. JORGE DE LA ROSA FERNÁNDEZ

TESIS

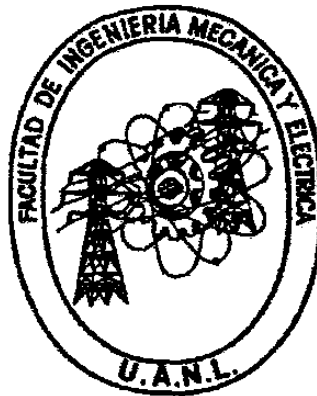
**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA ELÉCTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA N.L. DICIEMBRE DEL 2001

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



" DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS "

POR

ING. JORGE DE LA ROSA FERNÁNDEZ

TESIS

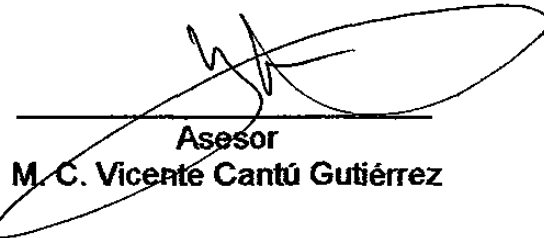
**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA ELÉCTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA N.L. DICIEMBRE DEL 2001


**Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Subdirección de estudios de postgrado**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis Diseño de Instalaciones Eléctricas realizada por el alumno Ing. Jorge de la Rosa Fernández con matrícula 329275 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con especialidad en Potencia.


El Comité de Tesis




Asesor
M. C. Vicente Cantú Gutiérrez



Coasesor
M. C. Evelio P. González Flores



Coasesor
M. C. Juan R. Cervantes Vega



Vo. Bo.
M. C. Roberto Villarreal Garza
División de Estudios de Postgrado

San Nicolás de los Garza, N. L. Diciembre del 2001

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Vicente Cantú por su tiempo dedicado, por la confianza que me brindo y por el interés que muestra para que sus alumnos se desarrollen.

A todos mis maestros de graduados por sus clases compartidas, por la orientación hacia el camino de la investigación, muchas gracias.

A la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica le doy gracias por la oportunidad que me ofreció al concederme un lugar en esta institución facilitándome la realización de mis estudios.

DEDICATORIA

A mis padres el Sr. Refugio de la Rosa Lara y Sra. Ana Ma. Fernández Mena, gracias por darme la vida, por enseñarme todo lo que he aprendido, gracias a ustedes me encuentro hoy donde estoy, les agradezco todo el apoyo que me brindaron el cual me ha ayudado a trazar un camino de 'corazón'.

A mi esposa Adriana, sin ti hubiera sido imposible la realización de este trabajo, tú personalmente me apoyaste con tu amor, paciencia y excelentes comentarios, muchas gracias por la confianza que en mi has depositado como guía de nuestros caminos.

A mis hijos Katia D. y Donovan B. Porque fortalecen mi espíritu, con su nacimiento y crecimiento de este amor que siento por ustedes saldando en parte la deuda moral hacia ustedes y la comunidad.

Agradezco a mis hermanos Guadalupe, Víctor, Carmen, Ángel, Ana, Olga, Enrique, Verónica y Rodrigo por cariño y respeto que me han proporcionado.

Por último a Dios, por darme la vida y salud, gracias te doy por el logro de tan anhelado.

PROLOGO

Tomé la decisión de elaborar esta tesis con la finalidad de tener un apoyo en el desarrollo de la clase de instalaciones eléctricas y a su vez tener a la mano datos, tablas y cálculos técnicos para el soporte de ingeniería en la industria eléctrica.

Esta tesis es el resultado de la experiencia que obtuve en el desarrollo de ingenierías para proyectos en la industria privada.

Es importante mencionar que esta información sirve como guía para efectuar cálculos de ingeniería y capacidades de subestaciones eléctricas, en el describe características de materiales eléctricos, equipo de protección, tablas de catálogos de equipo y un proyecto que ilustra la amplia variedad de aplicación en que se está utilizando el cálculo de ingeniería para la nueva industria.

Dicho proyecto fue realizado para la industria llamada "COSTA" y se incluye diagrama unifilar, tablas de cableado, catálogo de interruptores, de transformadores y equipo utilizado.

Recopilamos este material, con la idea de facilitar el entendimiento de estas materias y las que continúan en el área de la especialización eléctrica.

Esperamos que le sea útil este material y que les ayude no nada mas en estas materias, sino también, en la vida profesional.

SÍNTESIS

Esta tesis esta realizada por el Ing. Jorge de la Rosa Fernández, recuerden que esta encausado a ser material didáctico para las clases de instalaciones eléctricas y temas de otras materias como subestaciones, etc.

El objetivo de la realización de esta tesis esta enfocado en que cualquier persona no conocedora del área eléctrica, pueda entender e interpretarla sin problema alguno.

En todos los capítulos de esta tesis se manejan artículos de la Norma Oficial Mexicana por si alguna persona le quedara duda o quiera desarrollar mas su conocimiento con respecto al tema, pueda consultar el artículo en la Norma Oficial Mexicana.

El problema más difícil al que nos enfrentamos en la tesis, el problema de la recopilación de información técnica donde nos saturamos con artículos de catálogos, Normas y reglamentos de instalaciones eléctricas de CFE.

El querer realizar un sueño maravilloso al pensar que esa tesis sería el manual ideal y despertar y ver la realidad y encontramos en una tormenta de ideas y de información sin un mapa o guía es muy fácil caer en la repetición de temas o ideas que en algún capítulo quedaron inconclusos o relacionados a mas de un tema, o con un enfoque diferente al que las relacionamos en el capítulo anterior, tomamos la decisión de que mas vale repetir un tema a dejarlo vagando o mal definido.

En el capítulo inicial, se tiene de algunas definiciones del área eléctrica, dichas definiciones fueron sacadas de la NOM-001-SEMP-94 destinada a las instalaciones

eléctricas, para que todos nuestros lectores puedan hablar el mismo lenguaje eléctrico.

En el capítulo tres, explicamos los tipos de potencia, y algunos de los niveles de voltaje aplicados en nuestra zona en los sistemas eléctricos.

En el capítulo cuatro, hablaremos de tipos de conductores mas aplicados en las instalaciones eléctricas así como sus aislamientos y capacidad de corrientes que permiten tales como THW-LS, THW, etc. Y sus características, definiciones, las clasificaciones y las reglas para usarlos.

En el capítulo cinco, mostraremos algunos tipos de canalizaciones eléctricas tales como, tubería, ducto, electroducto, charolas y soportería para que nuestro lector no solo conozca el equipo eléctrico sino también sepa soportarlo en cualquier tipo de estructura y muro.

En el capítulo seis, encontraremos dispositivos de protección tales como, interruptor termomagnético, interruptor de seguridad, tableros, centros de carga y característica de los mismos incluyendo fotografías de catálogos.

En el capítulo siete desarrollaremos cálculos de cantidad de circuitos requeridos para una instalación eléctrica tipo residencial y comercial

En el capítulo ocho, hablaremos del transformador eléctricos así como varios de sus tipos, aplicaciones, sus pruebas eléctricas y clasificación.

En el capítulo nueve, hablaremos de lo que son las armónicas y los efectos que nos producen en la industria y el comercio

En el capítulo diez, hablaremos sobre el significado de el factor de potencia, su aplicación así como su corrección mediante tablas y ventajas de su aplicación.

En el capítulo once, hablaremos de lo que es un sistema de tierras eléctricas y justificaciones para su aplicación.

En el capítulo doce, se les hablara de los motores eléctricos, especificaciones para su control, clasificación de diagramas y sus tipos de control.

En el capítulo trece, hablaremos sobre algunos diagramas, planos y nomenclatura eléctrica.

En el capítulo catorce, se realizarán algunos cálculos para ingenierías eléctricas incluyendo un proyecto industrial.

INDICE

1 Síntesis

1. Introducción

- 1.1 Objetivo
- 1.2 Hipótesis
- 1.3 Justificación
- 1.4 Metodología
- 1.5 Revisión bibliográfica

2. Artículos de la Norma oficial Mexicana

- Artículo 100 de la Norma (Definiciones) 18
- Artículo 110 de la Norma (Requisitos de las instalaciones eléctricas) 41

3. Conceptos de básicos de electricidad para instalaciones eléctricas

- 3.1 Introducción 62
- 3.2 Partes de un circuito eléctrico 66
- 3.3 Instrumentos de mediciones eléctricas 68
- 3.4. Corriente eléctrica 71
 - 3.4.1 Mediciones de la corriente eléctrica 71
 - 3.4.2 Voltaje o diferencia de potencial 73
 - 3.4.3 El concepto de resistencia eléctrica 74
- 3.5 Ley de OHM 75

3.6 Potencia y la energía eléctrica	76
3.6.1 Medición de la potencia eléctrica	79
3.6.2 La energía eléctrica	80
3.7. Circuitos trifásicos	83
3.7.1 La conexión estrella	83
3.7.2 La conexión delta	86
3.8 Tensión de suministro (niveles de voltajes)	87
3.8.1 Aplicación e interpretación de la energía eléctrica	87
3.9 Subestaciones eléctricas	88
3.9.1 Introducción	88
3.9.2 Definición y clasificación de la subestación	88
3.9.3 Conexión de transformadores	89
3.9.4 Razones para la operación de transformadores en paralelo	93
3.9.5 Requisitos para la operación de transformadores en paralelo	94

4. Factor de potencia

4.1 Fundamentos	95
4.2 Que es el factor de potencia	96
4.3 Factores que influyen en un bajo factor de potencia	98
4.4 Como se mejora el factor de potencia	99
4.5 Método a utilizar para mejorar el factor de potencia	100

5. Canalizaciones

5.1. Introducción	113
5.2. Tubo conduit	113
5.2.1 Tubo conduit de pared gruesa	113
5.2.2 Tubo conduit de pared delgada	115
5.2.3 Tubo conduit metálico flexible	116
5.2.4 Accesorios para la uniones de tubo conduit	117

5.2.5 Tubo conduit de plástico rígido (PVC)	120
5.3 Ducto cuadrado	121
5.3.1 Generalidades	121
5.3.2 Tipos de ducto	121
5.3.3 Aplicación de acuerdo a las normas eléctricas	123
5.3.4 Aplicación de ductos	126
5.3.5 Descripción del ductos	128
5.3.6 Especificaciones sugeridas	129
5.4 Electroducto	135
5.4.1 Porque el electroducto es su mejor opción	135
5.4.2 Donde utilizar el electroducto	135
5.4.3 Los cuatro tipos de trayectorias para electroducto	136
5.4.4 Datos de aplicación	138
5.4.5 Arreglos y dimensiones de las instalaciones con electroducto	148
5.5 Charola	151
5.5.1 Introducción	151
5.5.2 Charola para cables	152
5.5.3 Aluminio	153
5.5.4 Capacidad de carga permisible	153
5.5.5 Uso permitido de los cables	156
5.5.6 Capacidad de corriente	157
5.5.7 Sistemas de montaje	158
5.5.8 Características de los cables conductores	158
5.5.9 Características del medio ambiente	158
5.5.10 Determinación del peso de la carga por soportar	158
5.5.11 Determinación del peralte o profundidad requerida en la charola	158
5.5.12 Determinación del ancho de la charola	158
5.5.13 Como determinar el ancho de la charola en base al radio mínimo de curvatura del conductor para un cambio de conductor	158

5.5.14 Especificación del catalogo de los elementos requeridos en la instalación	158
---	-----

6. Conductores

6.1. Definición	159
6.1.1. Conductores	159
6.1.2 Función	159
6.2 Generalidades sobre conductores	160
6.2.1 Material	160
6.2.2 Forma	160
6.2.3 Calibre	161
6.2.4 Construcción	161
6.2.5 El cobre como conductor	161
6.2.6 El aluminio como conductor	162
6.3. Sistemas de calibración	165
6.3.1 Calibre del conductor	165
6.3.2 Sistema A.W.G. (American Wire Gage)	165
6.3.3 Sistema MCM (Mil Circulars Mil)	166
6.3.4 Sistema mm ² (Milímetros cuadrado)	166
6.4. Tipos de conductores de acuerdo a su construcción	167
6.5. Clases de cableado	170
6.6. Conductores de uso general	170
6.7. Selección del calibre del conductor para instalaciones eléctricas de baja tensión	
6.7.1 Factores a considerar durante el cálculo del calibre mínimo	171
6.7.2 Datos necesarios para el cálculo	173
6.7.3 Procedimiento general para el cálculo	175
6.7.4 Métodos del cálculo	175
6.8 Cordones o cable flexible	176

6.9	Todos los conductores deben marcarse con la siguiente información.	
6.10	Tabla de Capacidad de conducción de corriente	177
6.11	Uso de conductores aislados	181

7. Dispositivos de protección

7.1	Interruptor termomagnético	186
7.2	Interruptor de falla a tierra	200
7.3	Interruptor de seguridad	202
7.4	Tabla de selección del Interruptor de seguridad	206

8. Instalaciones Residenciales y Comerciales

8.1	Introducción	209
8.2	Determinación de los requisitos para una instalación eléctrica	209
8.3	Cargas en contactos para aplicaciones pequeñas	214
8.4	Circuitos derivados y alimentadores	215
8.4.1	Circuito derivado	215
8.4.2	Circuito derivado individual	215
8.4.3	Clasificación de los circuitos derivados	215
8.4.4	Tensión máxima de los circuitos derivaos	216
8.4.5	Carga máxima y uso de los circuitos derivaos	216
8.5	Salidas	217
8.6	Circuitos derivados para alumbrado	218
8.6.1	Tipo de carga (iluminación general)	220
8.7	Circuitos derivados para contactos	220
8.9	Tipo de cargas para alumbrado general	221
8.10	Circuitos derivados para contactos	222
8.11	Tipo de carga para contactos generales	224

9. Transformador

9.1	Transformador tipo seco factor K	228
9.2	Transformador tipo subestación	233
9.2.1	Descripción general	233
9.2.2	Aplicaciones	234
9.2.3	Arreglos típicos	234
9.2.4	Diseño de los transformadores	235
9.2.5	Partes principales del transformador	235
9.2.6	Pruebas eléctricas de rutina al transformador	238
9.2.7	Datos necesarios para especificar	239
9.3	Transformador tipo pedestal	243
9.3.1	Descripción	243
9.3.2	Aplicación	245
9.3.3	Características sobresalientes de operación y servicio	245
9.3.4	Configuración de alimentación típicas	246
9.3.5	Diseño de los transformadores	247
9.3.6	Protecciones del transformador	248
9.3.7	Partes principales del transformador	251
9.3.8	Protección del transformador	253
9.3.9	Pruebas eléctricas de rutina al transformador	254
9.3.10	Datos necesarios para la especificación	254

10. Armónicos

10.1	Introducción	257
10.2	Definiciones e ilustraciones	257
10.3	Que son los armónicos	263
10.4	Bases teóricas	266

10.4.1	Descomposición de una onda periódica en componentes fundamental y armónica	267
10.4.2	Valor eficaz	268
10.4.3	Potencia activa y reactiva instantánea	270
10.4.4	Potencia activa y reactiva integradas en un ciclo	271
10.4.5	Funciones periódicas	273
10.4.6	Onda fundamental y funciones armónicas	275
10.4.7	Teorema de fourier	276
10.4.8	Potencia en una red con flujo de corrientes armónicas (cargas lineales)	277
10.4.9	Potencia en una red con flujo de corrientes armónicas (cargas no lineales)	278
10.5	Fuentes emisoras de corrientes armónicas en plantas industriales	281
10.5.1	Motores de corriente directa	282
10.5.2	Convertidores de frecuencia (variadores)	283
10.5.3	Trafoconvertidores (en procesos químicos)	284
10.5.4	Reactores controlados por tiristores	284
10.5.5	Interruptor controlado por tiristores	284
10.5.6	Hornos de arco	284
10.5.7	Equipos de soldar	285
10.5.8	Transformadores sobreexcitados	285
10.5.9	Molinos de laminación	285
10.5.10	Molinos trituradores	285
10.5.11	En general cargas no lineales	285
10.6	Fuentes emisoras de corrientes armónicas en oficinas y otros edificios comerciales	286
10.6.1	Alumbrado fluorescente	288
10.6.2	Equipos de telecomunicación	288
10.6.3	Controladores para edificios inteligentes	288
10.6.4	Grandes computadoras	288
10.6.5	PC's, impresoras, minicomputadoras, etc.	290

10.6.6 Fuentes de energía ininterrumpida (UPS's)	290
10.6.7 Elevadores accionados por medio de control electrónico	290
10.7 Distribución de las corrientes armónicas en las redes eléctricas	290
10.7.1 Análisis de sistemas industriales	291
10.7.2 Armónicos de tensión y corriente de neutro	292
10.7.3 Componentes simétricas en las corrientes armónicas	293
10.8 Efectos provocados por las corrientes armónicas	294

11 Supresores (TVSS)

11.1 Calidad del suministro eléctrico, costos de los paros y necesidades de monitoreo	306
11.2 Conclusiones y recomendaciones	309
11.3 Clasificación de supresores de sobrevoltaje transitorio de acuerdo a la conexión con la carga	309
11.4 Categorías de ubicación de acuerdo a IEEE	314
11.5 Principios de operación de los supresores	317
11.6 Transitorios de modo común y de modo diferencial	318
11.7 Instalación de los supresores de sobrevoltaje transitorios	319
11.8 Porque usar equipo TVSS (Trasient Voltaje Surge Supresión)	321
11.8.1 UPS's	321
11.8.2 Ruido de alta frecuencia	322
11.8.3 Instalaciones grado computador	324
11.9 Como debemos aplicar este producto	325
11.10 Concepto básico	327
11.11 Concepto general	331

12. Sistemas de tierras

12.1	Introducción	336
12.2	Objetivo	336
12.3	Definiciones	337
12.4	Justificación de la puesta a tierra	339
12.5	Clasificación del tipo de tierras eléctricas de protección	340
12.5.1	Tierra de protección contra corrientes de falla, descargas electrostáticas, electromecánicas, (tierra física)	341
12.5.2	Tierras de funcionamiento de retorno	342
12.5.3	Puesta a tierra de equipo	343
12.5.4	Tierra de protección para equipo electrónico que debe de tener un cero de potencial	343
12.5.5	Tierra de protección por conexión equipotencial	344
12.5.6	Protección de masa centralizada en serie	345
12.5.7	Protección de masa centralizada por conexión en paralelo	346
12.5.8	Protección de masa centralizada por conexión distribuida	347
12.5.9	Tierra de protección para descargas atmosféricas	348
12.5.10	Tierra de protección catódica	349
12.5.11	Sistema de electrodos de puesta a tierra	350
12.6	Problemas ocasionados por el uso de electrodos aislados	354
12.7	Unión ilegal entre el neutro y tierra	357
12.8	La limitación de la resistividad del suelo	359

13 Interpretación de planos

13.1	Generalidades	372
13.2	Tamaño de los planos	373
13.3	Cuadro de referencia	374
13.4	Forma de doblar planos	375

Capítulo 2

Artículo 100 – Definiciones de la NORMA OFICIAL MEXICANA de instalaciones eléctricas

Alcance. Este Artículo contiene las definiciones esenciales para la aplicación apropiada de la NOM. No intenta incluir los términos generales comúnmente definidos o los términos técnicos definidos en otras normas. En general, solo se definen términos utilizados en dos o más Artículos de esta NOM. En algunos Artículos se incluyen otras definiciones de aplicación particular en el propio Artículo, pero puede hacerse referencia a ellas en este Artículo.

La parte A de este Artículo contiene las definiciones que se aplican dondequiera que los términos sean utilizados en esta NOM. La parte B contiene las definiciones aplicables únicamente en las Secciones que cubren instalaciones y equipos que operan a más de 600 V nominales.

A. Definiciones generales

B.

Accesible: (aplicado a los métodos de alambrado) Capaz de ser quitado o expuesto sin causar daño a la estructura o al acabado del edificio, o que no está permanentemente encerrado dentro de la estructura o del acabado del edificio (Véase Oculto y Expuesto.)

Accesible: (aplicado a los equipos) Que admite acercarse; no está protegido por puertas con cerradura, ni por elevación, ni por otro medio eficaz (véase Accesible, fácilmente).

Accesible, fácilmente: Capaz de ser alcanzado rápidamente para su operación, reposición o inspección, sin requerir que quien tenga fácil acceso necesite escalar o quitar un obstáculo, ni recurrir a escaleras portátiles, sillas, etcétera (véase Accesible) (aplicado a los equipos).

Acometida: Derivación que conecta la red del suministrador a las instalaciones del usuario.

A la vista de: Donde se especifique que un equipo debe estar "A la vista de" otro equipo, significa que un equipo debe estar visible desde el otro equipo y que no están separados más de 15 m uno del otro.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito formado entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

Alumbrado de realce: Disposición de lámparas incandescentes o lámparas de descarga eléctrica para delinear o llamar la atención de ciertas características, tales como la forma de un edificio o la decoración de un escaparate.

Anuncio luminoso: Equipo de utilización fijo, estacionario o portátil, autocontenido, iluminado eléctricamente con palabras o símbolos, diseñado para comunicar información o llamar la atención.

Aparato a prueba de explosión: Aparato encerrado en una envolvente capaz de soportar una explosión de un gas o vapor específico que pueda ocurrir en su interior, y de prevenir la ignición de un gas o vapor específico que rodee la envolvente, por chispas o explosión del gas o vapor del interior de la envolvente y capaz de funcionar a una temperatura exterior tal que la atmósfera inflamable que le rodea no pueda ser incendiada por su causa.

Aparato eléctrico: Equipo de utilización, generalmente no industrial, que se fabrica en tamaños normalizados y que se instala o conecta como una unidad para realizar una o más funciones, como lavar ropa, acondicionar aire, mezclar alimentos, freír, etcétera.

Apartado, Separado: (aplicado a lugares) No fácilmente accesible a las personas, sin utilizar medios especiales

Aprobado: Aceptado para su utilización (Véase 110-2)

A prueba de intemperie: Construido o protegido de modo que su exposición a la intemperie no impida su buen funcionamiento.

NOTA: Los equipos a prueba de lluvia, herméticos a la lluvia o herméticos al agua pueden cumplir los requisitos de "a prueba de intemperie" donde no influyen otras condiciones variantes de intemperie distintas de la humedad, como la nieve, hielo, polvo o temperaturas extremas.

A prueba de lluvia: Construido, protegido o tratado para prevenir que la lluvia interfiera con la operación satisfactoria del aparato bajo condiciones de prueba específica.

A prueba de polvo: Construido de forma que el polvo no interfiera en su operación satisfactoria.

A tierra: Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

Automático: Auto-actuante, que opera por su propio mecanismo cuando se le acciona por medio de una influencia impersonal, por ejemplo un cambio de intensidad de corriente eléctrica, presión, temperatura o configuración mecánica (véase no-automático).

Autoridad competente: Secretaría de Energía; Dirección General de Gas L.P. y de Instalaciones eléctricas conforme con sus atribuciones.

Bajada de acometida aérea: Conductores de una acometida aérea que van desde el último poste u otro soporte aéreo hasta conectar, incluyendo los empalmes, si existen, a los conductores de entrada de la acometida en un edificio u otra estructura.

Cable de acometida: Conductores de acometida con configuración de cable.

Caja para cortacircuitos(baja tensión): Envoltura diseñada para montaje superficial que tiene puertas oscilantes o cubiertas sujetas directamente a las paredes de la caja de forma telescópica.

Caja de paso: Parte independiente, unida a un sistema de tubo (*conduit*) que permite acceso al interior del sistema, al retirar una tapa o tapas removibles, en un punto de unión de dos o más secciones del sistema o en un punto terminal del sistema.

NOTA: Las cajas tipo FS y FD o más grandes de metal fundido o de lámina metálica no se clasifican como cajas de paso.

Cámara de aire: Compartimento o cámara a la que están conectados uno o más conductos de aire y que forma parte del sistema de distribución de aire.

Canalización: Canal cerrado de materiales metálicos o no-metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta NOM.

Capacidad de conducción de corriente: Corriente eléctrica expresada en amperes (A), que un conductor eléctrico puede conducir continuamente, bajo condiciones de uso, sin exceder su temperatura nominal.

Carga continua: Aquella con la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más.

Carga no-lineal: Una carga donde la forma de onda de la corriente eléctrica en estado estable no sigue la forma de onda de la tensión eléctrica aplicada.

NOTA: Ejemplos de cargas que pueden no ser lineales: equipo electrónico, alumbrado de descarga eléctrica/electrónica, sistemas de velocidad variable y similares.

Centro de control de motores: Conjunto de una o más secciones encerradas, que tienen barras conductoras comunes y que contienen principalmente unidades para el control de motores.

Circuito de control remoto: Cualquier circuito eléctrico que controle a otro circuito a través de un relé o dispositivo equivalente.

Circuito de señalización: Cualquier circuito eléctrico que suministre energía a equipos de señalización.

Circuito derivado: Conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la(s) salida (s).

Circuito derivado de uso general: Circuito derivado que alimenta a diversas salidas para alumbrado y aparatos eléctricos.

Circuito derivado individual: Circuito derivado que alimenta a un solo equipo de utilización.

Circuito derivado, multiconductor: Circuito derivado que consta de dos o más conductores no-puestos a tierra que tienen diferencia de potencial eléctrico entre ellos, y un conductor puesto a tierra que tiene la misma diferencia de potencial eléctrico entre él y cada conductor no-puesto a tierra del circuito y que está conectado al neutro o al conductor puesto a tierra del sistema.

Circuito derivado para aparatos eléctricos: Circuito derivado que suministra energía eléctrica a una o más salidas a las que se conectan aparatos eléctricos; tales circuitos no deben contener elementos de alumbrado conectados permanentemente que no formen parte del aparato eléctrico.

Circuito no-inflamable: Circuito en el que cualquier arco o efecto térmico producido en condiciones previstas de operación del equipo o que debido a la apertura, cortocircuito o la puesta a tierra del alambrado, en condiciones de prueba específica, no puede iniciar la ignición de gases, vapores o mezclas aire-polvo inflamables.

Clavija: Dispositivo que por medio de inserción en un receptáculo, establece conexión eléctrica entre los conductores de su cordón flexible adjunto y los conductores conectados permanentemente al receptáculo.

Cocineta, Cocina unitaria para mostrador: Aparato electrodoméstico para cocinar, diseñado para integrarse o montarse sobre un mueble tipo mostrador y que consiste en uno o más elementos calefactores, alambrado

interno y controles incorporados o montados por separado (véase Hornos de pared).

Conductor aislado: Conductor rodeado de un material de composición y espesor reconocidos por esta NOM como aislamiento eléctrico.

Conductor cubierto: Conductor rodeado de un material de composición o espesor no reconocidos por esta NOM como aislamiento eléctrico.

Conductores de acometida: Conductores comprendidos desde el punto de acometida hasta el medio de desconexión de la acometida.

Conductores de entrada de acometida, sistema aéreo: Conductores de acometida comprendidos entre las terminales del equipo de la acometida y un punto comúnmente fuera del edificio, y separado de sus paredes, donde se unen por derivación o empalme a la bajada de la acometida aérea.

Conductores de entrada de acometida, sistema subterráneo: (lateral)
Conductores de acometida comprendidos entre las terminales del equipo de la acometida y el punto de conexión con la acometida lateral.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en el equipo de acometida o en la fuente de un sistema derivado separado.

Conductor desnudo: Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: Conductor utilizado para conectar las partes metálicas no-conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al conductor del sistema puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado separado.

Conductor puesto a tierra: Conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto tierra.

Conector a presión: (sin soldadura) Dispositivo para establecer una conexión entre dos o más conductores o entre uno o más conductores y una terminal por medio de presión mecánica, sin uso de soldadura.

Controlador: Dispositivo o grupo de dispositivos para gobernar, de un modo predeterminado, la energía eléctrica suministrada al aparato al cual está conectado.

Corriente de interrupción: Corriente eléctrica máxima de corto circuito, a la cual un dispositivo a su tensión eléctrica nominal, es capaz de interrumpir bajo condiciones de prueba normalizadas. Otros dispositivos diseñados para interrumpir corriente eléctrica a otros niveles distintos de los de cortocircuito, pueden tener su corriente de interrupción expresada en función de otras unidades, como kW o corriente eléctrica a rotor bloqueado del motor.

Cuarto de baño: Zona que incluye un lavabo y uno o más de los siguientes elementos: inodoro, tina o ducha.

Desconectores:

Desconector aislador: Dispositivo diseñado para aislar un circuito eléctrico de su fuente de alimentación. No tiene corriente de interrupción y está diseñado para operar sin carga y únicamente después de que el circuito ha sido abierto por algún otro medio.

Desconector de aislamiento en derivación: Dispositivo operado manualmente usado en conjunto con un desconector de transferencia para constituir un medio de conexión directa de los conductores de carga a la fuente de alimentación y aislar el desconector de transferencia.

Desconector de transferencia: Dispositivo automático o no-automático para transferir una o más conexiones de los conductores de carga de una fuente de alimentación a otra.

Desconectador de uso general: Dispositivo diseñado para uso en circuitos de distribución general y derivados con el fin de conectar o desconectar cargas hasta su corriente y tensión eléctricas nominales. Tiene capacidad nominal en amperes y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión eléctrica nominal.

Desconectador de uso general de acción rápida: Dispositivo de uso general construido de manera que pueda instalarse en cajas de dispositivos o sobre tapas de caja o utilizado junto con sistemas de alambrado reconocidos por esta NOM.

Desconectador para circuito de motor: Dispositivo con valor nominal de capacidad en kW capaz de interrumpir la máxima corriente eléctrica de operación de sobrecarga de un motor de los mismos kW (o CP) nominales al interruptor a su tensión eléctrica nominal.

Dispositivo: Unidad en un sistema eléctrico diseñada para conducir, pero no para consumir energía eléctrica.

Edificio: Estructura plantada independientemente o que está separada de otras estructuras adyacentes por medio de muros divisorios contra fuego con todas sus aberturas protegidas por puertas aprobadas contra fuego.

Edificio de vivienda:

Unidad de vivienda: Una o más habitaciones para el uso de una o más personas formando una unidad de vivienda que incluye área de comedor, de estar, dormitorio e instalaciones permanentes de cocina y servicio sanitario.

Unidad de vivienda bifamiliar: Edificio que contiene solamente dos unidades de vivienda.

Unidad de vivienda multifamiliar: Edificio que contiene tres o más unidades de vivienda.

Unidad de vivienda unifamiliar: Edificio que contiene solamente una unidad de vivienda.

Encerrado: Rodeado por una carcasa, envolvente, cerca o paredes para evitar que las personas entren accidentalmente en contacto con partes energizadas.

Energizado(a): Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferencia de potencial.

Ensamble de salidas múltiples: Canalización superficial o empotrada diseñada para contener conductores y receptáculos ensamblados ya sea en campo o en fábrica.

Envolvente: Recinto, recipiente o carcasa de un aparato, cerca o paredes que rodean una instalación para prevenir que las personas entren en contacto accidental con partes energizadas o para protección de los equipos contra daño físico.

NOTA: Véase la Tabla 430-91 para ejemplos de tipos de envolventes.

Equipo: Término general que incluye dispositivos, aparatos electrodomésticos, luminarias, aparatos y productos similares utilizados como partes de, o en conexión con una instalación eléctrica.

Equipo de acometida: Equipo necesario para servir de control principal y que usualmente consiste en un interruptor automático o desconectador y fusibles, con sus accesorios, localizado cerca del punto de entrada de los conductores de suministro a un edificio u otra estructura, o a un área definida.

Equipo de utilización: Equipo que transforma, con cierta eficiencia, la energía eléctrica en energía mecánica, química, calorífica, luminosa, u otras.

Equipo sellable: (precintable) Equipo con envolvente en forma de caja o gabinete provisto de medios de bloqueo o sello de manera que las partes energizadas no sean accesibles sin abrir la envolvente. El equipo puede o no ser accionable sin abrir la envolvente.

Escaparate: Ventana utilizada o diseñada para la exhibición de mercancías o material publicitario, que está total o parcialmente cerrada o totalmente

abierta por detrás y que puede tener o no una plataforma a un nivel superior al del piso de la calle.

Etiquetado: Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para la autoridad competente que se ocupa de la evaluación del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o de su buen funcionamiento bajo requisitos específicos.

Expuesto: (aplicado a métodos de alambrado) Colocado sobre o fijado a la superficie o detrás de paneles diseñados para permitir el acceso. (véase Accesible) (aplicado a los métodos de alambrado).

Expuesta: (aplicado a partes vivas) Que una persona puede inadvertidamente tocarla o acercársele a una distancia menor a la segura. Se aplica a las partes que no están adecuadamente resguardadas, separadas o aisladas (véase Accesible y Oculto).

Fácilmente accesible: (véase Accesible, fácilmente).

Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte de un sistema y la carga total conectada de un sistema o la parte del sistema bajo consideración.

Frente muerto: Sin partes vivas expuestas hacia una persona en el lado de accionamiento del equipo.

Gabinete: Envolvente diseñada para montaje superficial o empotrado, provista de un marco, montura o bastidor en el que se puede instalar una o varias puertas, en cuyo caso dichas partes deben ser oscilantes.

Garaje: (cochera, estacionamiento) Edificio o parte de un edificio en el que uno o más vehículos autopropulsados para el transporte a base de líquidos o gases volátiles inflamables, para combustión o fuerza motriz, que están ahí para su uso, venta, almacenamiento, renta, reparación, exhibición o

demostración y toda aquella porción de un edificio por encima o por debajo del nivel del piso en la que se guardan tales vehículos y que no está separada del mismo con medios adecuados.

NOTA: Respecto a las cocheras de almacenamiento y talleres de reparación, véase 511-1.

Hermético al agua: Construido para que la humedad no entre en la envolvente, en condiciones específicas de prueba.

Hermético a la lluvia: Construido o protegido de manera que no entre agua cuando se le expone a la lluvia batiente en condiciones específicas de prueba.

Hermético al polvo: Construido de modo que el polvo no entre en la envolvente en condiciones específicas de prueba.

Herraje: (accesorio) Contratuercas, boquillas (monitor) u otra parte de un sistema de alambrado, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función más mecánica, que eléctrica.

Horno de pared: Horno para cocinar, diseñado para montarse empotrado o sobre una pared u otra superficie, el cual consiste en uno o más elementos calefactores, alambrado interno y controles incorporados o para montarse por separado (véase Cocineta, Cocina unitaria para mostrador).

Hueco del ascensor: Abertura, escotilla, boca de pozo u otra abertura o espacio vertical diseñada para que dentro del ella funcione un ascensor o montacargas.

Identificado: (aplicado a los equipos) Reconocido como adecuado para un propósito específico, función, uso, entorno, aplicación, por medio de una identificación donde esté así descrito como requisito particular de esta NOM (véase Equipo).

NOTA: La adecuación de un equipo para un propósito específico, uso, entorno, o aplicación específica puede ser determinada por un organismo acreditado para la evaluación de la conformidad del producto. La identificación puede

evidenciarse por medio de un listado o marca de conformidad (véase Listado, Marcado).

Interruptor automático: Dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito ya sea por medios no-automáticos y para abrir el circuito automáticamente a una sobrecorriente en condiciones predeterminadas, sin dañarse a sí mismo, cuando se aplica apropiadamente dentro de su valor nominal.

NOTA: El medio de apertura automática puede ser integral que actúa directamente con el interruptor automático, o situado a distancia del mismo.

Ajustable: Indica que el interruptor automático puede regularse para cambiar el valor de corriente eléctrica a la cual dispara o el tiempo requerido para hacerlo, dentro de límites definidos.

Ajuste: El valor de corriente eléctrica, de tiempo o de ambos, a los cuales se regula el disparo de un interruptor automático ajustable.

De disparo instantáneo: Término calificador que indica que en la acción del disparo del interruptor automático no se ha introducido intencionalmente algún retardo.

De retardo inverso: Término calificador que indica que en la acción de disparo del interruptor automático se ha introducido intencionalmente un retardo que decrece a medida que la magnitud de la corriente eléctrica aumenta.

No-ajustable: Término calificador que indica que el interruptor automático no puede regularse para cambiar el valor de la corriente eléctrica a la cual dispara o el tiempo requerido para su funcionamiento.

Interruptor de circuito por falla a tierra: Dispositivo diseñado para la protección de personas, que funciona para desenergizar un circuito o parte del mismo, dentro de un período determinado, cuando una corriente eléctrica a tierra excede un valor predeterminado, menor al necesario para accionar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito de alimentación.

Líquido volátil inflamable: Líquido inflamable con punto de inflamación inferior a 38 °C. Líquido inflamable cuya temperatura está por encima de su punto de inflamación, o un combustible líquido de Clase II con una presión de vapor no mayor de 276 kPa a 38 °C, y cuya temperatura está por encima de su punto de inflamación.

Listado: Equipo o productos incluidos en una lista publicada por un organismo de certificación acreditado (institución relacionada con la evaluación del producto, que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o producto listado, y que en el listado establece que los equipos o materiales cumplen con las normas aplicables o que hayan sido sometidos a prueba y encontrados aptos para condiciones específicas de uso). El medio para identificar equipo listado puede variar para cada organismo acreditado o dependencia relacionada con la evaluación del producto, algunas de ellas no reconocen el equipo como listado a menos que también esté etiquetado. Se debe utilizar el sistema empleado por el organismo que origina el listado o dependencia para identificar los productos listados. En tanto no esté disponible un listado de productos que destaque las características de los mismos con relación a las prescripciones establecidas por esta NOM o en tanto un producto no cuente con los elementos que permitan su certificación conforme con lo establecido en 110-2(a), no procede la obligatoriedad de cumplir con el requisito de "ser listado" indicado en diversas disposiciones de esta NOM. Invariablemente los productos deberán cumplir con lo indicado en 110-2(b) y (c)

Locales húmedos: (véase Lugares)

Locales mojados: (véase Lugares)

Locales secos: (véase Lugares)

Localización o Lugar: (véase Lugares)

Lugares:

Lugar húmedo: Lugar parcialmente protegido bajo aleros, marquesinas, porches techados abiertos y lugares similares y lugares interiores sujetos a

un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros y almacenes refrigerados.

Lugar mojado: Instalación subterránea o dentro de losas o mampostería de concreto, que está en contacto directo con el terreno, o un lugar sometido a saturación con agua u otros líquidos, tal como área de lavado de vehículos o un lugar expuesto a la intemperie y no protegido.

Lugar seco: Lugar que normalmente no está húmedo o sujeto a ser mojado. Un local clasificado como seco puede estar temporalmente húmedo o sujeto a ser mojado, como en el caso de un edificio en construcción.

Marcado (aplicado a marca de conformidad): Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para el organismo que se ocupa de la evaluación de la conformidad del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o su buen funcionamiento bajo requisitos específicos (véase 110-2.)

Medio de desconexión: Dispositivo, o conjunto de dispositivos, u otros medios por medio de los cuales los conductores de un circuito pueden ser desconectados de su fuente de alimentación.

No-automático: Acción que requiere de la intervención de personal para su control. Cuando se aplica a un controlador eléctrico, el control no-automático no implica necesariamente un controlador manual, sino que es necesaria la intervención de una persona (véase Automático).

Oculto: Que resulta inaccesible por la estructura o acabado del edificio. Los conductores en canalizaciones ocultas son considerados ocultos, aunque se hacen accesibles al extraerlos de las canalizaciones. (Véase Accesible) (aplicado a los métodos de alambrado).

Operable desde fuera: Capaz de ser operado sin que el operario esté expuesto a contacto con partes vivas.

Panel: Placa entrepaño, tramo, segmento, cuadro o compartimento.

Panel de alumbrado y control: Panel sencillo, o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección, y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para instalarlo dentro de un gabinete o caja de cortacircuitos ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente (véase Tablero de distribución).

Partes vivas: Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que representan riesgo de choque eléctrico.

Permiso especial: Autorización escrita de la autoridad competente.

Persona calificada. Es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en la proyección, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente o por medio de un procedimiento de evaluación de la conformidad bajo la responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones.

Protección de falla a tierra de equipos: Sistema diseñado para dar protección a los equipos contra daños por corrientes de falla entre línea y tierra, que hacen funcionar un medio de desconexión que desconecta los conductores no-puestos a tierra del circuito afectado. Esta protección es activada a niveles de corriente eléctrica inferiores a los necesarios para proteger a los conductores contra daños mediante la operación de un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito alimentador.

Protector térmico: (aplicado a motores) Dispositivo de protección, para ser instalado como parte integral de un motor o motor-compresor y el cual, cuando se utiliza de manera apropiada, protege al motor contra sobrecalentamiento peligroso debido a sobrecarga o falla del arranque.

NOTA: El protector térmico puede consistir de uno o más elementos sensores integrados en el motor o motor-compresor y un dispositivo de control externo.

Protegido térmicamente: (aplicado a motores) Las palabras “protegido térmicamente”, en la placa de datos del motor o motor-compresor, indican que el motor tiene un protector térmico.

Puente de unión, circuito: Conexión entre partes de un conductor en un circuito para mantener la capacidad de conducción de corriente requerida por el circuito.

Puente de unión, equipo: Conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra del equipo.

Puente de unión, principal: Conexión en la acometida entre el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo.

Puente de unión: Conductor confiable, para asegurar la conductividad eléctrica requerida entre partes metálicas que requieren ser conectadas eléctricamente.

Puesto a tierra: Conectado al terreno natural o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tal.

Puesto a tierra eficazmente: Conectado al terreno natural intencionalmente a través de una conexión o conexiones a tierra que tengan una impedancia suficientemente baja y capacidad de conducción de corriente, que prevengan la formación de tensiones eléctricas peligrosas a las personas o a los equipos conectados.

Punto de acometida: Punto de conexión entre las instalaciones de la empresa suministradora y las del usuario.

Receptáculo: Dispositivo de contacto instalado en una salida para la conexión de una sola clavija. Un receptáculo sencillo es un dispositivo de contacto de un solo juego de contactos. Un receptáculo múltiple es aquél que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis.

Resguardado: Cubierto, blindado, cercado, encerrado o protegido de otra manera, por medio de cubiertas o tapas adecuadas, barreras, rieles, pantallas, placas o plataformas que evitan el riesgo de acercamiento o contacto de personas u objetos a un punto peligroso.

Rótulo: (véase Anuncio luminoso).

Salida: Punto en un sistema de alambrado en donde se toma corriente eléctrica para alimentar al equipo de utilización.

Salida de fuerza: Conjunto con envolvente que puede incluir receptáculos, interruptores automáticos, portafusibles, desconectores con fusibles, barras conductoras de conexión común y bases para montaje de Watthorímetros; diseñado para suministrar y controlar el suministro de energía eléctrica a casas móviles, paraderos para remolques, vehículos de recreo, remolques o embarcaciones; o para servir como medio de distribución de la energía eléctrica necesaria para operar equipo móvil o instalado temporalmente.

Salida de receptáculos: Salida en la que están instalados uno o más receptáculos.

Salida para alumbrado: Salida diseñada para la conexión directa de un portalámparas, una luminaria o un cordón colgante que termine en un portalámparas.

Servicio:

Servicio continuo: Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo largo indefinido.

Servicio por tiempo corto: Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo corto y específicamente definido.

Servicio intermitente: Funcionamiento por intervalos alternativos de (1) con carga y sin carga; (2) con carga y en reposo, o (3) con carga, sin carga y en reposo.

Servicio periódico: Funcionamiento intermitente en el que las condiciones de carga son regularmente recurrentes.

Servicio variable: Funcionamiento con cargas e intervalos de tiempo, que pueden estar sometidos a variaciones amplias.

Sistema de alambrado de usuarios: Alambrado interior y exterior incluyendo circuitos de fuerza, alumbrado, control y señalización con todos sus herrajes, accesorios y dispositivos de alambrado asociados, ya sean permanentes o temporalmente instalados, que parten desde el punto de acometida de los conductores del suministrador o fuente de un sistema de derivado separado hasta las salidas. Dicho alambrado no incluye el alambrado interno de aparatos electrodomésticos, luminarias, motores, controladores, centros de control de motores y equipos similares.

Sistema derivado separadamente: Sistema de alambrado de una propiedad, cuya energía procede de una batería, sistema fotoeléctrico solar o de un generador, transformador o devanados de un convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa incluyendo al conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, con los conductores de suministro que provengan de otro sistema.

Sistema solar fotovoltaico: El total de componentes y subsistemas que, en combinación, convierten la energía solar en energía eléctrica apropiada para la conexión a una carga de utilización.

Sobrecarga: Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal, cuando tal funcionamiento, al persistir por suficiente tiempo puede causar daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla, tal como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga (véase Sobre corriente).

Sobrecorriente: Cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal de los equipos o de la capacidad de conducción de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga (véase definición de "sobrecarga"), un cortocircuito o una falla a tierra.

NOTA: Una corriente eléctrica en exceso de la nominal puede ser absorbida por determinados equipos y conductores si se presenta un conjunto de condiciones. Por eso, las reglas para protección contra sobrecorriente son específicas para cada situación en particular.

Tablero de distribución: Panel grande sencillo, estructura o conjunto de paneles donde se montan, ya sea por el frente, por la parte posterior, o en ambos lados, desconectadores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los tableros de distribución de fuerza son accesibles generalmente por la parte frontal y la posterior, y no están previstos para ser instalados dentro de gabinetes.

Tensión eléctrica a tierra: En los circuitos puestos a tierra, es la tensión eléctrica entre un conductor dado y aquel punto o el conductor del circuito que es puesto a tierra. En circuitos no-puestos a tierra, es la mayor diferencia de potencial entre un conductor determinado y otro conductor de referencia del circuito.

Tensión eléctrica (de un circuito): Es la mayor diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos cualesquiera de la instalación. Es el mayor valor eficaz (raíz cuadrática media) de la diferencia de potencial entre dos conductores determinados.

NOTA: Algunos sistemas, como los trifásicos de cuatro hilos, monofásicos de tres hilos y de c.c. de tres hilos, pueden tener varios circuitos a diferentes tensiones eléctricas.

Tensión eléctrica nominal: Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La tensión eléctrica real

a la cual un circuito opera puede variar desde el nominal dentro de una gama que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

Tubo(*conduit*): Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

Unión: Conexión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica a la que puedan estar sometidas.

Ventilado: Provisto de medios que permiten una circulación de aire suficiente para remover un exceso de calor, humos o vapores.

B. Definiciones generales para instalaciones de tensión eléctrica nominal superior a 600 V

En tanto que las definiciones generales de la Parte A anterior se aplican en todos los casos en que aparecen tales términos a lo largo de esta NOM, las que siguen generalmente se aplican en las partes del Artículo que específicamente cubre a las instalaciones y equipos que operan a más de 600 V nominales.

Cortacircuitos: (véase Dispositivos de interrupción).

Cortacircuitos en aceite: (véase Dispositivos de interrupción).

Desconectador de desviación del regulador: (véase Dispositivos de interrupción).

Dispositivo de interrupción: Dispositivo diseñado para cerrar, abrir o cerrar y abrir, uno o más circuitos eléctricos.

Dispositivos de interrupción:

Cortacircuitos: Conjunto formado por un soporte para fusible con portafusible o una cuchilla de desconexión. El portafusible puede incluir un

elemento conductor (elemento fusible) o puede actuar como cuchilla de desconexión mediante la inclusión de un elemento no fusible

Cortacircuitos en aceite: Dispositivo en el cual todo o parte de la base del fusible y su elemento fusible o cuchilla de desconexión están totalmente sumergidos en aceite, los contactos y la parte fusible del elemento conductor (elemento fusible) de modo que la interrupción del arco, ya sea por la ruptura del elemento fusible o la apertura de los contactos ocurran dentro del aceite.

Desconectador: Dispositivo capaz de cerrar, conducir e interrumpir corrientes eléctricas nominales especificadas.

Desconectador de desviación del regulador: Dispositivo específico o combinación de dispositivos diseñados para desviar a un regulador de tensión eléctrica.

Desconectador en aceite: Desconectador que tiene contactos que funcionan sumergidos en aceite o en cualquier otro líquido aislante adecuado.

Desconectador separador: Dispositivo mecánico de desconexión utilizado para aislar a un circuito o equipo de una fuente de energía.

Interruptor de potencia: Dispositivo de interrupción capaz de conectar, conducir e interrumpir corrientes eléctricas bajo condiciones normales del circuito y conectar, conducir por un tiempo especificado e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito, tales como las de cortocircuito.

Medios de desconexión: Un dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios en los cuales los conductores del circuito pueden ser desconectados desde su fuente de suministro.

Fusible: Dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobrecorriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente eléctrica en un tiempo determinado.

NOTA: El fusible comprende todas las partes que forman una unidad capaz de efectuar las funciones descritas y puede ser o no el dispositivo completo requerido para su conexión en el circuito eléctrico.

Fusible accionado electrónicamente: Dispositivo de protección contra sobrecorriente que consiste generalmente de un módulo de control el cual proporciona las características sensoras de corriente eléctrica, características tiempo-corriente electrónicamente derivadas, energía para iniciar el disparo y un módulo de interrupción que interrumpe la corriente eléctrica cuando se produce una sobrecorriente. Estos fusibles pueden operar o no como fusibles tipo limitador, dependiendo del tipo de control seleccionado.

Fusible de potencia con escape controlado: Fusible con medios para controlar la descarga generada por la interrupción del circuito de manera que materiales no sólidos puedan ser expulsados a la atmósfera que lo rodea.

NOTA: Este fusible está diseñado para que la descarga de gases no dañe o incendie el material aislante en la trayectoria de descarga o propague una chispa a/o entre elementos puestos a tierra o las partes conductoras en la trayectoria de la descarga, donde la distancia entre el escape y dichos partes de conducción o aislamiento estén de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Fusible de potencia no ventilado: Fusible que no tiene un medio intencional para el escape a la atmósfera circundante de gases, líquidos o partículas sólidas producidos por el arco durante la interrupción del circuito.

Fusible de potencia ventilado: Fusible que tiene un medio para el escape a la atmósfera circundante de gases, líquidos o partículas sólidas producidas por el arco durante la interrupción del circuito.

Fusible de potencia: (véase Fusible).

Fusible múltiple: Conjunto de dos o más fusibles unipolares.

Unidad fusible de expulsión: Fusible ventilado en el cual el efecto de expulsión de los gases producidos por el arco y el revestimiento del portafusible, extingue el arco, ya sea por sí mismos o con la ayuda de un resorte.

Unidad Fusible de potencia: Unidad fusible ventilada, no ventilada o de ventilación controlada en la cual la extinción del arco se efectúa por su alargamiento a través de un material sólido, granular o líquido, con o sin la ayuda de resorte.

Artículo 110 – Requisitos de las instalaciones eléctricas

A. Disposiciones Generales

110-2. Aprobación. En las instalaciones eléctricas normalizadas en la presente NOM, únicamente será aceptable la utilización de materiales y equipos aprobados. Para verificar el cumplimiento de esta disposición, un producto se considerará aprobado si:

a) De existir normas oficiales mexicanas y normas mexicanas aplicables al producto, demuestra su cumplimiento con ambas, o de existir sólo norma mexicana, demuestra su cumplimiento con ésta; en ambos casos por medio de certificado vigente emitido por un organismo nacional de certificación acreditado.

NOTA: La certificación vigente se comprueba cuando los datos particulares del producto coinciden y figuran en los documentos oficiales expedidos por la autoridad competente o por un organismo de certificación de producto acreditado.

b) Además de cumplir con (a) anterior, se demuestra el cumplimiento con normas oficiales mexicanas de información comercial aplicables, por medio de constancia o dictamen vigente de unidad de verificación de información comercial acreditada, o por medio de documentación que compruebe el cumplimiento de las mencionadas normas.

c) En caso de no existir norma oficial mexicana o norma mexicana aplicable al producto de que se trate, o si aún existiendo, no existe organismo nacional de certificación acreditado en la norma correspondiente, se garantiza el cumplimiento de las prescripciones y características de desempeño requeridas en esta NOM por medio de comprobación de evaluación de la conformidad del producto que denote el cumplimiento con normas o especificaciones

correspondientes a las prescripciones y características ofrecidas por el fabricante.

NOTA: algunas de las prescripciones y características de desempeño requeridas en esta NOM son: resistencia mecánica, compatibilidad mecánica y funcional, espacio requerido para las curvas de cables y conexiones, protección contra choque eléctrico, protección contra efectos térmicos, protección contra sobrecorrientes, protección contra corrientes eléctricas de falla y protección contra sobretensiones, además de otros factores que contribuyan a la seguridad de las personas que utilicen o que puedan entrar en contacto con el producto. La evaluación de la conformidad es la determinación del grado de cumplimiento con las normas oficiales mexicanas, o la conformidad con normas mexicanas, las normas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características. La evaluación de la conformidad requerida en esta NOM considera con primacía lo establecido en a) y b) de esta Sección.

110-3. Instalación y uso de los equipos. Los equipos y en general los productos eléctricos utilizados en las instalaciones eléctricas deben usarse o instalarse de acuerdo con las indicaciones incluidas en la etiqueta, instructivo o marcado.

110-4. Tensiones eléctricas. A lo largo de esta NOM, las tensiones eléctricas consideradas deben ser aquellas a las que funcionan los circuitos. La tensión eléctrica nominal de un equipo eléctrico no debe ser inferior a la nominal del circuito al que está conectado.

Tensión eléctrica nominal. Es el valor asignado a un sistema, parte de un sistema, un equipo o a cualquier otro elemento y al cual se refieren ciertas características de operación o comportamiento de éstos.

Tensión eléctrica nominal del sistema. Es el valor asignado a un sistema eléctrico. Como ejemplos de tensiones normalizadas, se tienen:

120/240 V; 220Y/127 V; 480Y/277 V; 480 V como valores preferentes

2400 V como de uso restringido

440 V como valor congelado

La tensión eléctrica nominal de un sistema es el valor cercano al nivel de tensión al cual opera normalmente el sistema. Debido a contingencias de operación, el sistema opera generalmente a niveles de tensión del orden de 10% por debajo de la tensión eléctrica nominal del sistema para la cual los componentes del sistema están diseñados (véase la Figura 110-4)

Tensión eléctrica nominal de utilización. Es el valor para determinados equipos de utilización del sistema eléctrico. Los valores de tensión eléctrica de utilización son:

En baja tensión: 115/230 V; 208Y/120 V; 460Y/265 y 460 V; como valores preferentes.

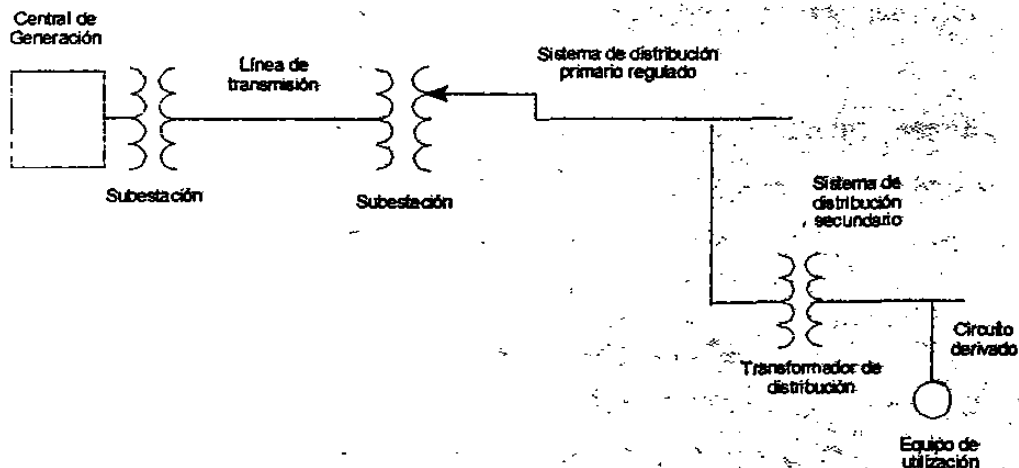


Figura 110-4 Sistema eléctrico típico para la generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica

Para otros niveles de tensión eléctrica y para complementar la información referente a tensiones normalizadas, debe consultarse la Norma Mexicana correspondiente. Véase el Apéndice C.

110-5. Conductores. Los conductores normalmente utilizados para transportar corriente eléctrica deben ser de cobre, a no ser que en esta NOM, se indique otra cosa. Si no se especifica el material del conductor, el material y las secciones transversales que se indiquen en esta NOM se deben aplicar como si fueran conductores de cobre. Si se utilizan otros materiales, los tamaños nominales deben cambiarse conforme a su equivalente en cobre.

NOTA: Véase 310-14, conductores de aluminio.

110-6. Tamaño nominal de los conductores. Los tamaños nominales de los conductores se expresan en mm^2 y opcionalmente su equivalente en AWG (American Wire Gage) o en circular mils.

NOTA: 1 mil = 1 milésima de pulgada = 25,4 micras. 1 cmil = $1/1973,5 \text{ mm}^2$

110-7. Integridad del aislamiento. Todos los cables deben instalarse de modo que, cuando la instalación esté terminada, el sistema quede libre de cortocircuitos y de conexiones a tierra distintas de las necesarias o permitidas en el Artículo 250.

110-8. Métodos de alambrado. En esta NOM sólo se incluyen métodos de alambrado reconocidos como adecuados. Los métodos de alambrado reconocidos se permiten instalar en cualquier tipo de edificio o estructura, a menos que en esta NOM se indique lo contrario.

110-9. Corriente de interrupción. Los equipos diseñados para interrumpir la corriente eléctrica en caso de fallas, deben tener una corriente de interrupción suficiente para la tensión eléctrica nominal del circuito y la intensidad de corriente eléctrica que se produzca en los terminales de la línea del equipo.

El equipo proyectado para interrumpir el paso de corriente eléctrica a otros niveles distintos del de falla, debe tener una corriente de interrupción a la

tensión eléctrica nominal del circuito, suficiente para la corriente eléctrica que deba interrumpir.

110-10. Impedancia y otras características del circuito. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, la impedancia total, las corrientes de interrupción de los componentes y otras características del circuito que haya que proteger, se deben elegir y coordinar de modo que permitan que los dispositivos para protección del circuito contra fallas, operen sin causar daños a los componentes eléctricos del circuito. Se debe considerar que se presenta la falla entre dos o más de los conductores del circuito o entre cualquier conductor del circuito y el conductor de puesta a tierra o la canalización metálica que lo rodea.

110-11. Agentes deteriorantes. No se deben instalar conductores o equipos en locales húmedos o mojados; ni donde estén expuestos a gases, humos, vapores, líquidos u otros agentes que puedan tener un efecto deteriorante sobre los conductores o equipos; ni expuestos a temperaturas excesivas, a menos que estén identificados para usarlos en entornos operativos con estas características.

NOTA 1: Respecto a la protección contra la corrosión, véase 300-6.

NOTA 2: Algunos limpiadores y lubricantes pueden causar grave deterioro de muchos materiales plásticos utilizados en aplicaciones de aislamiento y estructurales en los equipos.

Los equipos aprobados conforme con lo establecido en 110-2 para su uso en lugares secos sólo se deben proteger contra daños permanentes por la intemperie durante la construcción del edificio.

110-12. Ejecución mecánica de los trabajos. Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional.

a) Aberturas no utilizadas. Las aberturas no utilizadas de las cajas, canalizaciones, canaletas auxiliares, gabinetes, carcasas o cajas de los

equipos, se deben cerrar eficazmente para que ofrezcan una protección sustancialmente equivalente a la pared del equipo.

b) Envolventes bajo la superficie. Los conductores se deben instalar de modo que brinden un acceso rápido y seguro a las envolventes subterráneas o bajo la superficie a las que deban entrar personas para su instalación y mantenimiento.

c) Integridad de los equipos y conexiones eléctricas. Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables, aisladores y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas como restos de pintura, yeso, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o a la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por acción química o sobrecalentamiento, o contaminadas por materiales extraños como pintura, yeso, limpiadores o abrasivos.

110-13. Montaje y enfriamiento de equipo

a) Montaje. El equipo eléctrico debe estar firmemente sujeto a la superficie sobre la que vaya montado. No se deben utilizar "taquetes" de madera en agujeros en ladrillo, concreto, yeso o en materiales similares.

b) Enfriamiento. El equipo eléctrico que dependa de la circulación natural del aire y de la convección para el enfriamiento de sus superficies expuestas, se debe instalar de modo que no se impida la circulación del aire ambiente sobre dichas superficies por medio de paredes o equipo instalado al lado. Para equipo diseñado para su montaje en el suelo, se debe dejar la distancia entre las superficies superior y las adyacentes para que se disipe el aire caliente que circula hacia arriba.

El equipo eléctrico dotado de aberturas de ventilación se debe instalar de modo que las paredes u otros obstáculos no impidan la libre circulación del aire a través del equipo.

110-14. Conexiones eléctricas. Debido a las diferentes características del cobre y del aluminio, deben usarse conectadores o uniones a presión y terminales soldables apropiados para el material del conductor e instalarse adecuadamente. No deben unirse terminales y conductores de materiales distintos, como cobre y aluminio, a menos que el dispositivo esté identificado (aprobado conforme con lo establecido en 110-2) para esas condiciones de uso. Si se utilizan materiales como soldadura, fundentes o compuestos, deben ser adecuados para el uso y de un tipo que no cause daño a los conductores, sus aislamientos, la instalación o a los equipos.

NOTA: En muchas terminales y equipo se indica su par de apriete máximo.

a) Terminales. La conexión de los conductores a las terminales debe proporcionar una conexión segura, sin deterioro de los conductores y debe realizarse por medio de conectadores de presión (incluyendo tornillos de fijación), conectadores soldables o empalmes terminales flexibles. (Véase 311-3)

Excepción: Se permite la conexión por medio de tornillos o pernos y tuercas de sujeción de cables y tuercas para conductores de tamaño nominal de 5,26 mm² (10 AWG) o menores.

Las terminales para más de un conductor y las terminales utilizadas para conectar aluminio, deben estar así identificadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2.)

b) Empalmes. Los conductores deben empalmarse con dispositivos adecuados según su uso, o con soldadura de bronce, soldadura al arco o soldadura con un metal de aleación fundible. Los empalmes soldados deben unirse primero, de forma que aseguren, antes de soldarse, una conexión firme, tanto mecánica como eléctrica. Los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante adecuado.

Los conectadores o medios de empalme de los cables instalados en conductores que van directamente enterrados, deben estar listados (aprobados conforme con lo establecido en 110-2) para ese uso.

c) Limitaciones por temperatura. La temperatura nominal de operación del conductor, asociada con su capacidad de conducción de corriente, debe seleccionarse y coordinarse de forma que no exceda la temperatura de operación de cualquier elemento del sistema que tenga la menor temperatura de operación, como conectadores, otros conductores o dispositivos. Se permitirá el uso de los conductores con temperatura nominal superior a la especificada para las terminales mediante ajuste o corrección de su capacidad de conducción de corriente, o ambas.

1) Las terminales de equipos para circuitos de 100 A nominales o menos, o identificadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores de tamaño nominal 2,082 a 42,41 mm² (14 a 1 AWG), deben utilizarse para conductores con temperatura de operación del aislamiento máxima de 60 °C.

Excepción 1: Se permite utilizar conductores de mayor temperatura nominal, siempre que la capacidad de conducción de corriente de los conductores se determine basándose en su capacidad a 60 °C, según el tamaño nominal de los conductores usados.

Excepción 2: Se permite el uso de equipos con conductores en sus terminales de la mayor temperatura de operación a la capacidad de conducción de corriente superior, siempre que el equipo esté listado e identificado (aprobado conforme con lo establecido en 110-2) para usarse a la capacidad de estos conductores.

2) Las terminales de equipo para circuitos de más 100 A nominales, o identificadas (aprobadas conforme con lo establecido en 110-2) para conductores mayores de 42,41 mm² (1 AWG), deben utilizarse solamente para conductores con temperatura nominal de operación del aislamiento máxima de 75 °C.

Excepción 1: Se permite utilizar conductores de mayor temperatura nominal, siempre que la capacidad de conducción de corriente de los conductores se determine basándose en su capacidad a 75 °C, según el tamaño nominal de los conductores empleados.

Excepción 2: Se permite el uso de equipos con conductores, en sus terminales, de mayor temperatura de operación a la capacidad de conducción de corriente superior, siempre que el equipo esté listado e identificado (aprobado conforme con lo establecido en 110-2) para usarse a la capacidad de estos conductores.

3) La capacidad de conducción de corriente de los conductores sobre los que se apliquen conectores a presión, no deben exceder la capacidad de conducción de corriente a la temperatura nominal del conector.

NOTA: Respecto de 110-14(c)(1), (2) y (3), la información que aparezca en el equipo puede restringir adicionalmente el tamaño nominal y la temperatura de operación de los conductores conectados.

110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos). Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.

a) Distancias de trabajo. Excepto si se exige o se permite otra cosa en esta NOM, la medida del espacio de trabajo en dirección al acceso a las partes vivas que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que puedan requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras estén energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16(a). Las distancias se deben medir desde las partes vivas, si están expuestas, o desde el frente o abertura de la envolvente, si están encerradas. Las paredes de concreto, ladrillo o azulejo se deben considerar conectadas a tierra.

Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser inferior a 80 cm de ancho delante del equipo eléctrico. El

espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el piso o plataforma hasta la altura exigida por esta Sección. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de altura de esta Sección, se permite equipo de la misma profundidad.

Tabla 110-16(a). Distancias de trabajo

Tensión eléctrica nominal a tierra	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,90	0,90	0,90
151-600	0,90	1,1	1,20

Las condiciones son las siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no-vivas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se considerarán partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a no más de 300 V.
2. Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.
3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

Excepción 1: No se requiere espacio de trabajo en la parte posterior de conjuntos como tableros de distribución de fuerza de frente muerto o centros de control de motores en los que no haya partes reemplazables o ajustables como fusibles o desconectores en su parte posterior y donde todas las conexiones estén accesibles desde lugares que no son la parte posterior. Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir un espacio mínimo de trabajo de 762 mm en horizontal.

Excepción 2: Con permiso especial, se permiten espacios más pequeños si todas las partes no-aisladas están a una tensión eléctrica inferior a 30 V r.m., 42 V de pico o 60 V c.c.

Excepción 3: En los edificios existentes en los que se vaya a cambiar el equipo eléctrico, se debe dejar un espacio de trabajo como el de la Condición 2 entre tableros de distribución de fuerza de frente muerto, gabinetes de alumbrado o centros de control de motores situados a lo largo del pasillo y entre uno y otro, siempre que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que se han dado instrucciones por escrito para prohibir que se abra al mismo tiempo el equipo a ambos lados del pasillo y que el mantenimiento de la instalación sea efectuado por personas calificadas.

b) Espacios libres. El espacio de trabajo requerido por esta Sección no se debe utilizar como almacén. Cuando las partes energizadas normalmente cerradas se exponen para su inspección o servicio, el espacio de trabajo, en un paso o espacio general, debe estar debidamente protegido.

c) Acceso y entrada al espacio de trabajo. Debe haber al menos una entrada de ancho suficiente que dé acceso al espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico.

Para equipo de 1200 A nominales o más y de más de 1,80 m de ancho, que contenga dispositivos de protección contra sobrecorriente, dispositivos de interrupción o de control, debe tener una entrada de no menos de 61 cm de ancho y de 2 m de alto en cada extremo del local.

Excepción 1: Si el lugar permite una circulación continua y libre, se permite una salida únicamente..

Excepción 2: Si el espacio de trabajo requerido en la Sección 110-16(a) se duplica, sólo se requiere una entrada al espacio de trabajo y debe estar situada de modo que el borde de la entrada más cercana al equipo esté a la distancia mínima dada en la Tabla 110-16(a) desde dicho equipo.

d) Iluminación. Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado, o de los centros de control de motores instalados interiormente. No serán necesarios otros elementos de iluminación cuando el espacio de trabajo esté iluminado por una fuente de luz adyacente. En los cuartos de equipo eléctrico, la iluminación no debe estar controlada exclusivamente por medios automáticos.

e) Altura hasta el techo. La altura mínima hasta el techo de los espacios de trabajo alrededor de equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores debe ser de 2 m. Cuando el equipo eléctrico tenga más de 2 m de altura, el espacio mínimo hasta el techo no debe ser inferior a la altura del equipo.

Excepción: El equipo de acometida o los paneles de alumbrado en unidades de vivienda existentes que no superen 200 A.

NOTA: Para mayores tensiones eléctricas, véase 710.

110-17. Resguardo de partes vivas (de 600 V nominales o menos)

a) Partes vivas protegidas contra contacto accidental. Excepto si en esta NOM se requiere o autoriza otra cosa, las partes vivas del equipo eléctrico que funcionen a 50 V o más deben estar resguardadas contra contactos accidentales por envolventes apropiadas o por cualquiera de los medios siguientes:

1) Estar ubicadas en un cuarto, bóveda o recinto similar accesible únicamente a personal calificado.

2) Mediante muros de materiales permanentes adecuados, tabiques o mamparas dispuestas de modo que sólo tenga acceso al espacio cercano a las partes vivas personal calificado. Cualquier abertura en dichos muros o mampara debe ser dimensionada o estar situada de modo que no sea probable que las personas entren en contacto accidentalmente con las partes vivas o pongan objetos conductores en contacto con las mismas.

3) Estar situadas en un balcón, una galería o en una plataforma tan elevado y dispuesto de tal modo que no permita acceder a personal no-calificado.

4) Estar instaladas a 2,45 m o más por encima del piso u otra superficie de trabajo.

b) Prevención de daño físico. En lugares en los que sea probable que el equipo eléctrico pueda estar expuesto a daños físicos, las envolventes o protecciones deben estar dispuestas de tal modo y ser de una resistencia tal que evite daños.

c) Señales preventivas. Las entradas a cuartos y otros lugares protegidos que contengan partes vivas expuestas, se deben marcar con señales preventivas que prohíban la entrada a personal no-calificado.

NOTA: Para los motores, véase 430-132 y 430-133. Para más de 600 V, véase 110-34.

110-18. Partes que puedan formar arcos eléctricos. Las partes del equipo eléctrico que en su funcionamiento normal puedan producir arcos, chispas, flamas o metal fundido, se deben encerrar o separar y aislar de cualquier material combustible.

NOTA: Para lugares peligrosos (clasificados), véanse los Artículos 500 a 517. Para los motores, véase 430-14.

110-19. Alumbrado y fuerza tomados de conductores para grúas o transportes eléctricos. Los circuitos de fuerza y los de iluminación no se deben conectar a cualquier sistema que contenga cables para troles con retorno a tierra.

Excepción: Patios de ferrocarril, instalaciones eléctricas o estaciones de pasajeros y mercancías, que funcionen en conexión con los ferrocarriles eléctricos.

110-21. Marcado (aplicado a información). En todo equipo eléctrico se deberá colocar el nombre del fabricante, la marca comercial u otra descripción mediante la cual se pueda identificar a la empresa responsable del producto. Debe tener otras marcas que indiquen la tensión eléctrica, la corriente eléctrica, potencia u otras características nominales, tal como se especifica en otras Secciones de esta NOM o en las normas específicas de los productos conforme con lo establecido en 110-2. La identificación debe ser de duración suficiente para que soporte las condiciones ambientales involucradas

110-22. Identificación de los medios de desconexión. Todos los medios de desconexión requeridos por esta NOM para motores y aparatos eléctricos y todas las acometidas, alimentadores o derivados en su punto de origen, deben marcarse legiblemente y que indique su objetivo, a no ser que estén situados e instalados de modo que ese objetivo sea evidente. La identificación debe ser de duración suficiente para que soporte las condiciones ambientales involucradas.

Quando se instalen interruptores automáticos o fusibles en combinación nominal en serie marcada en el equipo por el fabricante, las envolventes del equipo deben marcarse legiblemente en el campo para indicar que han sido instalados con un valor nominal de combinación serie. Las marcas deben ser fácilmente visibles e indicar "Precaución: Sistema en Serie de..... A, disponible. Se requiere de piezas de repuesto identificadas"

NOTA: Véase 240-83(c) para el marcado de la corriente de interrupción de los equipos de utilización.

B. Más de 600 V nominales

110-30. General. Los conductores y equipo usados en circuitos de más de 600 V nominales deben cumplir todas las disposiciones aplicables de las anteriores secciones de este Artículo y de las siguientes secciones, que complementan o modifican a las anteriores. En ningún caso se aplicarán las disposiciones de esta parte a equipo situado antes del punto de acometida.

110-31. Envolvente de las instalaciones eléctricas. Las instalaciones eléctricas en bóvedas, en cuartos o en armarios o en una zona rodeada por una pared, mampara o cerca, cuyo acceso esté controlado por cerradura y llave u otro medio, se considerarán accesibles únicamente a personal calificado. El tipo de envolvente utilizada en un caso dado se debe diseñar y construir según la naturaleza y grado del riesgo o riesgos inherentes a la instalación.

Se debe utilizar una pared, mampara o cerca que rodee una instalación eléctrica a la intemperie para disuadir de su acceso a personal no-calificado. La cerca no deberá ser de menos de 2,15 m de alto o una combinación de cerca de 1,80 m o más y 30 cm más de prolongación, con tres o más cables de alambre de púas o equivalente.

NOTA: Para los requisitos de construcción de las bóvedas para transformadores, véase el Artículo 450.

a) Instalaciones interiores

1) En lugares accesibles a personal no-calificado. Las instalaciones eléctricas interiores que estén abiertas a personal no-calificado deben estar hechas con equipo en envolventes metálicas o deben estar encerradas en una bóveda o en una en zona cuyo acceso esté

controlado por una cerradura. Se deben marcar con los símbolos de precaución adecuados los tableros en gabinetes metálicos, las subestaciones unitarias, transformadores, medios de desconexión, cajas de conexión y equipo similar. Las aberturas de ventilación de transformadores de tipo seco o aberturas similares en otro equipo deben estar diseñadas de manera que los objetos extraños que penetren a través de esas aberturas sean desviados de las partes energizadas.

2) En lugares accesibles sólo a personas calificadas. Las instalaciones eléctricas interiores consideradas accesibles sólo a personas calificadas, según esta sección, deben cumplir lo establecido en 110-34, 710-32 y 710-33.

b) Instalaciones a la intemperie

1) En lugares accesibles a personas no-calificadas. Las instalaciones eléctricas a la intemperie que estén abiertas a personal no calificado deben cumplir con lo establecido en el Artículo 225.

2) En lugares accesibles sólo a personal calificado. Las instalaciones eléctricas a la intemperie consideradas accesibles sólo a personal calificado, según el primer párrafo de esta sección, deben cumplir lo establecido en 110-34, 710-32 y 710-33.

c) Equipo en envolventes metálicas accesibles a personal no-calificado

Las aberturas de ventilación de transformadores de tipo seco o aberturas similares en otros equipos, deben estar diseñadas de manera que los objetos extraños que penetren a través de esas aberturas sean desviados de las partes electrificadas. Si están expuestos a daño físico debido al tráfico de vehículos, se deben instalar protectores adecuados. El equipo en envolventes metálicas situado a la intemperie y accesible al público en general debe estar diseñado de modo que los pernos o tuercas visibles no se puedan quitar fácilmente, permitiendo el acceso a partes vivas. Cuando un equipo en envolvente metálica sea accesible al público en general y la parte inferior de la envolvente esté a menos de 2,4 m por encima del suelo o del nivel de la

calle, la puerta o la tapa embisagrada de la envolvente debe estar cerrada. Las puertas y tapas de las envolventes usadas únicamente como cajas de desconexión, de empalme o de unión, deben estar cerradas, clavadas o atornilladas.

110-32. Espacio de trabajo alrededor de los equipos. Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo. Cuando haya expuestas partes energizadas, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 2 m de altura (medidos verticalmente desde el piso o plataforma) ni inferior a 0,9 m de ancho (medidos paralelamente al equipo). La profundidad debe ser la que requiera la Sección 110-34(a). En todos los casos, el espacio de trabajo debe ser suficiente para permitir como mínimo una abertura de 90° de las puertas o paneles abisagrados.

110-33. Entrada y acceso al espacio de trabajo

a) Entrada. Para dar acceso al espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico, debe haber por lo menos una entrada no inferior a 60 cm de ancho y a 2 m de alto.

En los tableros de distribución y paneles de control de más de 1,80 m de ancho, debe haber una entrada en cada extremo de dicho equipo.

Excepción 1: Si el lugar permite una salida continua y libre.

El espacio de trabajo con una entrada debe estar situado de modo que el borde de la entrada más cercana al equipo esté a la distancia mínima dada en la Tabla 110-34(a) desde dicho equipo.

Cuando haya partes energizadas desnudas de cualquier tensión eléctrica o partes energizadas aisladas de más de 600 V nominales a tierra cerca de dichas entradas, deben estar adecuadamente protegidas.

b) Acceso. Debe haber escaleras o escalones permanentes que permitan acceder de modo seguro al espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico

instalado en plataformas, balcones, entresuelos o en los áticos o cuartos en las terrazas.

110-34. Espacio de trabajo y protección

a) **Espacio de trabajo.** El espacio de trabajo libre mínimo en dirección del acceso a las partes vivas de una instalación eléctrica, tales como tableros de distribución, paneles de control, medios de desconexión, interruptores automáticos, controladores de motores, relés y equipo similar, no debe ser inferior al especificado en la Tabla 110-34(a), a no ser que se especifique otra cosa en esta NOM. Las distancias se deben medir desde las partes vivas, si están expuestas, o desde el frente o abertura de la envolvente si están encerradas.

b)

Tabla 110-34(a). Profundidad mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
601-2500	0,90	1,2	1,5
2501-9000	1,2	1,5	1,8
9001-25000	1,5	1,8	2,7
25001-75 Kv	1,8	2,4	3,0
más de 75 kV	2,4	3,0	3,6

Las condiciones son las siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no activas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a no más de 300 V.
2. Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado. Las paredes de concreto, tabique o azulejo se consideran superficies conectadas a tierra.
3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

Excepción: No se requiere espacio de trabajo en la parte posterior de conjuntos tales como tableros de distribución de frente muerto o centros de control de motores en los que no haya partes intercambiables o ajustables tales como fusibles o conmutadores en su parte posterior, y donde todas las conexiones estén accesibles desde lugares que no sean la parte posterior. Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no-energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir un espacio mínimo de trabajo de 0,8 m en horizontal.

b) Separación de instalaciones de baja tensión. Cuando haya instalados desconectadores, cortacircuitos u otro equipo que funcione a 600 V nominales o menos, en un cuarto o resguardo donde haya expuestas partes vivas o cables expuestos a más de 600 V nominales, la instalación de alta

tensión se debe separar eficazmente del espacio ocupado por los equipos de baja tensión mediante un muro de tabique, cerca o pantalla adecuados.

Excepción: Está permitido instalar desconectores u otros equipos que funcionen a 600 V nominales o menos y que pertenezcan sólo a equipo dentro del cuarto, bóveda o envolvente de alta tensión en ese cuarto, bóveda o envolvente si sólo es accesible a personas calificadas.

c) Cuartos o envolventes cerrados. Las entradas a todos los edificios, cuartos o envolventes que contengan partes vivas expuestas o conductores que operen a más de 600 V nominales, se deben mantener cerradas con llave.

Excepción: Cuando dichas entradas estén en todo momento bajo la supervisión de una persona calificada.

Cuando la tensión eléctrica supere 600 V nominales, debe haber señales preventivas permanentes y visibles en las que se indique lo siguiente:

"PELIGRO-ALTA TENSION ELECTRICA-PROHIBIDA LA ENTRADA".

d) Iluminación. Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo eléctrico. Las cajas de salida para iluminación deben estar dispuestas de manera que las personas que cambien las lámparas o hagan reparaciones en el sistema de iluminación, no corran peligro por las partes vivas u otros equipos activos.

Los interruptores de control deben estar situados de modo que no sea probable que las personas entren en contacto con ninguna parte viva o móvil del equipo al accionarlos.

e) Altura de las partes vivas sin proteger. Las partes vivas sin proteger por encima del espacio de trabajo se deben mantener a una altura no-inferior a la requerida en la Tabla 110-34(e).

**Tabla 110-34(e). Altura de las partes vivas sin proteger
sobre el espacio de trabajo**

Tensión eléctrica nominal entre fases (V)	Altura (m)
601-7500	2,60
7501-35000	2,75
Más de 35000	2,7+ 0,01 por cada kV arriba de 35

110-40. Límites de temperatura en las terminales. Se permite que la capacidad de conducción de corriente de los conductores sea calculada de acuerdo con lo indicado en las Tablas 310-67 a 310-86, tomando como base que terminan en dispositivos clasificados a 90 °C, a menos que otra cosa se especifique

CAPITULO 3 Conceptos básicos de electricidad para instalaciones eléctricas

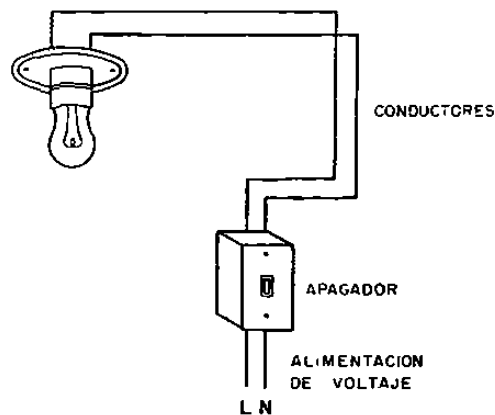
3.1 Introducción

El desarrollo de la electricidad se inició aproximadamente hace un siglo habiendo cambiado desde entonces nuestras formas de vida. a partir 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, también para otros usos distintos, con lo que quedó establecida 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 y 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 un solo propósito, llevar la energía eléctrica a satisfacer necesidades.

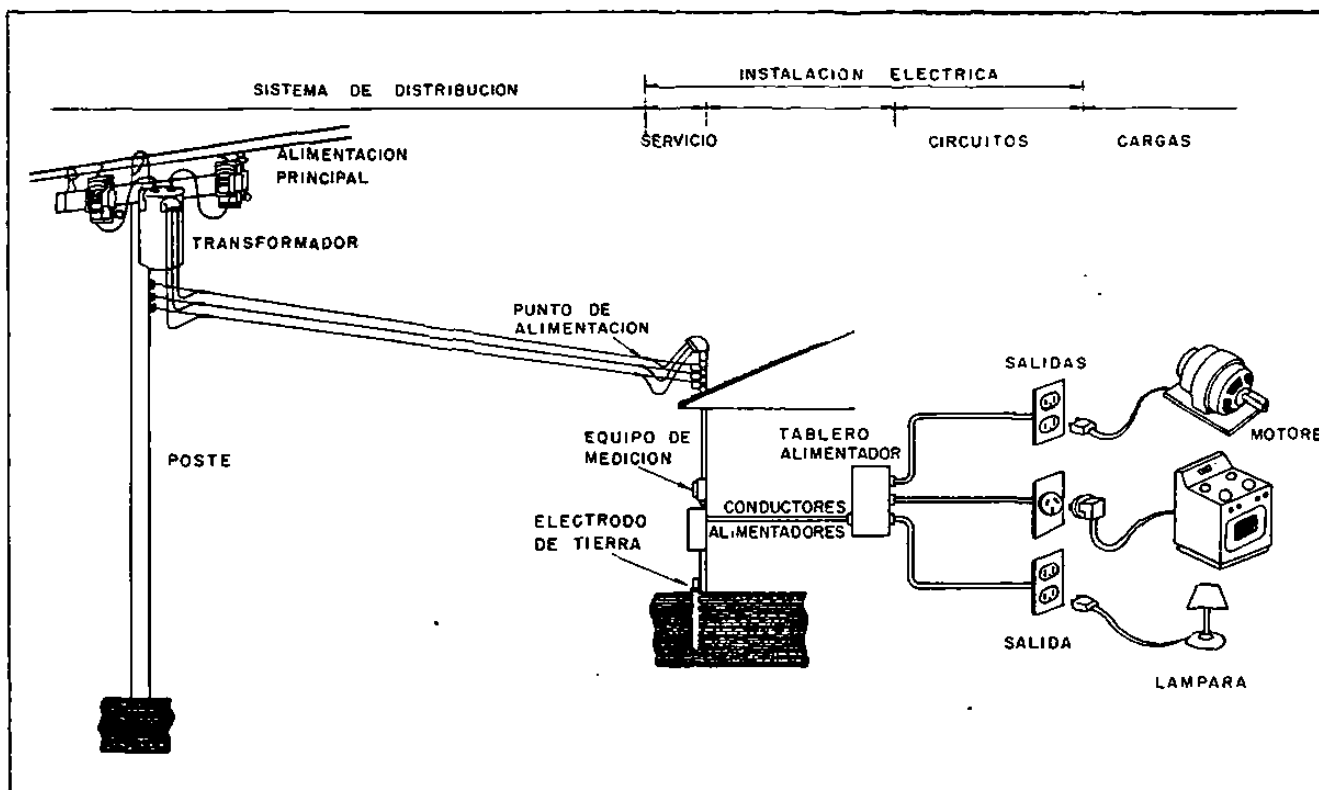
Las instalaciones eléctricas pueden tener un distinto grado de complejidad dependiendo del lugar que ocupen dentro del conjunto de instalaciones y de la función a desempeñar, es así como se pueden tener instalaciones tan simples como las que se observan a diario en las casas habitación y que a simple vista se observan sus componentes como son las salidas para lámparas, en general, se puede decir que el requerimiento fundamental para la utilización de la energía eléctrica, es el llamado "circuito eléctrico"

Un circuito eléctrico en su forma más elemental consiste de una fuente de voltaje como por ejemplo una batería, un generador o cualesquiera terminales entre las cuales aparezca un voltaje o diferencia de potencial uno o más dispositivos de carga, los cuales usan la corriente suministrada por la fuente, y una trayectoria conductora cerrada formada, normalmente, por conductores eléctricos, en la vida cotidiana es posible observar algunos casos típicos de circuitos eléctricos como son:

A). - Los circuitos de alumbrado que obtienen el voltaje de un tablero o punto de alimentación, los conductores van dentro de tubos conduit hacia las salidas en donde se conectan las cargas, la corriente que alimenta a las cargas circula cuando se cierra el circuito por medio de los llamados apagadores de pared.

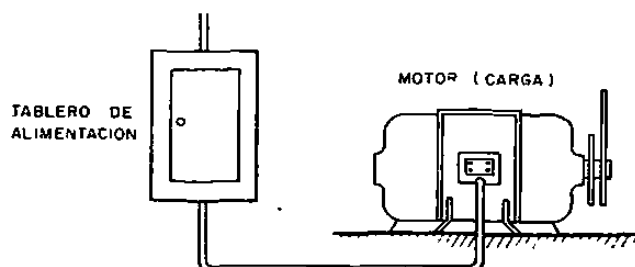


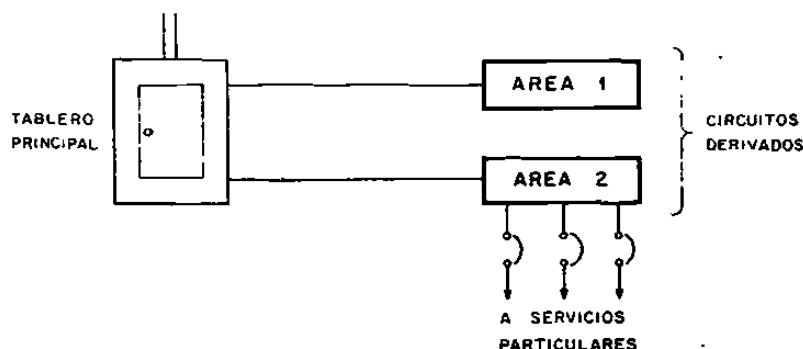
Circuito elemental de alumbrado



Sistema eléctrico típico

B).- Los circuitos de fuerza o de alimentación a motores. En estos circuitos el voltaje se obtiene de un tablero o "panel" de alimentación y se lleva por medio de conductores alimentadores hasta el motor que representa la carga.





Circuito elemental de alimentación

c).— Los circuitos alimentadores en cualquier circuito y que alimentan a su vez a otros circuitos llamados derivados. Ejemplos típicos de estos circuitos son las instalaciones de edificios en donde de un tablero salen las alimentaciones para distintas áreas.

Dependiendo de las características de la fuente de voltaje los circuitos pueden ser de corriente continua (c.c.) o de corriente alterna (c.a) y pueden operar con distintos rangos de voltaje. Por ejemplo en corriente continua se tienen señales de fuerza o para control a 50v, 125v, 250v, 500v y en corriente alterna, 127 volts, 1 fase, 220 volts, 440 volts 3 fases y en tensiones superiores a 1000 volts, consideradas con "alta tensión" en las instalaciones eléctricas, se tienen otros rangos de voltaje con tensiones como 2200 volts, 4160 volts, 13800 volts y otros.

En el cálculo de las instalaciones eléctricas prácticas, ya sean del tipo residencial, industrial o comercial, se requiere del conocimiento básico de algunos conceptos de electricidad que permiten entender mejor los problemas específicos que plantean dichas instalaciones.

Desde luego que el estudio de estos conceptos es material de otros temas de electricidad relacionados principalmente con los circuitos eléctricos en donde se tratan con suficiente detalle. Sin embargo, en este capítulo sólo se estudia los conceptos mínimos requeridos para el proyecto de instalaciones eléctricas con un nivel de matemáticas elemental que prácticamente se reduce a la aritmética.

3.2 Partes de un circuito eléctrico

Todo circuito eléctrico práctico, sin importar qué tan simple o qué tan complejo sea, requiere de cuatro partes básicas:

- a) Una fuente de energía eléctrica que puede forzar el flujo de electrones (corriente eléctrica) a fluir a través del circuito.
- b) Conductores que transporten el flujo de electrones a través de todo el circuito.
- c) La carga, que es el dispositivo o dispositivos a los cuales se suministra la energía eléctrica.
- d) Un dispositivo de control que permita conectar o desconectar el circuito.

Un diagrama elemental que muestra estos cuatro componentes básicos de un circuito se muestra a continuación en la figura 1.1. La fuente de energía puede ser un simple contacto de una instalación eléctrica, una batería, un generador o algún otro dispositivo; de hecho, como se verá, se usan dos tipos de fuentes: de corriente alterna (CA) y de corriente directa (CD).

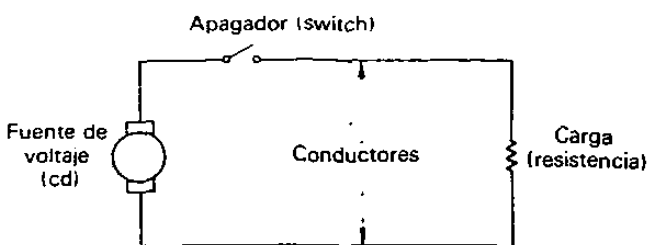


Fig.1.1

Otras representaciones elementales de un circuito ser las mostradas en las figuras 1.2 y 1.3:

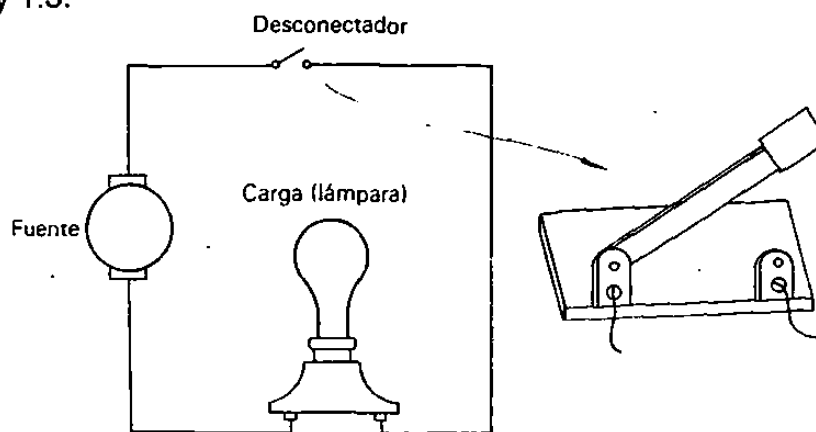


Figura 1.2 Circuitos eléctricos básicos

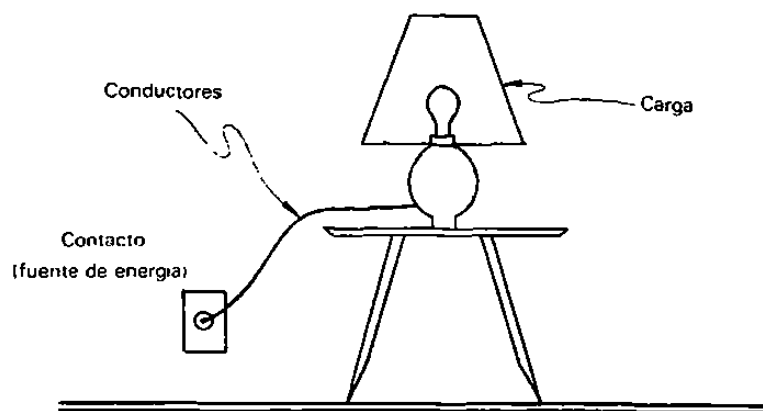


Figura 1.3

Por lo general, los conductores de cobre usados en las instalaciones eléctricas son alambres de cobre; se pueden usar también alambres de aluminio.

Cuando el dispositivo de control o desconectador (switch) está en posición de abierto no hay circulación de corriente o flujo de electrones; la circulación de corriente por los conductores ocurre cuando se cierra el desconectador.

La carga puede estar representada por una amplia variedad de dispositivos como lámparas (focos), parrillas eléctricas, motores, lavadoras, licuadoras, planchas eléctricas, etc.; más adelante se indica que se pueden usar distintos símbolos para representar las cargas; algunos de estos símbolos se muestran a continuación (figura 1.4).

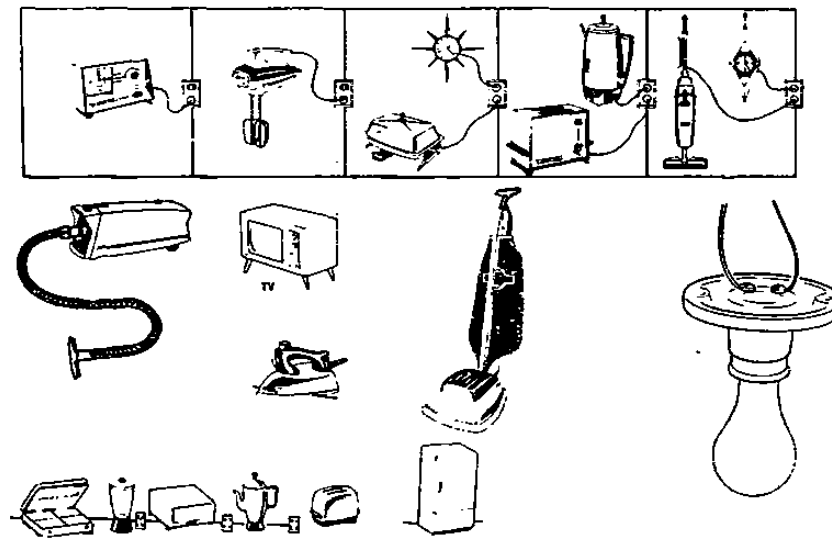
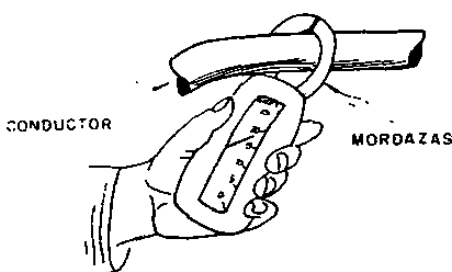


Figura 1.4 Algunos tipos de cargas.

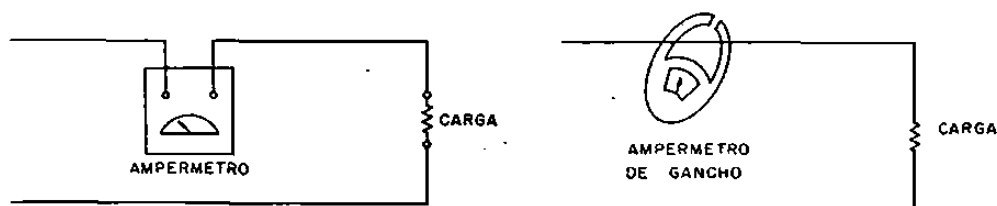
3.3 Instrumentos de medición eléctrica

El voltmetro.- este es un aparato o instrumento de medición construido y calibrado para dar directamente la lectura del valor de voltaje aplicado. el voltmetro se debe conectar siempre en paralelo con la carga, el circuito o elemento de circuito del cual se requiere medir. Tiene dos terminales y se conecta por medio de dos conductores directamente a través de la carga por medir el voltaje, en corriente alterna se pueden conectar indistintamente estas terminales, pero cuando se hace la medición en corriente continua se debe

tener cuidado de conectar las terminales de manera tal que se correspondan: las marcas de polaridad, es decir, el positivo del voltmetro con el positivo de la carga, y en la misma forma los negativos.



El ampermetro:- este es otro instrumento de lectura directa que está diseñado para medir la corriente eléctrica, es decir, amperes. Los ampermetros convencionales se deben conectar en serie con la carga o elemento del circuito a través del cual se debe medir la corriente. Debido a la propia conexión toda la corriente que fluye a través del ampermetro, es la que circula por el circuito o elemento. Otro tipo de ampermetro es el denominado ampermetro de gancho, que se “conecta” al circuito para medir en forma indirecta, es decir, magnéticamente.



Conexión del ampermetro

wattmetro.- este es también un instrumento de lectura directa que mide la potencia y es de hecho una combinación del voltímetro y del ampérmetro, ya

que mide volts y amperes e indica su producto, que resulta ser watts. El wattmetro básico tiene 4 terminales para conectarse al circuito que va a ser medido, dos de las terminales se conectan en serie con la carga y alimentan la sección del ampérmetro del instrumento, la otras dos terminales son del voltmetro y se conectan a través de la carga.

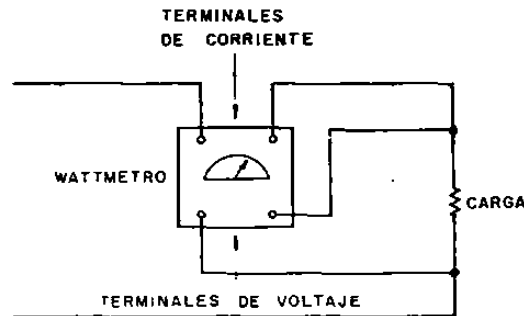


Figura del wattmetro.

Wattorimetro.- este también es un instrumento de lectura directa que se usa para medir la cantidad de energía eléctrica que se entrega o se consume en una instalación eléctrica, es decir, mide la cantidad de trabajo desarrollado. La cantidad de energía medida, normalmente lo hace la compañía suministradora y sirve para saber el consumo que ha tenido el usuario en un determinado lapso de tiempo y de esta manera elaborar su recibo de pago.

Por medio de un mecanismo interno se correlaciona la potencia medida con el tiempo en que esta potencia ha sido demandada. El producto de los watts y horas se indica en sistema de carátulas calibradas en la casa del medidor. Estos instrumentos se conectan en la misma forma que un wattmetro, y en la misma forma que los otros instrumentos, se usa principalmente en circuitos de corriente alterna.

3.4 Corriente eléctrica

Para trabajar con circuitos eléctricos es necesario conocer la capacidad de conducción de electrones a través del circuito, es decir, cuántos electrones libres pasan por un punto dado del circuito en un segundo (1 Seg.)

A la capacidad de flujo de electrones libres se le llama corriente y se designa, en general, por la letra I , que indica la intensidad del flujo de electrones; cuando una cantidad muy elevada de electrones (6.24×10^{18}) pasa a través de un punto en un segundo, se dice que la corriente es de 1 Ampere.

3.4.1 Medición de la corriente eléctrica

Se ha dicho que la corriente eléctrica es un flujo de electrones a través de un conductor, debido a que intervienen los electrones, y éstos son invisibles. Sería imposible contar cuántos de ellos pasan por un punto del circuito en 1 segundo, por lo que para medir las corrientes eléctricas se dispone, afortunadamente, de instrumentos para tal fin conocidos como: Ampérímetros, miliamperímetros, o microamperímetros, dependiendo del rango de medición requerido, estos aparatos indican directamente la cantidad de corriente (medida en amperes) que pasa a través de un circuito.

En la figura 1.5 se muestra la forma típica de la escala de una ampérmetro; se indica como escala 0-1A, siendo 1A el valor más alto de corriente por medir y el mínimo 0.1 A (100 mA).

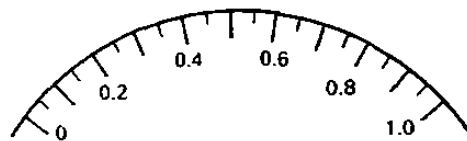


Figura 1.5

Generalmente, los ampérímetros tienen diferentes escalas en la misma carátula y por medio de un selector de escala se selecciona el rango apropiado.

Dado que un ampérmetro mide la corriente que pasa a través de un circuito se conecta "en serie", es decir, extremo con extremo con otros componentes del circuito y se designa con la letra A dentro de un círculo (figura 1.6). Tratándose de medición de corriente en circuitos de corriente continua, se debe tener cuidado de conectar correctamente la polaridad, es decir que, por ejemplo, el punto de polaridad negativa del amperímetro se debe conectar al punto de polaridad negativa de la fuente o al lado correspondiente en el circuito (figura 1.7).

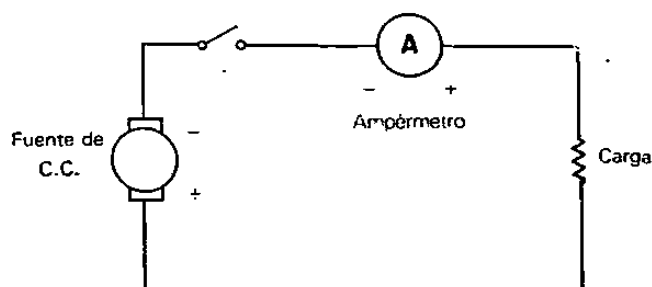


Figura 1.6

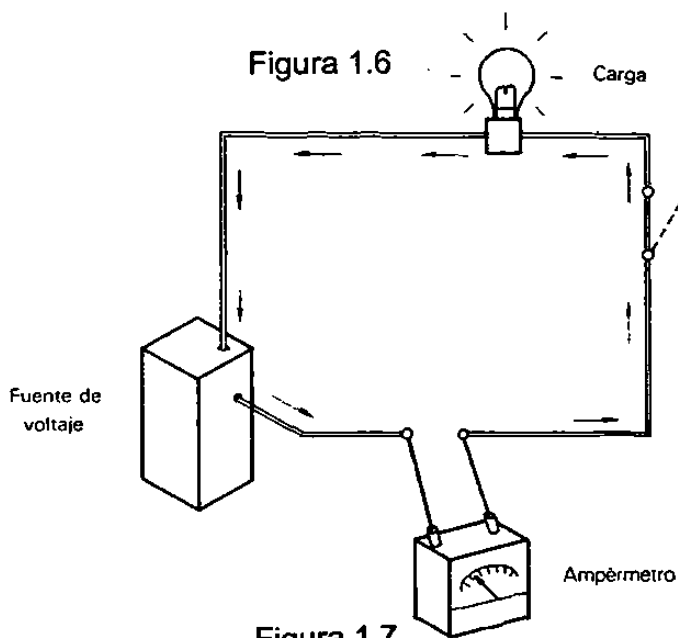


Figura 1.7

3.4.2 Voltaje o diferencia de potencial

Cuando una fuente de energía eléctrica se conecta a través de las terminales de un circuito eléctrico completo, se crea un exceso de electrones libres en una terminal, y una deficiencia en el otro; la terminal que tiene exceso tiene carga negativa (-) y la que tiene deficiencia carga positiva (+).

En la terminal cargada positivamente, los electrones libres se encuentran más espaciados de lo normal, y las fuerzas de repulsión que actúan entre ellos se reducen. Esta fuerza de repulsión es una forma de energía potencial; también se le llama energía de posición.

Los electrones en un conductor poseen energía potencial y realizan un trabajo en el conductor poniendo a otros electrones en el conductor en una nueva posición. Es evidente que la energía potencial de los electrones libres en la terminal positiva de un circuito es menor que la energía potencial de los que se encuentran en la terminal negativa; por tanto, hay una "diferencia de energía potencial" llamada comúnmente *diferencia de potencial*; esta diferencia de potencial es la que crea la "presión" necesaria para hacer circular la corriente.

Debido a que en los circuitos eléctricos las fuentes de voltaje son las que crean la diferencia de potencial y que producen la circulación de corriente, también se les conoce como *fuentes de fuerza electromotriz (FEM)*. La unidad básica de medición de la diferencia de potencial es el *Volt* y por lo general, se designa con la letra V ó E y se mide por medio de aparatos llamados *vóltmetros* que se conectan en paralelo con la fuente (figura 1.8).

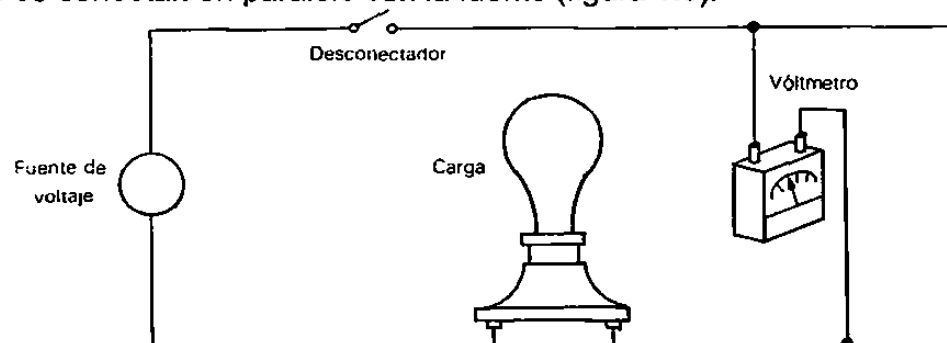


Figura 1.8 Conexión de un voltímetro

3.4.3 El concepto de resistencia eléctrica

Debido a que los electrones libres adquieren velocidad en su movimiento a lo largo del conductor, la energía potencial de la fuente de voltaje se transforma en energía cinética; es decir, los electrones adquieren energía cinética (la energía de movimiento). Antes de que los electrones se desplacen muy lejos, se producen colisiones con los iones del conductor. Un ion es simplemente un átomo o grupo de átomos que por la pérdida o ganancia de electrones libres ha adquirido una carga eléctrica. Los iones toman posiciones fijas y dan al conductor metálico su forma o característica. Como resultado de las colisiones entre los electrones libres y los iones, los electrones libres ceden parte de su energía cinética en forma de *calor* o energía calorífica a los iones.

Al pasar de un punto a otro en un circuito eléctrico, un electrón libre produce muchas colisiones y, dado que la corriente es el movimiento de electrones libres, las colisiones se oponen a la corriente. Un sinónimo de *oponer* es resistir, de manera que se puede establecer formalmente que la *resistencia* es la propiedad de un circuito eléctrico de oponerse a la corriente.

La unidad de la resistencia es el ohm y se designa con la letra R; cuando la unidad ohm es muy pequeña se puede usar el kilohm, es igual a 1000 ohms.

Todas las componentes que se usan en los circuitos eléctricos, tienen alguna resistencia, siendo de particular interés en las instalaciones eléctricas la resistencia de los conductores.

Cuatro factores afectan la resistencia metálica de los conductores:

- 1) su longitud
- 2) el área o sección transversal
- 3) el tipo de material del conductor
- 4) la temperatura.

La resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud; es decir, que a mayor longitud del conductor el valor de la resistencia es mayor.

La resistencia es inversamente proporcional al área o sección (grosso) del conductor; es decir, a medida que un conductor tiene mayor área su resistencia disminuye.

Para la medición de la resistencia se utilizan aparatos denominados óhmetros que contienen su fuente de voltaje propia que normalmente es una batería. Los óhmetros se conectan al circuito al que se va a medir la resistencia, cuando el circuito está desenergizado.

La resistencia se puede medir también por medio de aparatos llamados multímetros que integran también la medición de voltajes y corrientes. La resistencia también se puede calcular por método indirecto de voltaje y corriente.

3.5 Ley de OHM

En 1825, un científico alemán, George Simon Ohm, realizó experimentos que condujeron al establecimiento de una de las más importantes leyes de los circuitos eléctricos. Tanto la ley como la unidad de resistencia eléctrica lleva su nombre en su honor.

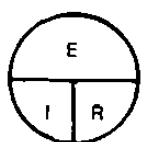
Las tres maneras de expresar la ley de Ohm son las siguientes:

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Corriente}} \quad ; \quad R = \frac{E}{I}$$

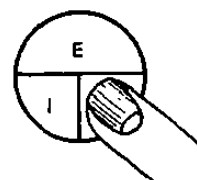
$$\text{Corriente} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Resistencia}} \quad ; \quad I = \frac{E}{A}$$

$$\text{Voltaje} = \text{Resistencia} \times \text{corriente}; \quad E = R \times I$$

Dado que la ley de Ohm presenta los conceptos básicos de la electricidad, es importante tener práctica en su uso; por esta razón se pueden usar diferentes formas gráficas de ilustrar esta ley simplificando notablemente su aplicación como se presentan en la figura 1.9 y 1.10.

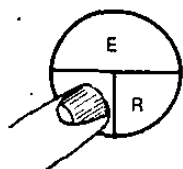


Ley de ohm

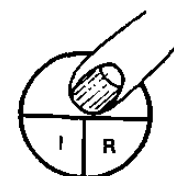


Para calcular la resistencia

Figura 1.9



Para calcular la corriente



Para calcular el voltaje

Figura 1.10

Algunos ejemplos simples permiten comprender la aplicación y utilidad de la Ley de Ohm.

3.6 Potencia y energía eléctrica

En los circuitos eléctricos la capacidad de realizar un trabajo se conoce como *la potencia*; por lo general se asigna con la letra P y en honor a la memoria de James Watt, inventor de la máquina de vapor, la unidad de potencia eléctrica es el watt; se abrevia w .

Para calcular la potencia en un circuito eléctrico se usa la relación

$$P = EI$$

Donde: P es la potencia en watts, E es el voltaje o fuerza electromotriz en volts y la corriente en amperes es I.

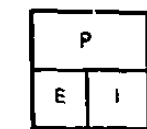
Es común que algunos dispositivos como lámparas, calentadores, secadoras, etc., expresen su potencia en watts, por lo que en ocasiones es necesario manejar la fórmula anterior en distintas maneras en forma semejante a la Ley de Ohm.

$$P = EI ; \text{watts} = \text{volts} \times \text{amperes}$$

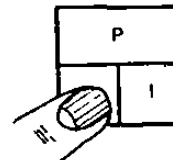
$$I = \frac{P}{E} ; \text{amperes} = \frac{\text{watts}}{\text{volts}}$$

$$E = \frac{P}{I} ; \text{volts} = \frac{\text{watts}}{\text{amperes}}$$

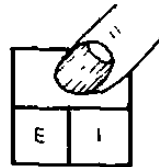
Un uso simplificado de estas expresiones es el de tipo gráfico como se muestra en la figura 1.11



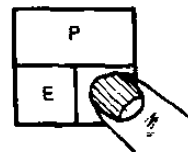
Ecuación de potencia



Voltaje



Potencia



Corriente

Figura 1.11

Supóngase que se tiene una lámpara (foco) incandescente conectada a 127 volts y toma una corriente de 0.47 A y su potencia es de (figura 1.12):

$$P = E \times I = 127 \times 0.47 = 60 \text{ watts.}$$

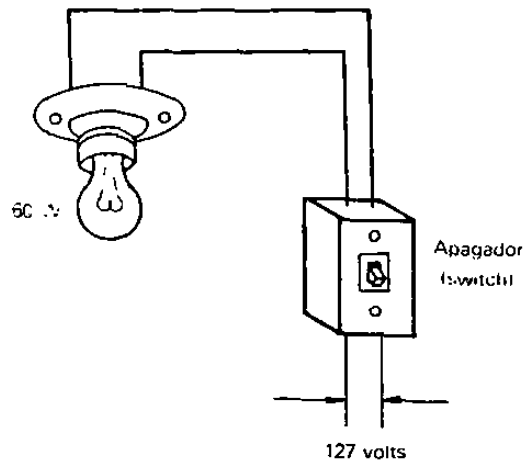


Figura 1.12

Debido a que la potencia es disipada por la resistencia de cualquier circuito eléctrico, es conveniente expresarla en términos de la resistencia (A). De la ley de Ohm.

$E = IR$ de modo que si sustituye esta expresión en la fórmula $P = EI$ se obtiene:

$$P = I^2R$$

Se puede derivar otra expresión útil para la potencia sustituyendo

$$I = \frac{E}{R}$$

en la expresión: $P = EI$, quedando entonces.

$$P = \frac{E^2}{R}$$

3.6.1 Medición de la potencia

De acuerdo con lo estudiado hasta esta parte, se podrá observar que la potencia en la carga se puede calcular a partir de lecturas por separado de corriente y voltaje ya que $P = EI$. Sin embargo, existen aparatos de lectura directa denominados wáttmetros que son muy útiles, particularmente en los circuitos de corriente alterna; el wáttmetro denominado electrodinámico se puede usar tanto en circuitos de corriente continua como de corriente alterna.

Dentro de un wáttmetro se tienen dos bobinas, una de corriente y una de voltaje, y para facilitar su uso se acostumbra indicar con una marca de polaridad los puntos de conexión para facilitar más su uso (figuras 1.17 y 1.18).

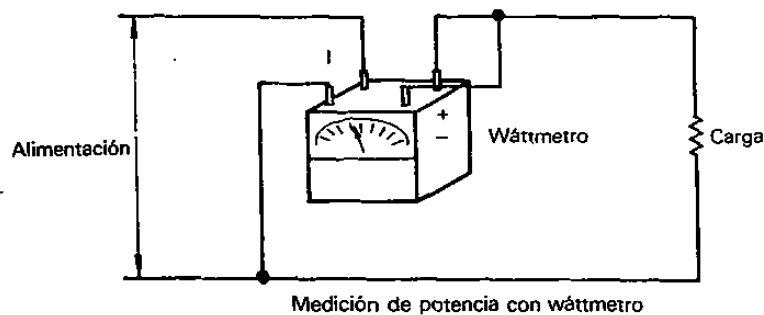


Figura 1.17

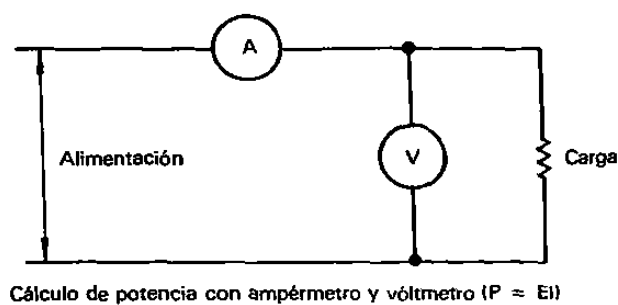
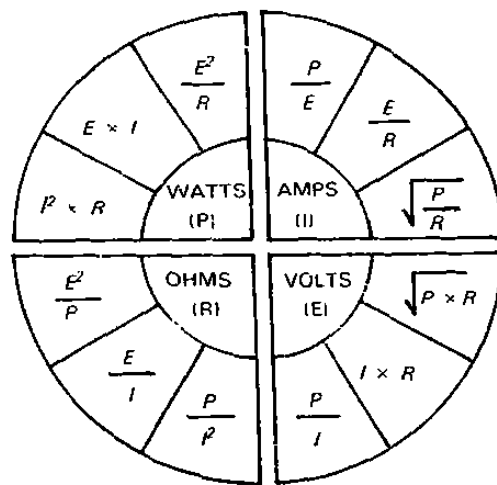


Figura 1.18

Debido a que la unidad de potencia, el *watt*, es muy pequeña, se acostumbra usar los múltiplos de 1 000 watts o kilowatts (kw).

$$1\ 000\ \text{watts} = 1\ \text{kilowatt}$$

Un resumen de las expresiones de la ley de Ohm y para el cálculo de la potencia se da en la figura 1.19 que se puede aplicar con mucha facilidad para cálculos prácticos.



Las expresiones que se muestran fuera de cada cuadrante son iguales a las cantidades mostradas en el centro del cuadrante. Fig. 1.19

3.6.2 La energía eléctrica

La potencia eléctrica consumida durante un determinado período se conoce como la energía eléctrica y se expresa como watts-hora o kilowatts-hora; la fórmula para su cálculo sería:

$$P = E \times I \times t$$

siendo t el tiempo expresado en horas.

Por lo general, los kilowatthorímetros tienen cuatro carátulas como se muestra en la figura 1 .20.

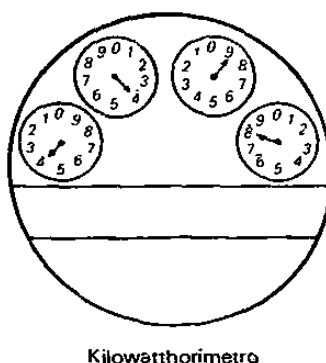


Figura 1.20

Los kilowatthorímetros se leen de izquierda a derecha, las carátulas primera y tercera se leen en sentido contrario a las manecillas del reloj, en tanto que la segunda y cuarta se leen en el sentido de las manecillas del reloj.

La lectura que se mide está determinada por el último número que la aguja ha pasado por cada carátula. Por ejemplo en la figura anterior, en la primera carátula el primer número pasado es el 4, en el segundo la aguja está en el 4 pero no lo ha pasado aún, por lo que se toma como lectura 3, en la tercera carátula el número pasado es 8 y en la cuarta el 7, por lo que la lectura tomada es: 4 387 kwh.

3.7 Circuitos Trifásicos

Aún cuando los circuitos de corriente alterna monofásicos son ampliamente usados y aparecen prácticamente en cada circuito eléctrico, como es el caso de las instalaciones eléctricas en las casas-habitación, la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica se hace con circuitos de corriente alterna trifásicos y lo mismo se puede decir de la mayoría de las aplicaciones industriales.

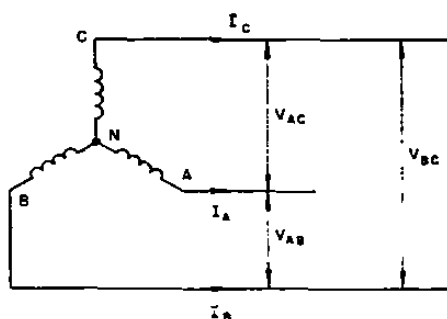
Los circuitos trifásicos requieren menos peso en los conductores que los circuitos monofásicos al mismo valor de potencia. Los motores eléctricos trifásicos son por lo general de menor tamaño y menos pesados así como más eficientes, que los motores monofásicos a igualdad de potencia.

Existen dos conexiones básicas en los circuitos trifásicos, una es llamada la "conexión estrella" y la otra "conexión delta", las fuentes de voltaje para las instalaciones eléctricas (generadores o secundarios de los transformadores) o bien las cargas se pueden conectar ya sea en estrella o en delta.

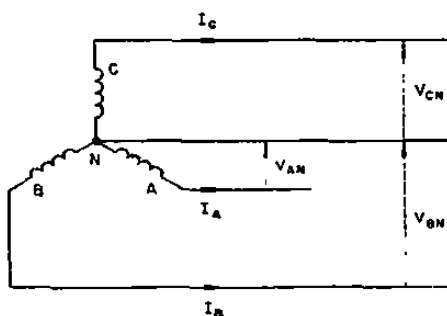
3.7.1 La Conexión Estrella.-

En las conexiones trifásicas, ya sea la denominada estrella o bien aquella conocida como delta, es importante establecer las relaciones entre los voltajes y corrientes en la salida de cada conexión con respecto a las mismas cantidades, pero en el interior.

En el caso de la llamada conexión estrella se denomine una representación como la que se indica, con las relaciones que se muestran.



N Representa el neutro de la conexión y los voltajes de VAB, VBC, VAC se conocen como los voltajes en línea, y si se considera el sistema balanceado de los valores son iguales en magnitud y están desplazados 120° eléctricos entre sí $V_{AC} = V_{BC} = V_{AB} = V_L$ EN MAGNITUD. El neutro constituye el punto de referencia y se usa en los sistemas trifásicos a 4 hilos o con cuatro conductores, los voltajes referidos a este neutro se conocen como voltajes de fase.



$$V_{AN} = V_{BN} = V_{CN} = V_F$$

La relación entre los voltajes de fase y los de línea para esta conexión es la siguiente:

$$V_L = \sqrt{3} V_F$$

Las corrientes I_A , I_B , I_C , son las corrientes de línea, pero son las mismas que circulan por cada fase, por lo que si el sistema es balanceado se puede hacer:

$$I_A = I_B = I_C = I_L \text{ (en magnitud)}$$

Y también:

$$I_L = I_F$$

Para la conexión estrella, la potencia aparentes por fase es:

$$P_F = V_F I_F$$

La potencia aparente total para las tres fases es:

$$P = 3V_F I_F$$

Pero:

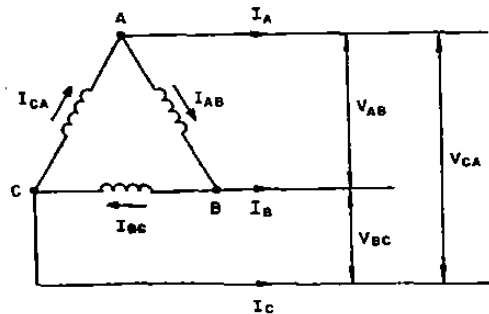
$$V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}}, \quad I_F = I_L$$

$$P = \frac{3 V_L}{\sqrt{3}} \times I_L = \sqrt{3} V_L I_L$$

$$P = \sqrt{3} V_L I_L$$

3.7.2 La Conexión Delta.

Esta conexión también se le conoce como conexión triángulo, por la forma que tiene su representación, es una conexión cerrada debido a que se conecta el final de una fase con el principio de la otra, teniendo la siguiente representación.



V_{AB} , V_{BC} y V_{CA} se conocen como los voltajes de línea y si son iguales en magnitud y están defasados 120° eléctricos entre sí, se dice que el sistema es balanceado. También $V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = V_L$.

V_L es el voltaje de línea y su valor es igual al voltaje de fase.

$$V_L = V_F$$

Por otra parte para las corrientes de línea $I_A = I_B = I_C$ si el sistema está balanceado y se dice que están defasados 120° eléctricos entre sí.

$$I_A = I_B = I_C = I_L$$

Para las corrientes de fase, si el sistema es balanceado se tiene también:

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_F$$

La relación entre las corrientes de fase y las de línea está dada como:

$$I_L = \sqrt{3} I_F$$

La potencia aparente es también:

$$P = V_F I_F$$

O bien:

$$P = \sqrt{3} V_L I_L$$

3.8 Tensión de suministro (niveles de voltaje)

3.8.1 Para la aplicación e interpretación de la energía eléctrica se considera que:

1). **Baja tensión** es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1.0 (uno punto cero) kilovolts.

Por lo tanto se considera que **baja tensión es menor a 1kv.**

2). **Media tensión** es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1.0 (uno punto cero) kilovolts, pero menores o iguales a 35 (treinta y cinco) kilovolts.

Por lo tanto media tensión **es: 1kv ≤ Media tensión < 35kv.**

3). **Alta tensión a nivel de subtransmisión** es el servicio que se suministra en niveles mayores a 35kv, pero menores a 220kv.

Por lo tanto alta tensión a nivel de subtransmisión se considera:

$$35\text{kv} \leq \text{Alta tensión " Subtransmisión"} < 220\text{kv}.$$

4). **Alta tensión** a nivel de transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión igual o mayores a 220kv.

Por lo tanto Alta tensión es: $220\text{kv} \leq \text{Alta tensión}$

3.9 Subestación eléctricas

3.9.1. Introducción

En el empleo de la energía eléctrica, ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial, interviene 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 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.

3.9.2. Definición y clasificación de subestaciones

Como se ha visto con anterioridad, una subestación eléctrica no es más que una de las partes que intervienen en el proceso de generación-consumo de energía eléctrica, por lo cual podemos dar la siguiente definición:

Definición

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, comente,

frecuencia, etc.), tipo C.A. a C.C., o bien conservarle dentro de ciertas características.

El elemento principal de la subestación eléctrica es el transformador.

Definición

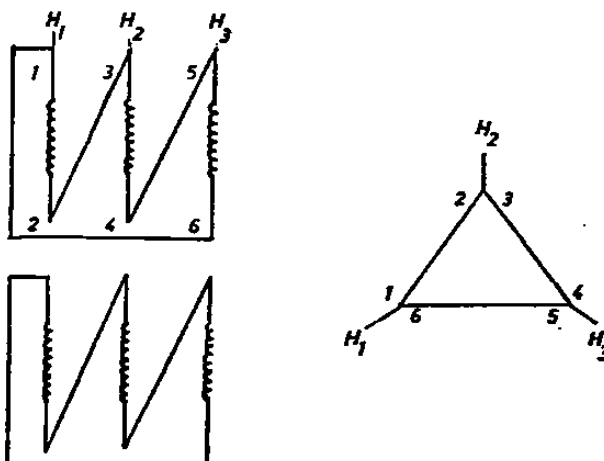
El transformador es un dispositivo que:

- 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 hacen con un cambio de voltaje, aunque esto no es necesario.

3.9.3. Conexión de transformadores

Conexión delta - delta

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



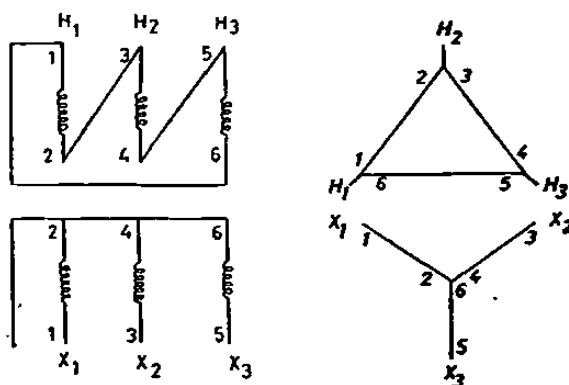
Esta conexión presenta la desventaja de no tener hilo de retorno; en cambio tiene la ventaja de poder conectar los devanados primario y secundario sin defasamiento.

Conexión 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 de pueden tener 2 voltajes diferentes (entre fase y neutro).

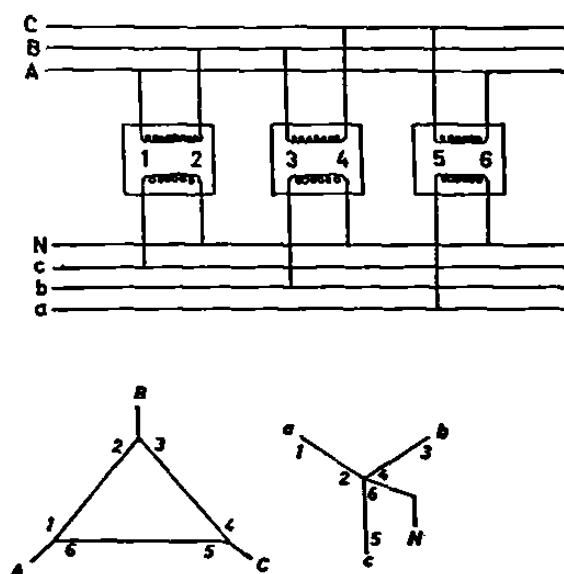
Los transformadores monofásicos se conectan en bancos trifásicos principalmente en dos tipos de circuitos:

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

Ejemplo: Conexión Delta – Estrella

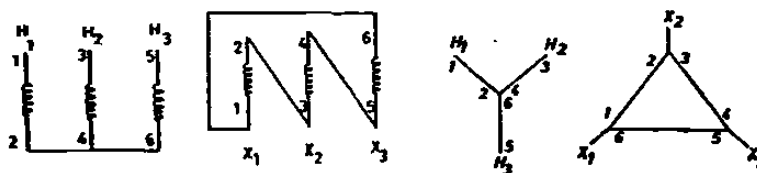


Conexión estrella - estrella

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.

Conexión estrella - delta

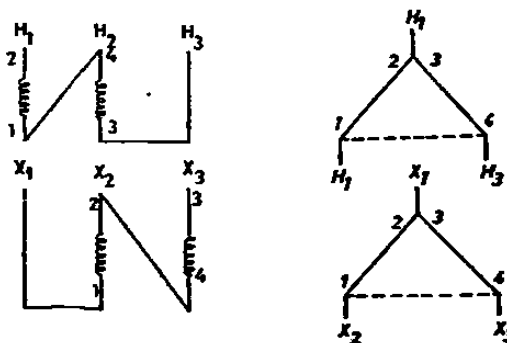
Se utiliza esta conexión en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir voltajes. En sistemas de distribución es poco usual; se emplea en algunas ocasiones para distribución rural a 20 kv.



Conexión delta abierta - delta abierta

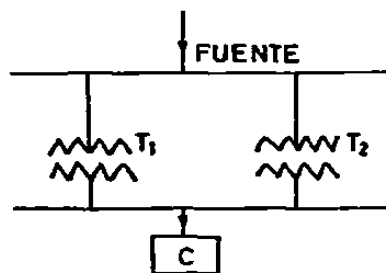
Esta puede considerarse como una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si en un transformador se quema o sufre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos fases, sólo que su capacidad disminuye a un 58.8% aproximadamente.

Las transformadores trifásicos en V - V se emplean en sistemas de baja capacidad y usualmente operan como autotransformadores.



Operación de transformadores en paralelo

Se entiende que tienen operación en paralelo aquellos transformadores cuyas primarios están conectados a una misma fuente y los secundarios a una misma carga.



3.9.4. Razones para la operación de transformadores en paralelo

1. Se conectan transformadores en paralelo cuando las capacidades de generación son muy elevadas y se requeriría un transformador demasiado grande.

2. Para lograr un incremento en la capacidad de una instalación, frecuentemente se presenta el aumento de carga, por lo que es necesario aumentar esa capacidad. En vez de comprar un transformador más grande, se instala en paralelo con el ya existente otro de capacidad igual a la nueva demanda; esto resulta económicamente más conveniente.

3. Para dar flexibilidad de operación a un sistema.

3.9.5 Requisitos para la operación de transformadores en paralelo

1. Igual relación de transformación, voltajes iguales en el lado primario y secundario.
2. Desplazamiento angular igual a cero.
3. Variación de las impedancias con respecto a las capacidades de los transformadores, en forma inversa.
4. Las relaciones de resistencias y reactancias deben ser equivalentes.

Capitulo 4 Factor de potencia

4.1. Fundamentos

La corriente requerida por los motores de inducción, lámparas fluorescentes, transformadores, etc. Puede ser considerada como constituida por dos clases de corrientes:

- Corriente magnetizante
- Corriente productora potencia o corriente de trabajo

La corriente productora de trabajo es aquella corriente que es convertida por el equipo en trabajo útil tal como hacer girar un torno, efectuar soldadura o bombear agua.

La unidad de medida de la potencia producida es el watts o kilowatts (kw).

La corriente magnetizante (reactiva o no productora de trabajo) es aquella corriente que se requiere para producir el flujo necesario para la operación de los dispositivos de inducción. Sin corriente magnetizante, la energía no puede fluir a través del núcleo del transformador o a través del entrehierro de los motores de inducción.

La unidad de medida de la potencia magnetizante es el kilovar (KVAR).

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

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

$$KW = \sqrt{(KVA)^2 - (KVAR)^2}$$

Luego ¿ que entiendes por Factor de Potencia ?

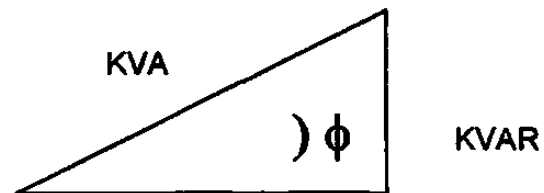
4.2. ¿Qué es el factor de potencia ?

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

$$\text{Factor de potencia} = \frac{KW}{KVA}$$

$$KVA \times FP = KW$$

En otras palabras, el factor de potencia es el factor por el cual debe de ser multiplicada la potencia aparente para obtener la potencia de trabajo. El factor de potencia viene a representar así (según la relación triangular) un coseno:

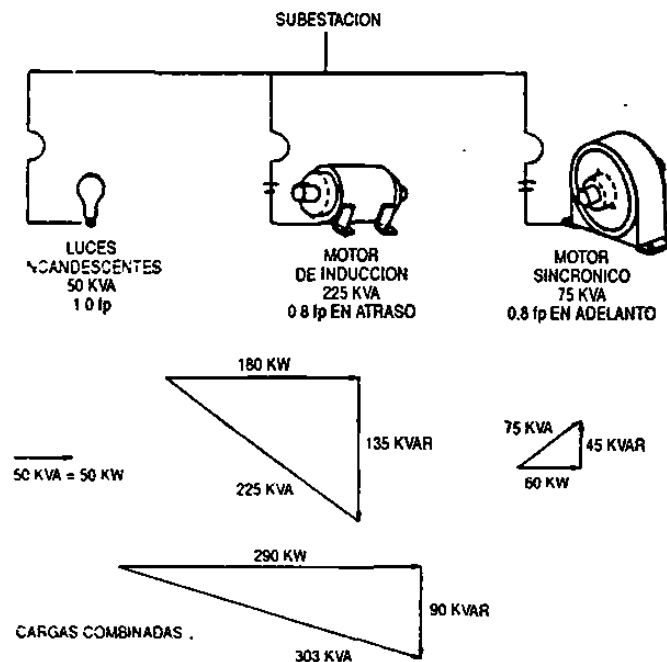


$$F. P. = \cos \phi = \cos \angle KW, KVA.$$

KW

Debido a esto a menudo se le aplican los términos factor de potencia "adelantado" o factor de potencia "atrasado", términos muy relacionados con la dirección del flujo de la potencia real y reactiva. Como regla general se asumirá: Un factor de potencia está en atraso si la carga requiere "KILOVARS" y en adelanto si la carga suministra "KILOVARS".

Es así como el motor de inducción tiene un factor de potencia en atraso debido a que sus requerimientos para la magnetización deben ser suplidos por alguna fuente de potencia; un motor sincrónico sobreexcitado puede suplir kilovars a partir del a partir del campo DC de excitación.



4.3. Factores que influyen en un bajo factor de potencia

Todos los aparatos que contienen inductancias tales como motores, generadores, transformadores, y demás equipos con bobinas, necesitan corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación.

Desventajas:

- a) Un bajo factor de potencia trae como consecuencia sobrecargas en los generadores, transformadores y líneas de distribución. Debido a esto las caídas de tensión y pérdidas de potencia se toman mayores de lo normal.
- b) Los costos aumentan debido a que se debe transmitir más corriente, siendo el consumidor el que pagará la diferencia.
- c) Se reduce la capacidad de carga del sistema eléctrico.

De esto se deduce que existen dos razones principales para mejorar el factor de potencia:

- Aumentar la capacidad eléctrica del sistema de distribución de potencia.
- Reducir las cuentas que la compañía de electricidad cobrará al consumidor (generalmente el industrial) por medio de cláusulas de factor de potencia incluidas en las tarifas.

4.4. ¿Cómo se mejora?

De las fórmulas antes expuestas del factor de potencia se observa que si dicho factor de la carga es bajo, fluirá más corriente a la carga a una tensión dada para desarrollar una potencia determinada, lo que no ocurriría si el factor de potencia fuese unitario.

Este hecho no reviste importancia si fuese un circuito ideal donde generadores y conductores no tienen resistencia. En aplicaciones prácticas, sin embargo, la resistencia existe. El alambre de las bobinas del generador y el cable que conduce la corriente del generador a la carga tiene una resistencia finita.

Es conocido que la potencia disipada en una resistencia es función del cuadrado de la corriente. Un pequeño incremento en la corriente causará un incremento mayor en la potencia disipada debido a que el equipo eléctrico y el aislamiento en particular, puede soportar solamente una cierta cantidad de calor. Es deseable reducir la corriente que fluye, tanto como sea posible, con un factor de potencia unitario. La corriente para una carga determinada es minimizada y la capacidad plena del equipo puede ser utilizada para proveer potencia útil a la carga. Los problemas de la presencia de un bajo factor de potencia se resuelven agregando equipo de corrección al circuito eléctrico.

Los aparatos que han sido diseñados y construidos con el fin de mejorarlo, son los motores sincrónicos, condensadores sincrónicos y los capacitores. Los motores sincrónicos mejoran siempre y cuando actúen a bajo carga, porque de lo contrario, (cuando operen con algo de sobrecarga), toman potencia reactiva de la línea de alimentación.

Los condensadores sincrónicos se utilizan en compañías de electricidad con instalaciones pesadas y operan muy bien, pero, sin embargo, resultan costosos y pesados.

Los condensadores no sincrónicos constituyen el medio más práctico y económico de mejorar el factor de potencia.

La corriente del capacitor se encargará de suministrar la corriente magnetizante requerida para la carga. La mejora es debido a que su efecto es exactamente opuesto al de la inductancia. De esta forma, la cantidad neta de potencia reactiva se reduce y consecuentemente, se aumenta el factor de potencia.

4.5. Metodo a utilizar para mejorar el factor de potencia

De los tres tipos de equipos más importantes para mejorar el factor de potencia, los más indicados para uso industrial son los motores sincrónicos y los capacitores. A continuación detallamos un método para detallar el factor de potencia utilizando condensadores.

Utilizando algunas relaciones deducibles del método triangular, se puede escribir:

$$\text{a) } \cos\phi = f p = \frac{\text{KW}}{\text{KVA}}$$

$$\text{b) } \text{tg } \phi = \frac{\text{KVAR}}{\text{KW}}$$

$$\text{c) } \text{sen}\phi = \frac{\text{KVAR}}{\text{KVA}}$$

Debido a que los KW usualmente permanecen constantes (los KVA y KVAR cambian el factor de potencia), la expresión b) puede ser reescrita como:

$$\text{KVAR} = \text{KW} \times \text{tg } \phi$$

Por ejemplo, asúmase que es necesario conocer el valor nominal del capacitor (CKVAR) para mejorar el factor de potencia.

$$\text{KVAR al factor de potencia original} = \text{KW tg } \phi$$

$$\text{KVAR al factor de potencia mejorado} = \text{KW} \times \text{tg } \phi \text{ entonces:}$$

$$\text{CKVAR} = \text{KW tg } \phi_1 - \text{tg } \phi_2$$

Corrección del factor de potencia por medio de tablas

$$\text{KVA} = \text{KW} \times \text{tag.}\theta$$

Suponer que es necesario determinar el rango del capacitor para mejorar el factor de potencia de la carga.

$$\text{KVAR a el F.P. original} = \text{KW} \times \text{tag.}\theta_1$$

$$\text{KVAR a el F.P. mejorado} = \text{KW} \times \text{tag.}\theta_2$$

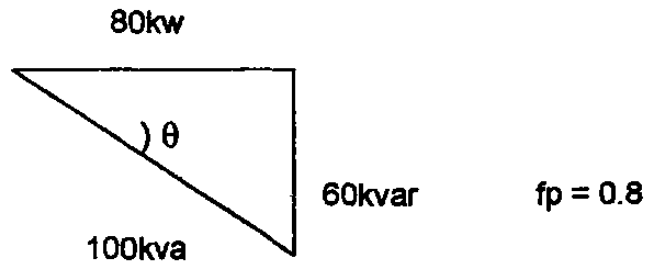
$$\text{CKVAR} = \text{KW} (\text{tag.}\theta_1 - \text{tag.}\theta_2) \Rightarrow \text{Capacitor para diferenciarlo de los KVA (CKVAR)}$$

⇓

$$\Delta \text{ tag.}$$

$$\text{CKVAR} = \text{KW } \Delta \text{ tag} \Rightarrow \text{viene en las tablas el factor directo}$$

Ejemplo:



Queremos mejorar el F.P. a 0.9. ¿cuantos KVAR necesitamos = ?
según tablas:

$$CKVAR = 80 (0.266) = 21.3$$

Por ejemplo, encontrar los CKVAR para mejorar el factor de potencia de una carga de 500W desde 0.7 a 0.95 de la tabla:

$$CKVAR = KW \times \text{multiplicador}$$

$$CKVAR = 500 \times 0.691$$

$$CKVAR = 345.5$$

Todas las tablas, cartas y curvas, las cuales tienen un multiplicador KW para determinar el capacitor, están basadas en la expresión anterior.

Factor de potencia adelantado o atrasado.-

Regla general.-

El factor de potencia es atrasado si la carga requiere reactivos (KVARs) y es adelantado si la carga entrega reactivos (KVARs).

Para la aplicación industrial hay dos razones básicas para corregir el factor de potencia.

- 1.- Ahorros obtenidos en los pagos a la compañía de luz al eliminar la porción de multas por concepto de bajo factor de potencia.
- 2.- Mejor aprovechamiento de las instalaciones existentes reduciendo pérdidas en subestaciones eléctricas y en alimentadores y mejorando por lo mismo la regulación de la tensión.

Dispositivos para corregir el factor de potencia.

- 1) Capacitores conectados en paralelo con la línea
- 2) Motores sincrónicos.

- 1) .- Capacitores son por regla general la forma más económica para mejorar el factor de potencia en instalaciones industriales, sobre todo en el caso de plantas ya existentes.

Entre sus cualidades o propiedades tenemos las siguientes:

- Reducen el costo de la energía.
- Liberan capacidad del sistema
- Elevan niveles de voltaje
- Reducen las pérdidas en el sistema de distribución

Entre sus ventajas se encuentran las siguientes:

- 1.- Bajo costo por kva.
- 2.- Facilidad de instalación
- 3.- No requieren de mayor atención ni mantenimiento pues son herméticos
- 4.- Perfectamente bien protegidos contra corrosión, prácticamente en cualquier atmósfera.

- 5.- Están diseñados para soportar sobretensiones hasta de 100%
- 6.- Por su impregnación con diaclor, su falla no se propaga pues cualquier fuego se sofoca en el liquido
- 7.- No tiene partes en movimiento por lo que no hay desgaste.

Desventajas:

Una desventaja es que no son reparables. (si por alguna causa llegara a fallar una unidad pues cualquier falla lleva a la destrucción total del aparato).

Componentes de un capacitor:

- a) Papel
- b) Aluminio
- c) Diaclor
- d) Aislamiento
- e) Bote y terminales de porcelana
- f) Resistencia de descarga

Localización de los capacitores.-

- 1.- Conectarlos directamente en las cargas (motores)

i.- Ventajas:

- a) Son reducidas las caídas de voltaje reduciéndose también los daños por calentamiento debido a las excesivas corrientes.
- b) Los capacitores son interrumpidos dentro y fuera de servicio como sea necesario. De esta manera el F.P. es ajustado a todos los requerimientos de carga y mejor regulación de voltaje es obtenida.

- c) Los valores de capacitores requeridos para motores individuales se pueden escoger fácilmente de tablas y así reducen problemas de ingeniería. (ver tabla 2).
- d) Tienen una gran flexibilidad en el caso de que hay alteraciones o cambios en la planta no importa la localización del motor una corrección apropiada es asegurada.

ii.- Desventajas:

La principal desventajas de corregir por carga individual es que los capacitores pequeños tienen un precio mucho más alto por KVAR que los capacitores grandes.

Cuando una gran cantidad de pequeños motores conectados sobre un mismo circuito necesitan corrección es mucho más económico corregirlos en grupo, usando capacitores de 10 KVAR ó 15 KVAR conectados a los alimentadores de este circuito.

Una práctica común es corregir motores mayores de 15H.P con capacitores individuales y corregir motores pequeños en grupos.

Capacitores conectados en grupo (en un banco de capacitores).

Ventajas:

1.- La instalación en un banco mejora el factor de potencia de toda planta en general y como resultado reduciendo multas por bajo factor de potencia a la C.F.E.

2.- Bancos de capacitores tienen un más bajo costo por KVAR que los capacitores individuales.

3.- El costo de la instalación del banco referente a conexiones (cables o cableado) es más bajo por KVAR que el costo del cableado o conectado de capacitores individuales a sus motores individuales.

Conclusión: Es una planta con una gran variedad de cargas una buena práctica es hacer una combinación de estos dos tipos de localizaciones de capacitores.

Ejemplo: Cual es el factor de potencia de una carga trifásica a 460V si el amperímetro indica 100 amp. y el wattorímetro indica 62 KW.

Si es 3 fases:

$$KVA = \frac{\sqrt{3} V I}{1000}$$

$$KVA = \frac{\sqrt{3} (460) (100)}{1000}$$

$$KVA = 79.6$$

$$F.P. = \frac{KW}{KVA}$$

$$F.P. = \frac{62KW}{79.6 KVA}$$

$$F.P. = 0.76$$

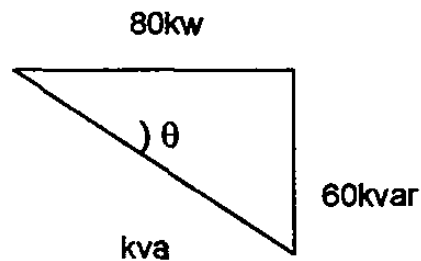
Como el f. p. es muy bajo lo corregimos a 0.90 con el f.p. encontrado y el deseado y donde se cruzan las dos columnas, encontramos un factor y este factor lo multiplicamos por factor y este factor lo multiplicamos por los KW. Y el resultado son los reactivos que se requiere para adelantar el F.P. a 0.90.

Por lo tanto:

$$CKVAR = 62KW(0.371)$$

$$CKVAR = 23$$

Ejemplo: si tenemos una carga con una potencia activa de 80 KW y una potencia reactiva de 60 KVAR., encuentra la potencia aparente (KVA) el factor de potencia y si es bajo corrígelo a 0.90.



$$KVA = \sqrt{(80)^2 + (60)^2}$$

$$KVA = 100$$

$$F.P. = \frac{80}{100} = 0.8$$

Queremos mejorarlo a 0.90 cuantos KVAR necesitamos según tablas.

$$CKVAR = KW (FM)$$

$$CKVAR = (80) (0.266)$$

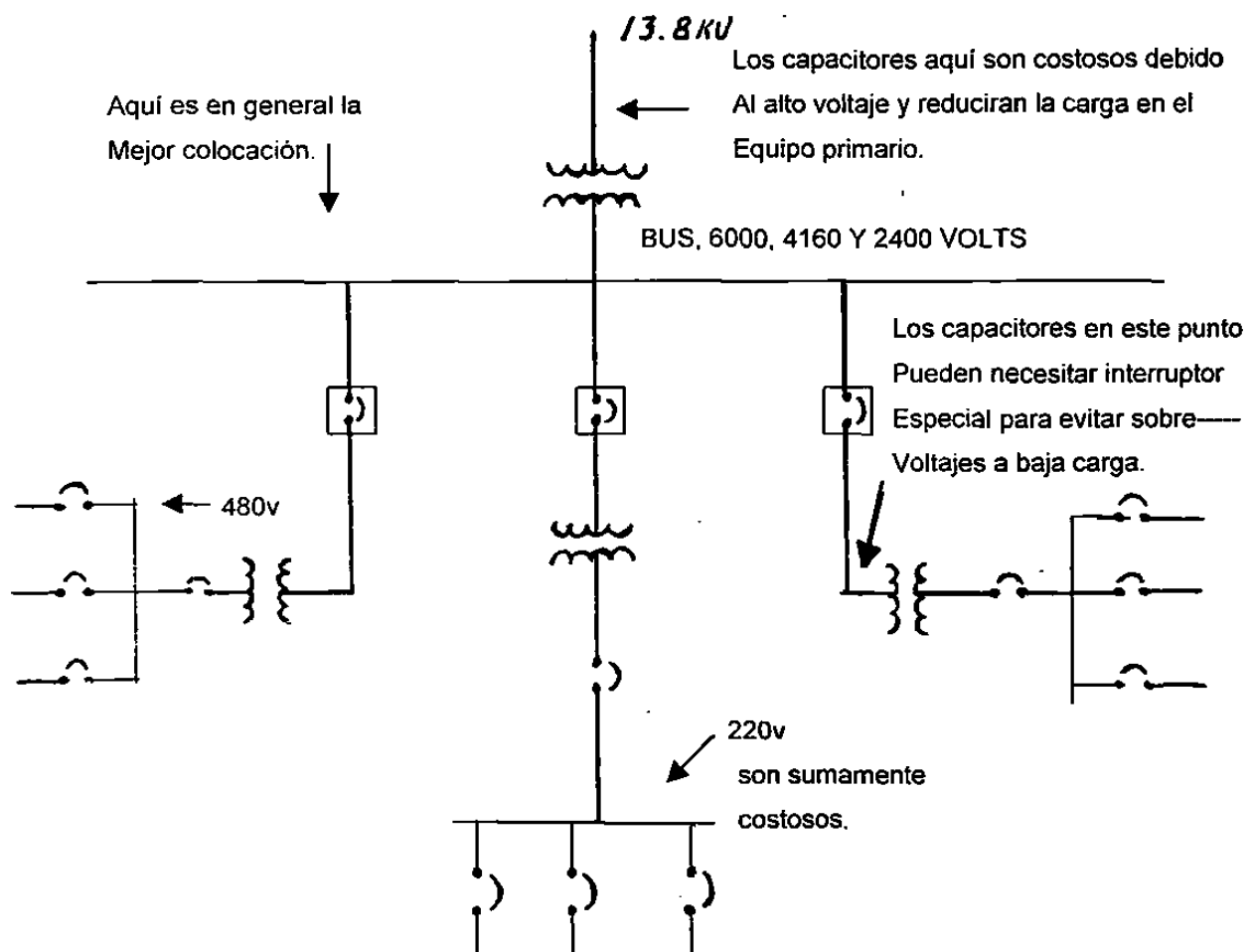
$$CKVAR = 21.3$$

Para aplicación industrial hay dos razones básicas para corregir el factor de potencia.

1.- Ahorro obtenido en los pagos de la CIA. De luz al eliminar la porción de multas por conceptos de bajo F.P.

2.- Mejorar el aprovechamiento de la instalación existente reduciendo pérdidas en subestaciones y mejorando por lo mismo la regulación de tensión.

Conclusión: En una planta con una gran diversidad de cargas una buena practica es hacer una combinación de estos dos tipos de localizaciones de capacitores.



Los capacitores en 480volts son mas caros que los de 2.4kv a 4.16kv pero pueden justificarse por la disminuci3n de carga han alimentador y transformador.

Capacitores trifásicos tipo seco, autorregenerables, de bajas perdidas, conectados en delta, formado a base de celdás individuales de polipropileno metalizado.

Potencia (kvar)	Tensi3n de operaci3n	Potencia (kvar)	Tensi3n de operaci3n
5	240	10	480
7	240	14	480
10	240	20	480
15	240	25	480
20	240	30	480
25	240	40	480
30	240	50	480
40	240	60	480
50	240	70	480
60	240	80	480

Descripci3n:

Capacitor trifásico tipo seco, autorregenerable, de bajas p3rdidas, conectado en delta, formado a base de celdas individuales de polipropileno metalizado.

- 1.- Terminales robustas (conexi3n facil)
- 2.- Resistencia de descarga
- 3.- Autorregenerables
- 4.- Dieléctrico seco (sin PCB)
- 5.- Material inerte no toxico
- 6.- Preparaci3n para tubo

- 7.- Terminal de tierra
- 8.- Gabinete Resistente
- 9.- Celdas modulares
- 10.-Disipador de calor
- 11.-Fácil de instalar.

Aplicaciones:

Corregir el factor de potencia en redes eléctricas industriales de 240 y 440 volts a 60hz.

Propiedades:

La potencia que entrega no disminuye con el tiempo. Por ser tipo seco, no presenta problemas de fuga de líquidos.

Tiene baja pérdidas (0.5 watts/kvar). Cuenta con resistencias internas de descarga que permiten disminuir el voltaje al desconectar el capacitor a 50 volts, o menos en un minuto.

TABLA PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA

FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	FACTOR DE POTENCIA DESEADO															
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
66	.518	.545	.571	.598	.626	.654	.682	.709	.743	.775	.809	.847	.887	.935	.996	1.138
67	.488	.515	.541	.568	.596	.624	.652	.679	.713	.745	.779	.817	.857	.905	.966	1.108
68	.459	.486	.512	.539	.567	.595	.623	.650	.684	.716	.750	.788	.828	.876	.937	1.079
69	.429	.456	.482	.509	.537	.565	.593	.620	.654	.686	.720	.758	.798	.840	.907	1.049
70	.400	.427	.453	.480	.508	.536	.564	.591	.625	.657	.691	.729	.769	.811	.878	1.020
71	.372	.399	.425	.452	.480	.508	.536	.563	.597	.629	.663	.701	.741	.783	.850	.992
72	.343	.370	.396	.423	.451	.479	.507	.538	.568	.600	.634	.672	.712	.754	.821	.963
73	.316	.343	.369	.396	.424	.452	.480	.507	.541	.573	.607	.645	.685	.727	.794	.936
74	.289	.316	.342	.369	.397	.425	.453	.480	.514	.546	.580	.616	.658	.700	.767	.909
75	.262	.289	.315	.342	.370	.398	.426	.453	.487	.519	.553	.591	.631	.673	.740	.882
76	.235	.262	.288	.315	.343	.371	.399	.426	.460	.492	.526	.564	.604	.652	.713	.855
77	.209	.236	.262	.289	.317	.345	.373	.400	.434	.466	.500	.538	.578	.620	.687	.829
78	.183	.210	.236	.263	.291	.319	.347	.374	.408	.440	.474	.512	.552	.594	.661	.803
79	.156	.183	.209	.236	.264	.292	.320	.347	.381	.413	.447	.485	.525	.567	.634	.776
80	.130	.157	.183	.210	.238	.266	.294	.321	.355	.387	.421	.459	.499	.541	.608	.750
81	.104	.131	.157	.184	.212	.240	.268	.295	.329	.361	.395	.433	.473	.515	.582	.724
82	.078	.105	.131	.158	.186	.214	.242	.269	.303	.335	.369	.407	.447	.489	.556	.698
83	.052	.079	.105	.132	.160	.188	.216	.243	.277	.309	.343	.381	.421	.463	.530	.672
84	.026	.053	.079	.106	.134	.162	.190	.217	.251	.283	.317	.355	.395	.437	.504	.645
85	.000	.027	.053	.080	.106	.136	.164	.191	.225	.257	.291	.329	.369	.417	.478	.620
86	-	-	.026	.053	.081	.109	.137	.167	.198	.230	.265	.301	.343	.390	.451	.593
87	-	-	-	.027	.055	.082	.111	.141	.172	.204	.238	.275	.317	.364	.425	.567
88	-	-	-	-	.028	.056	.084	.114	.145	.177	.211	.248	.290	.337	.398	.540
89	-	-	-	-	-	.028	.056	.086	.117	.149	.183	.220	.262	.309	.370	.512
90	-	-	-	-	-	-	.028	.058	.089	.121	.155	.192	.234	.281	.342	.484
91	-	-	-	-	-	-	-	.030	.061	.093	.127	.164	.206	.253	.314	.456
92	-	-	-	-	-	-	-	-	.031	.063	.097	.134	.176	.223	.284	.426
93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.032	.066	.103	.145	.192	.253	.395
94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.034	.071	.113	.160	.221	.363
95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.037	.079	.126	.187	.328

DESCRIPCION:

Los equipos HKE son de 2400 y 4160 Volts, tres fases, 60 Hz, con potencias de 25 hasta 800 kvar.

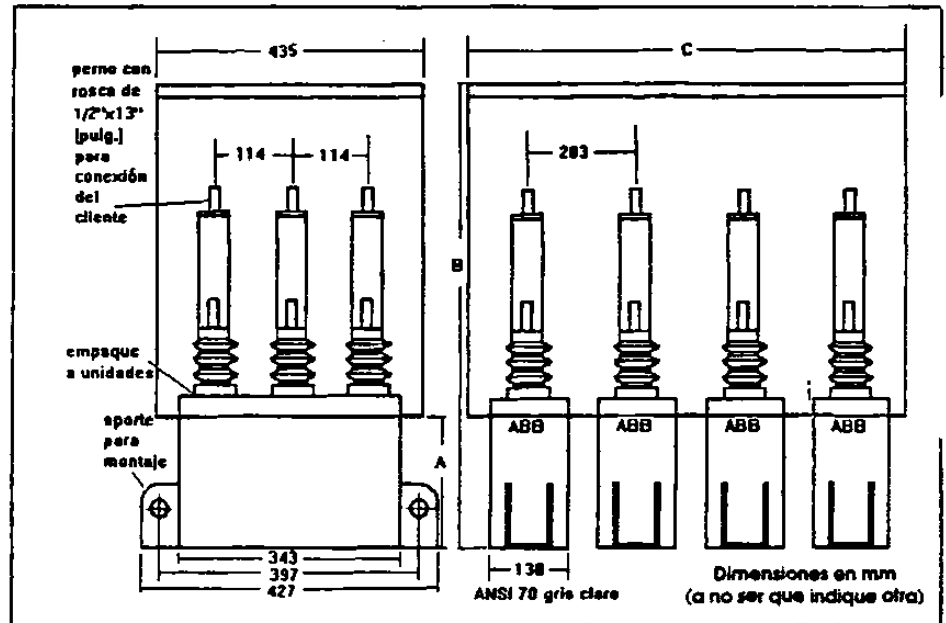
Los ensambles son a prueba de polvo y resistentes al medio ambiente y consisten de 1 a 4 unidades de capacitores HKW, fusibles montados en las terminales -FU (3 por cada unidad de capacitor HKW), una caja y cubierta para las terminales.

FUSIBLES:

Tres fusibles HKFU son proporcionados por cada unidad de capacitores HKW. Los fusibles HKFU son limitadores de corriente de rango completo con una capacidad interruptiva de 50 kA RMS a 2400 y 4160 V.

APLICACION:

Corrección del factor de potencia en redes eléctricas y motores de inducción.

**ESPECIFICACIONES:**

Los capacitores tipo HKE cumplen o exceden todos los requerimientos aplicables de ANSI/IEEE 18 ó NEMA CP1

CERTIFICACION:

ISO 9000

Número de producto 2400 V	Número de producto 4160 V	kvar nominales	No. de unidades	kvar por unidad	Dimensión A (mm)	Dimensión B (mm)	Dimensión C (mm)	Peso aproximado (kg)
HKE24025	HKE41025	25	1	25	152	589	232	23.1
HKE24050	HKE41050	50	1	50	152	589	232	23.1
HKE24075	HKE41075	75	1	75	193	630	232	24.0
HKE24100	HKE41100	100	1	100	213	648	232	26.3
HKE24112	HKE41112	112.5	1	112.5	234	668	232	28.1
HKE24125	HKE41125	125	1	125	254	688	232	29.5
HKE24137	HKE41137	137.5	1	137.5	274	701	232	31.3
HKE24150	HKE41150	150	1	150	284	709	232	32.2
HKE24175	HKE41175	175	1	175	323	759	232	36.3
HKE24200	HKE41200	200	1	200	353	787	232	38.1
HKE24225	HKE41225	225	2	112.5	234	668	435	54.0
HKE24250	HKE41250	250	2	125	254	688	435	56.7
HKE24275	HKE41275	275	2	137.5	274	701	435	60.3
HKE24300	HKE41300	300	2	150	284	709	435	62.1
HKE24350	HKE41350	350	2	175	323	759	435	70.3
HKE24400	HKE41400	400	2	200	353	787	435	73.9
HKE24450	HKE41450	450	3	150	284	709	638	92.1
HKE24500	HKE41500	500	4	125	254	688	841	111
HKE24550	HKE41550	550	4	137.5	274	701	841	118
HKE24600	HKE41600	600	3	200	353	787	638	110
HKE24700	HKE41700	700	4	175	323	759	841	138
HKE24800	HKE41800	800	4	200	353	787	841	146

Capítulo 5. – Canalizaciones

5.1 Introducción

Se entiende por canalizaciones eléctricas a los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores, de manera que queden protegidos contra deterioro mecánico y contaminación. Además, de que protejan a las instalaciones contra incendios por arcos eléctricos que se presentan en condiciones de cortocircuito.

Los medios más comunes de canalización son:

- * Tubo conduit,
- * Ducto cuadrado,
- * Electroducto
- * Charolas.

5.2 Tubo conduit.

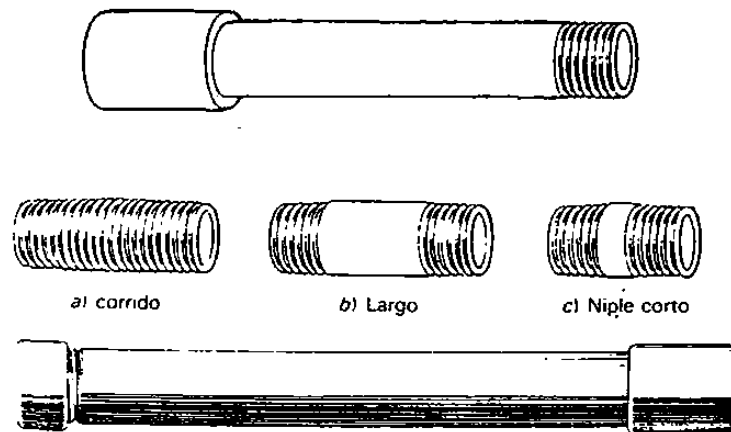
El tubo conduit es un tipo de tubo (de metal o plástico) que se usa para proteger los conductores eléctricos de las instalaciones eléctricas (artículo 345 de la NOM). Los tubos conduit se fabrican en aluminio, acero o aleaciones especiales; los tubos de acero se fabrican a su vez en tubo conduit de pared delgada y tubo conduit de pared gruesa.

5.2.1 Tubo conduit de pared gruesa.

Esto tubos se pueden encontrar en el mercado en forma galvanizada o con un recubrimiento negro

Esmaltado, normalmente en tramos de 3.05m de longitud con rosca en ambos extremos. Para este tipo de tubos, se utilizan conectores; Los cuales son: niples (corto y largo) Observar figura. Así como niple cerrado o de pared o de cuerda comida. Se fabrican en secciones circulares con diámetros que van desde $\frac{1}{2}$ " (13mm)

a 6" (152.4mm). La superficie interior de estos tubos, como en cualquiera de los otros tipos, debe de ser lisa con la finalidad de evitar dañar el aislamiento eléctrico de los conductores.



Los tubos conduit de pared gruesa se pueden emplear en instalaciones visibles y ocultas ya sea embebido en concreto o embutido en mampostería en cualquier tipo de edificios y bajo cualquier condición atmosférica. También se pueden usar directamente enterrados en recubiertos externamente para satisfacer condiciones más extremas o severas. Cuando se tenga que hacer el doblado del tubo metálico rígido, se debe de hacer con la herramienta adecuada para que no se produzcan grietas en su parte interna y no se reduzca su diámetro interior.

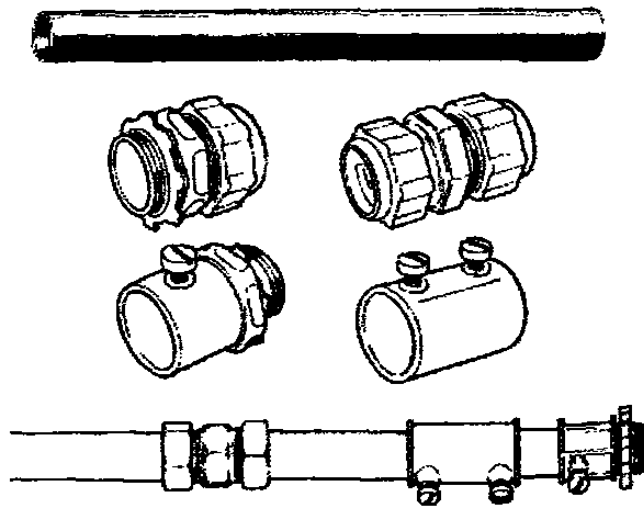
5.2.2 Tubo conduit pared delgada.

A este tubo también se le conoce como tubo metálico rígido ligero, su uso es permitido en instalaciones ocultas o visibles, ya sea embebido en concreto o embutido en mampostería. En lugares secos y no debe de ser expuesto a la lluvia o a un ambiente corrosivo.

No se recomienda en lugares que durante su instalación o después de ésta se exponga a daños mecánicos. Tampoco se deben usar directamente enterrados o en lugares húmedos o mojados, así como en lugares clasificados como peligrosos.

El diámetro máximo recomendado para estos tubos es de 51mm (2 pulgadas) y debido a que son de pared delgada, en estos tubos no se deben hacer roscas para atornillarse a cajas de conexión u otros accesorios, de modo que los tramos se deben unir por medio de accesorios de unión especiales.

Tubo conduit de pared delgada



5.2.3 Tubo conduit metálico flexible.

Con esta designación se encuentra el tubo flexible (figura) común fabricado con cinta metálica engargolada (en forma helicoidal), sin ningún recubrimiento. No se recomienda su uso en diámetros inferiores a $\frac{1}{2}$ " (13 mm) ni superiores a 4" (102 mm).

Para su aplicación se recomienda su uso en lugares secos en donde no se encuentre expuesto a la corrosión o daño mecánico, por lo que se puede instalar embutido en muro o ladrillo o en bloques similares, así como en ranuras de concreto. Su uso es principalmente en partes que requieren de muchas curvas, mismas en donde no podría aplicarse el tubo rígido. Su aplicación más común es en la alimentación de motores y equipo industrial.



No se recomienda su uso en lugares en donde se encuentre directamente enterrado o embebido en concreto; tampoco se debe usar en lugares expuestos a ambiente corrosivo. Su uso se acentúa en las instalaciones de tipo industrial como último tramo para conexión de motores eléctricos.

En el uso de tubo flexible el acoplamiento a cajas, ductos y gabinetes se deben hacer usando los accesorios apropiados para tal fin; además, cuando se use este tubo como canalización fija a un muro o estructura se deben usar para su montaje o fijación abrazadera, grapas o accesorios similares que no dañen al tubo, debiendo colocarse a intervalos no mayores de 1.50m y a 30cm como máximo, con respecto a cada caja o accesorio.

5.2.4 Accesorios para uniones de tubo conduit

En los métodos modernos para instalaciones eléctricas se puede decir que todas las conexiones de conductores se deben de realizar en cajas de conexión aprobadas para tal fin y deben de estar instaladas en donde puedan ser accesibles para poder hacer cambios en el alumbrado. Por otra parte todos los apagadores y salidas para lámparas se deben de encontrar alojados y en forma similar a los contactos. Las cajas se construyen metálicas y plásticas según se usen para instalaciones con tubo conduit metálico o con tubo de PVC o polietileno. Las cajas metálicas se construyen de acero galvanizado de cuatro formas principalmente: cuadradas, octagonales, rectangulares y circulares. Además, se fabrican de varios anchos, profundidades y perforaciones para acceso de tubería, hay perforaciones para acceso de tubería.

Aun y cuando no hay una regla general para aplicaciones de los distintos tipos de cajas en instalaciones residenciales o casas habitación, la practica general es usar la de tipo octagonal para salidas de alumbrado (lámparas) y la rectangular cuadrada para apagadores y contactos. Cuando se utilicen cajas metálicas en instalaciones visibles sobre aisladores o con cables con cubierta no metálica o bien con tubo no metálico, es recomendable que dicha caja se instale rígidamente a tierra, en el caso de baños y cocinas es este requisito es obligatorio. Además se recomienda que todos los conductores que se alojen en una caja de conexiones, incluyendo empalmes (amarres), aislamientos y vueltas, no ocupen más del 60% del espacio interior en la caja. En el caso de cajas metálicas se debe de tener cuidado que los conductores queden protegidos contra la abrasión.

a) Condulets.

Los condulets se fabrican de 3 tipos distintos, principalmente:

- 1.- Ordinario.
- 2.- A prueba de polvo y vapor.
- 3.- A prueba de explosión.

Por otra parte las tapas de los condulets pueden ser:

- 1.- De paso: tapa ciega.
- 2.- De cople exterior: tapa con niple macho.
- 3.- De contacto: Tapa de contacto doble o sencillo.
- 4.- para sacar conexión por lamina: Tapa con abrazadera para salida de cordón flexible o cable de uso rudo. Algunos de los condulets más comunes y sus designaciones comerciales se pueden observar en la siguiente figura:

5.2.5 Tubo conduit de plástico rígido (PVC)

Este tubo esta clasificado dentro de los tubos conduit no metálicos; el tubo PVC es la designación comercial que se le da al tubo rígido de policloruro de vinilo (PVC. También dentro de la clasificación de tubos no metálicos se encuentran los tubos de polietileno. El tubo rígido de PVC debe de ser autoextingible, resistente al aplastamiento, a la humedad y a ciertos agentes químicos.

El uso permitido del tubo conduit rígido de PVC se encuentra en:

- a) Instalaciones ocultas.
- b) En instalaciones visibles en donde el tubo no este expuesto a daño mecánico.
- c) En ciertos lugares en donde existan agentes químicos que no dañan al tubo y sus accesorios.
- d) En locales húmedos o mojados instalados de una manera que no le permita el agua y en lugares en donde no les afecte la corrosión que exista en medios de ambiente corrosivo.
- e) Directamente enterrados a una profundidad no menor de 0.50m a menos que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5cm de espesor como mínimo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones eléctricas.

El tubo de PVC no se debe de usar en las siguientes condiciones:

- a) En locales o áreas consideradas como peligrosos.
- b) Para soportar luminarias u otros equipos.
- c) En lugares en donde la temperatura del medio más la producida por los conductores no exceda de 70°C.

5.3 Ducto Cuadrado

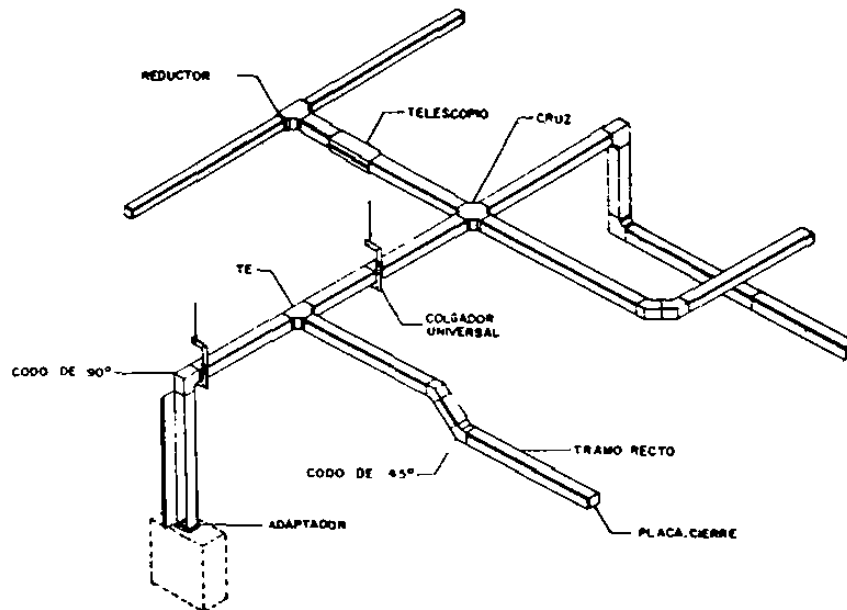
5.3.1 Generalidades

Los medios de canalización de alambrado que son cerrados y metálicos están diseñados para la conducción de circuitos alimentadores, derivados y otros grupos de conductores eléctricos y para proporcionar protección mecánica contra el daño en alambres o cables. Estas canalizaciones no deben ser instaladas en localidades que estén sujetas a severos daños físicos o mecánicos, vapores corrosivos o en áreas clasificadas como peligrosas. Square D fabrica dos tipos de canalización de alambrado o ducto metálico: para Uso General y para Uso en Exteriores (art. 362 de la NOM).

5.3.2 Tipos de Ducto

Square D fabrica su Ducto Cuadrado de Usos Generales con cubierta embisagrada utilizando para su fabricación lámina de acero fosfatizada con acabado de pintura gris claro. Un juego completo de accesorios está disponible para poder formar cualquier trayectoria que se desee, sin importar los contornos de las edificaciones donde se vaya a instalar. Los accesorios tienen cubiertas o laterales removibles para permitir una completa y fácil instalación del cableado, así como, un acceso también fácil al alambrado a través de toda la trayectoria, sin ocasionar ninguna alteración al sistema. Debido a que cada Tramo Recto de Ducto o sus accesorios son unidos entre sí por medio de conectores, a los cuales se atomillan, éstos aseguran una buena continuidad mecánica y por lo consiguiente eléctrica, en los Ductos Square D. Los Tramos Rectos son manufacturados en longitudes estándar de 304.8 mm, 609,6 mm y 1524 mm en secciones de 63.5 mmx 63.5 mmm, 101.6 mm x 101.6 mm y 152.4 mmx 152.4 mm.

El Ducto Cuadrado para Uso en Exteriores se fabrica en lámina de acero fosfatizada con acabado en pintura gris claro y con extremos para unión atomillables. Es Aisado en exteriores para proteger conductores eléctricos contra aceite, agua, polvos o partículas extrañas, puede usarse también para interiores, donde se requiere una protección contra estos elementos, es ideal en aplicaciones para conducción del alambrado de maquinaria especial o muy grande. Este Ducto es fabricado en las mismas longitudes estándar y secciones que el de Uso General. Varios accesorios están disponibles para hacer factible cualquier trayectoria requerida. Para ordenar este tipo de Ducto consultar a la Planta.



El Ducto Cuadrado Square D tiene una línea completa de accesorios para cumplir una amplia variedad de requerimientos. Este dibujo ilustra como las componentes estándar pueden ser combinadas para obtener cualquier configuración deseada.

Los Ductos Square D pueden ser usados para una variedad de aplicaciones y en la mayoría de los casos se pueden instalar más rápido y a menor costo que el tubo conduit. Pueden ser aplicados en trayectorias de cableado y circuitos de alimentación de tableros de fuerza y de alumbrado; distribución de energía en plantas industriales, o en agrupamientos de equipos tales como controladores de motores, interruptores de seguridad y equipos para medición; y en trayectorias verticales de cableado para elevadores, siendo éstas solo

algunas de las aplicaciones donde el Ducto es ideal. Cuando se compara Ducto contra tubo conduit, el primero posee algunas ventajas: su peso es menor, es más fácil de instalar, sus Colgadores Universales permiten una completa apertura de las cubiertas y un preensamblado en el piso. Se puede guiar a los conductores dentro de él, modificaciones al sistema de alambrado son fáciles, las derivaciones de cableado también son sencillas; y una de las principales, es que el ducto se puede volver a usar en otra trayectoria si se desea. Esto constituye una gran ventaja, si se toma en cuenta la frecuencia de los cambios en estaciones de trabajo dentro de un mismo lugar, en las instalaciones industriales.

5.3.3 Aplicación de acuerdo a las normas eléctricas.

No se requiere degradar la capacidad de los conductores para instalarse dentro de un ducto, ni considerar el factor de agrupamiento (NTIE 308-5) como es el caso del conduit (NTIE, A-1 tabla1.3).

a) Ducto Cuadrado

Los siguientes son requerimientos del reglamento en vigor.

No. de conductores: Los ductos están aprobados para circuitos que no excedan de 1000 volts.

Las regulaciones principales para la instalación de ducto son:

- a. Las tablas 302.4, 302.4a y 302.4b, de las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (NTIE), dan la capacidad permitida para conductores portadores de corriente. Las tablas indican que los conductores serán degradados cuando tres o más son instalados en los medios de canalización. Esta condición no es aplicable a conductores instalados en ductos (NTIE

303.5). Cada conductor puede conducir el máximo permisible especificado en las tablas abajo indicadas si el número de conductores y la sección de área ocupada en el ducto no excede lo especificado a continuación.

No más de 30 conductores portadores de corriente deben ser alojados en un ducto (art. 362.5 de la NOM). Para la aplicación de este requisito, los conductores de circuitos de control y señalización tales como los de estaciones de botones, lámparas piloto, etc., y los de puesta a tierra, no se consideran como conductores portadores de corriente.

Cuando las sumas de las áreas de la sección transversal (esto incluye la sección transversal del conductor más su aislamiento) de todos los conductores contenidos en el ducto, no excedan al 20% de la sección transversal interior del mismo (art. 362.5 de la NOM).

- b. Se pueden hacer empalmes y derivaciones dentro del ducto, siempre que éstos queden accesibles y aislados (art. 362.7 de la NOM). En este caso, los conductores son empalmes y derivaciones, junto con los otros conductores, no deben ocupar más del 75%, de la sección transversal interior del ducto en los puntos de empalme.
- c. Los ductos deben estar firmemente soportados a intervalos no mayores a 1500 mm, a menos que soportes especiales sean aprobados para intervalos mayores.

La tabla que abajo se muestra, indica el número de conductores que pueden ser instalados en el ducto de acuerdo con la limitación del 20% del área según el NTIE. Las combinaciones de diferentes calibres de conductores pueden ser calculadas de la manera descrita en el ejemplo siguiente:

Ejemplo: Se desea instalar tres conductores No. 4/0 AWG en un ducto de 101.6 mm x 101.6 mm y usar el resto de su capacidad en conductores de No. 6 AWG ¿Cuántos conductores de No. 6 AWG pueden ser instalados?

Solución: Área del ducto de 101.6 mm x 101.6 mm = 10322.56 mm². Área del 20% del ducto= 10 322.56 x 0.2 = 2064.51 mm², área reservada para los tres conductores No. 4/0 AWG =3 x 251.87 = 755.61, área disponible = 1308.9 mm².

Área requerida para un conductor No. 6 AWG = 52.84 mm², número de conductores. No. 6 AWG = 1 308.9 ÷ 5284 = 24.77.

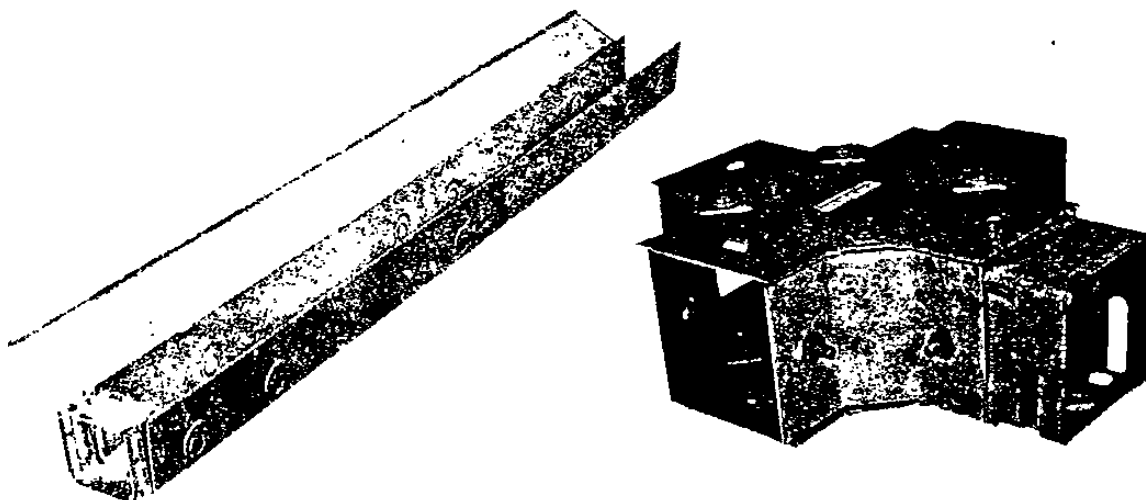
Por consiguiente se pueden instalar 24 conductores No. 6 AWG bajo los requerimientos mencionados en los puntos anteriores.

TABLA DE CONDUCTORES

EL 20% DEL AREA TOTAL OCUPADA O HASTA 30 CONDUCTORES NO REQUIEREN DEGRADACION DE CAPACIDAD DE CONDUCCION – NTE 308.5

CALIBRE DE CONDUCTOR (AWG O MCM)	AREA DEL CONDUCTOR				NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES DE UN MISMO CALIBRE							
	mm ²		pulg. ²		DUCTO 63.5 mm x 63.5 mm (2.5 pulg. x 2.5 pulg.) ‡ 806.5 mm ² (1.25 pulg. ²)		DUCTO 101.6 mm x 101.6 mm (4 pulg. x 4 pulg.) ‡ 2064.5 mm ² (3.2 pulg. ²)		DUCTO 152.4 mm x 152.4 mm (6 pulg. x 6 pulg.) ‡ 4645.2 mm ² (7.2 pulg. ²)			
	T	THW	T	THW	A	B	A	B	A	B		
	TIPO T	TIPO THW	TIPO T	TIPO THW	A		B		A		B	
14	8.71	.0135	5.61	.0087	92	143	237	308	533	827		
12	11.10	.0172	7.55	.0113	72	107	186	273	428	615		
10	14.45	.0224	11.87	.0184	55	68	142	174	321	391		
8	30.39	.0471	24.06	.0373	26	33	68	85	153	193		
6	52.84	.0819	33.48	.0519	15	28	39	61	87	138		
4	70.13	.1087	54.52	.0845	11	14	29	38	66	85		
2	81.48	.1263	64.19	.0995	9	12	25	32	57	72		
1	130.77	.2027	102.58	.1590	6	8	15	20	35	45		
0	152.71	.2367	122.13	.1893	5	6	13	17	30	38		
00	179.49	.2781	146.13	.2265	4	5	11	14	25	31		
000	212.13	.3288	175.16	.2715	3	4	9	11	21	26		
0000	251.87	.3904	211.48	.3278	3	4	8	9	18	22		
250 MCM	314.65	.4877	299.74	.4026	2	3	6	8	14	18		
300 MCM	360.06	.5581	361.23	.4689	2	2	5	7	12	15		
350 MCM	405.87	.6293	442.99	.5303	2	2	5	6	11	13		
400 MCM	449.61	.6969	583.74	.5931	1	2	4	5	10	12		
500 MCM	536.42	.8316	662.13	.7163	1	1	4	4	8	10		
600 MCM	662.00	1.0261	567.23	.8792	1	1	3	3	7	8		
750 MCM	746.77	1.1575	645.87	1.0011	1	1	2	3	6	7		
750 MCM	790.45	1.2252	685.35	1.0623	1	1	2	3	5	6		

Los cables y alambres que se instalan en el Ducto son fácilmente accesibles en todo el largo de la trayectoria, permitiendo con ello cambios, adiciones o inspección al sistema de alambrado, sin la necesidad de alteraciones del Ducto o la trayectoria o de algún equipo especial. El Ducto está diseñado para ser instalado en lugares secos de características generales. No debe ser instalado en áreas donde esté sujeto a un severo daño físico o vapores corrosivos o en lugares clasificados como peligrosos.



5.3.4 Aplicación del ducto

El Ducto puede ser usado con ventajas en la mayoría de los sistemas de distribución pequeños, donde múltiples trayectorias de conduit serían requeridas. Es superior al conduit en la mayoría de los casos para trabajo a la intemperie, Especialmente donde las adiciones o las alteraciones a los sistemas de distribución pueden ser esperadas. El Ducto puede ser instalado sin herramientas costosas como las que se requieren en sistemas conduit. Normalmente un desarmador y una llave son suficientes para instalar los Tramos Rectos del Ducto y sus accesorios, las trayectorias pueden

ensamblarse en el piso y llevarse manualmente a su posición final. Los empalmes y las derivaciones pueden realizarse dondequiera que se adicione una nueva máquina, se mueva o se modifique. Es fácil de aumentar un circuito o de reorientar su ruta en cualquier momento después de que se ha concluido la instalación original.

Los Ductos son completamente reusables y no existe desperdicio en el sistema cuando se hace necesario rearreglar la trayectoria completa.

Capacidad de conducción de corriente de conductores

Tabla comparativa Ducto – Conduit

Número de conductores de fuerza	Capacidad de corriente permisible en los conductores dentro del conduit	Capacidad de corriente permisible en los conductores dentro del ducto
1 a 3	100 %	100 %
4 a 6	80 %	100 %
7 a 24	70 %	100 %
25 a 30	60 %	100 %
31 a 42	60 %	—
Más de 42	50 %	—

Los tramos rectos de ducto y los conectores tienen cubiertas embisagradas para un fácil y rápido acceso. Los accesorios tienen cubiertas removibles con tornillos pija.

A los conductores dentro de un Ducto nos es necesario afectarlos por el factor de agrupamientos o degradación (NTIE 308.5) como en el caso de conduit (NTIE A-1, tabla 3). El Ducto está limitado a no más de 30 conductores en cualquier sección transversal, no siendo contabilizados los conductores de circuitos de control y señalización. La sección transversal del área de Ducto usada para conductores está limitada al 20 de la total. Ver la tabla de la Sección

General (clase 5100) para áreas de secciones. El Ducto Cuadrado es la versión más económica de canalización de alambrado para talleres de maquinaria, laboratorios, líneas automatizadas, alimentación para alumbrado, canalizaciones auxiliares y muchas otras aplicaciones eléctricas.

5.3.5 Descripción del ducto

El tiempo reducido de instalación es una de las grandes ventajas del Ducto Square D sobre los tipos de ductos convencionales en el mercado. Square D patentó el Conector que se desliza dentro del Ducto, reduciendo el tiempo de instalación al mínimo. El Conector se desliza a su lugar para unir cada longitud de Tramo Recto y no requiere tuercas o tornillos. Los tornillos pija que se usan en los conectores, al momento de atomillarse desprenden la pintura en el punto de unión, asegurando con eso una continuidad de tierra en toda la trayectoria, así como la continuidad mecánica. Las cubiertas de los Conectores son embisagradas, tal que los alambres pueden ser guiados a lo largo de la trayectoria. Las cubiertas y materiales removibles de los accesorios permiten que la ventaja descrita anteriormente persista en la instalación completa. El tiempo de instalación es considerablemente reducido en comparación con el requerido por el ducto más competitivo.

Los Tramos Rectos del Ducto Cuadrado están disponibles con discos removibles en las caras laterales y en la parte inferior del mismo. En caso de no requerir discos removibles, consultar a la planta.

El Ducto puede ser montado tanto horizontal como verticalmente o directamente sobre la pared al través de los agujeros embutidos con que está provisto en la parte inferior, los cuales dan una excelente ayuda en paredes desniveladas o poco uniformes.

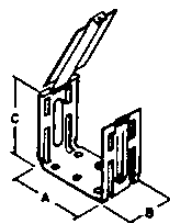
5.3.6 Especificaciones Sugeridas

Al solicitar su ducto cuadrado especifique las características que satisfacen adecuadamente sus necesidades:

Proporcionar el ducto como se muestra en los planos. El ducto cuadrado aparece en el NTIE listado como ducto metálico o canalización auxiliar.

a) Construcción.— El ducto será fabricado de acuerdo a los requerimientos del NTIE capítulo 3 Sección 308, comprendiéndose sus tramos rectos, conectores y accesorios. Todas las provisiones serán proporcionadas o incluidas en la construcción para permitir el ensamble de tramos rectos con conectores y accesorios. El ducto cuadrado será construido con discos removibles.

b) Conectores.— Toda la trayectoria del ducto será apropiada para permitir el fácil acceso y conducción de los conductores dentro de él. Los conectores serán siempre proporcionados con su cubierta ensamblada, la cual podrá ser removida si no es requerida o no es necesaria.

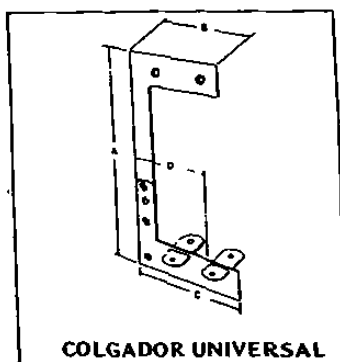


c) Acabado.— Todas las partes de lámina de acero serán proporcionadas con un acabado fosfatizado y pintura gris claro, toda la tomillería llevará un acabado para prevenir la corrosión. Todos los tornillos instalados hacia el interior del ducto serán protegidos con tuercas rápidas, tuercas resorte o de alguna otra manera que prevenga el daño al aislamiento de los conductores.

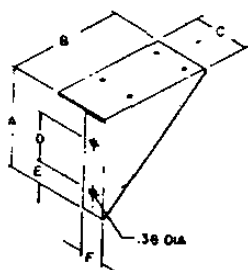
d) **Instalación.**— Todos los conectores serán del tipo “deslizable” con sus tornillos pija de montaje instalados. Los colgadores serán de dos piezas para permitir un preensamble del ducto con el colgador inferior y su placa base antes de colgarlo en el colgador superior ya preinstalado.

e) **Componentes.**— Los Tramos Rectos son manufacturados en los siguientes tamaños de acuerdo a su dimensión del área transversal, 63.5 mm x 63.5 mm, 101.6 mm x 152.4 mm x 152.4 mm. Los Tramos Rectos están provistos con discos removibles y se fabrican en longitudes estándar de 304.8 mm, 609.6 mm y 1524 mm. Se incluyen Conectores en cada Tramo Recto, uno por longitud. Los Conectores embisagrados quedan asegurados en una rígida conexión debido a sus ranuras exclusivas y al diseño de las proyecciones del Ducto y ayudados por los tornillos pija de conector, que además de dar firmeza el ensamble, tiene función de proporcionar una continuidad de tierra.

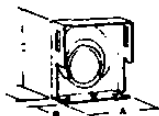
Los Colgadores están contruidos de dos piezas. Dada su forma existen numerosas combinaciones de las dos piezas del Colgador, lo cual hace posible que el Ducto sea instalado de cualquier manera. Los agujeros en el Colgador coinciden con los del Ducto y permiten que la cubierta del mismo pueda ser abierta completamente a poco más de 180° dando ventaja sobre los ductos más competitivos en lo referente a la colocación de los conductores.



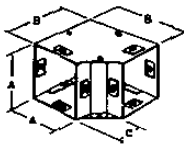
Los Soportes Escuadra son usados para cuando se desea montar el Ducto desde la pared o lugar similar. No se requieren Colgadores cuando se usa el Soportes Escuadra.



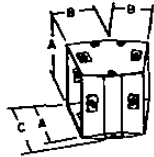
Las Placas Cierre son para sellar los extremos del ducto o de los accesorios. Su tomillo pija y dos orejas en los extremos de la placa permiten su apriete y sujeción en la posición requerida. Los discos removibles en la Placa Cierre permiten o hacen posible cualquier extensión del ducto al través del uso de conduit, tubo o cable.



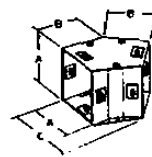
Los Codos están disponibles en 22.5° , 4.5° y 90° para efectuar los cambios de dirección de la trayectoria por las necesidades propias de la instalación eléctrica o bien para seguir el contorno de la estructura del edificio. Se ensamblan a los Tramos Rectos por medio de los Conectores. Todas las cubiertas y laterales son removibles y están sostenidas por medio de tornillos. Todos los accesorios están diseñados para mantener la característica de fácil manejo de conductores en cualquier plano. Las esquinas interiores de los Codos están redondeadas para facilitar la acción de tirar de los conductores en caso necesario. Las cabezas de los tornillos quedan en los embutidos de la cubierta para proteger el aislamiento de los conductores, de ser rasgado o roto.



CODO DE 90°

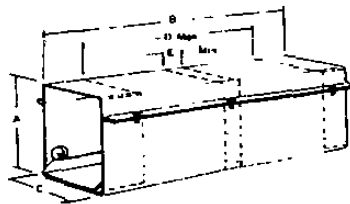


CODO DE 22.5°

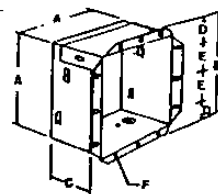


CODO DE 45°

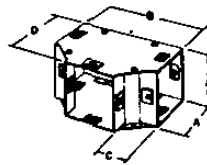
El Telescopio o ‘accesorio deslizante’ proporciona un medio para ajuste en conexiones de Tramos Rectos en distancias que varían de 1 2.7 mm a 292.1 mm. Un juego de tornillos provee la conexión a tierra en la sección deslizante del Ducto. La cubierta se ofrece atornillada y puede ser removida. En algunos casos el telescopio elimina la necesidad de usar Niples.



El Adaptador está disponible para conectar el Ducto a gabinetes tales como los de centros de control de motores, controles de máquinas herramienta, ‘tableros de alumbrado, de fuerza, de transición, etc. Un extremo del Adaptador se provee con un collar punzonado. Realizando un corte en el gabinete y haciendo coincidir los agujeros del gabinete con los del Adaptador al montarlo, dan como consecuencia una conexión sólida y libre de filamentos cortantes.

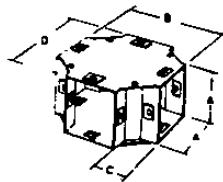


Las Tee son usadas para obtener derivaciones en la trayectoria en forma de 'T'. La Tee se ensambla a secciones estándar de Ducto por medio de Conectores. Las cubiertas y los laterales son removibles y están sujetos por medio de tornillos.



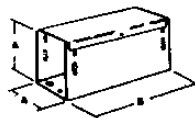
TE

La Cruz o Caja de Unión tiene cuatro aberturas o salidas y es acoplada por medio de Conectores a los Tramos Rectos y otros componentes. La cubierta y los laterales son removibles y están sujetos por medio de tornillos. Las aberturas que no sean usadas pueden ser selladas por medio de Placas Cierre.



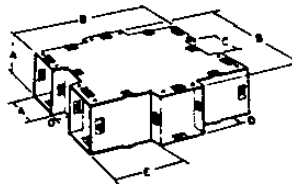
CRUZ

Los Niples son longitudes cortas de Ducto, los cuales pueden ser insertados entre longitudes estándar para conexiones menores que son requeridas en las trayectorias. Es la versión chica de un Tramo Recto y se encuentran disponibles en 76.2 mm, 1524 mm y 228.6 mm de longitud. También poseen cubierta embisagrada.



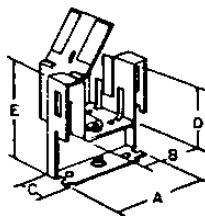
NIPLE

Los registros son usados cuando se requiere o se necesita un empalme mayor en la unión de varias trayectorias. El Registro tiene seis aberturas o salidas dispuestas de la manera siguiente: dos lados con dos aberturas cada uno; y dos lados con una abierta cada uno. Las aberturas que no sean usadas pueden ser selladas con Placas de Cierre. Dos placas Cierre son proporcionadas con cada Registro. Las cubiertas y los laterales son removibles y están sujetos mediante tornillos.



REGISTRO

Los Reductores están disponibles para acoplar ductos de 101.6 mm X 101.6 mm con Ductos de 63.5 mm X 63.5 mm. También para acoplar Ductos de 152.4 mm X 152.4 mm con Ductos de 101.6 mm X 101.6 mm. Los Reductores poseen cubierta embisagrada.



REDUCTOR

Este dibujo ilustra como los componentes estándar pueden ser combinados para obtener cualquier configuración deseada

5.4 Electroducto

5.4.1 ¿Por qué el Electroducto es su mejor opción?

Los ingenieros electricistas y los contratistas alrededor del mundo están especificando Electroducto para un número cada vez mayor de proyectos industriales y comerciales. ¿Las razones? El Electroducto ofrece gran versatilidad en la aplicación y simplicidad en la instalación, características que no pueden ser igualadas por los cables ni los conduits. Y más aún, el Electroducto ofrece estos beneficios a un costo de instalación total del 75% menor que con cable y conduit.

El Electroducto está prediseñado para una instalación fácil con herramientas manuales y un mínimo de equipo, pero los ahorros durante la instalación original son tan solo el principio. Hay muchas más formas en las cuales el Electroducto le ahorra tiempo y dinero:

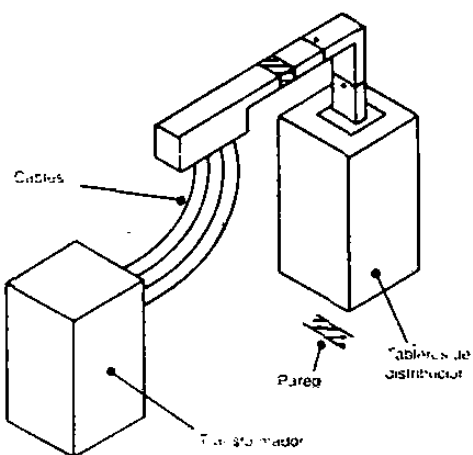
5.4.2 Donde utilizar Electroducto

El Electroducto se utiliza en todos los lugares donde se emplean cables y conduits; debido a que el Electroducto es tan compacto, también se puede utilizar en aplicaciones en las cuales no es posible adaptar trayectorias múltiples de cables y conduits. Los dos tipos básicos de Electroductos son:

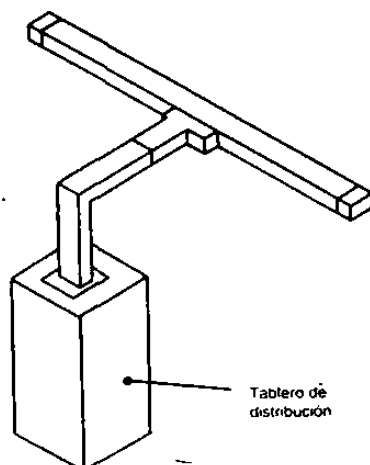
Electroducto Alimentador ("Feeder") y Electroducto Derivador ("Plug—in ti). El Electroducto Alimentador es para distribuir energía a cargas concentradas en una área. Este tipo de Electroducto es a menudo usado en trayectorias cortas como una entrada de servicio. En trayectorias horizontales largas, sirve como trayectoria de enlace desde los tableros de distribución o de fuerza, hasta los centros de control de motores.

La versatilidad del Electroducto Derivador lo convierte en una solución ideal para distribuir energía en una área muy amplia. Puede ser utilizado en trayectorias horizontales o verticales. En ambos casos ofrece las ventajas de su tamaño compacto y de su capacidad para energizar cargas adicionales en el futuro.

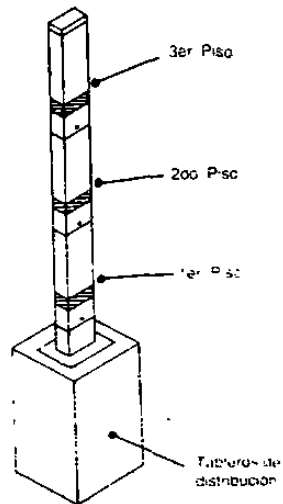
5.4.3 Los cuatro tipos de trayectorias para electroducto



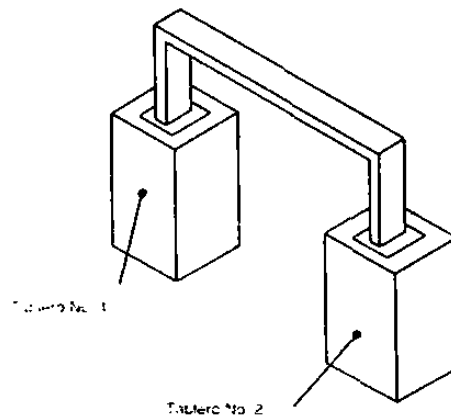
a) Trayectoria de servicio de entrada o acometida



b) Trayectoria enchufable – Plug-in Horizontal



f) Trayectoria enchufable Plug – in Vertical Ascendente



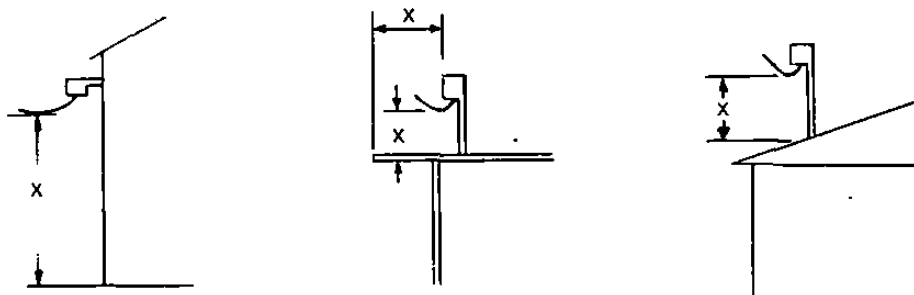
d) Trayectoria Alimentadora - Enlase

5.4.4 Datos de aplicación

1 Trayectorias de Acometida

El electroducto I-LINE II puede utilizarse como un conductor de acometida para llevar la energía desde el transformador de la compañía suministradora hasta un tablero de distribución. La conexión al transformador se realiza por medio de cable o barra sólida,

Cuando el transformador se conecta al electroducto mediante cables, las normas o reglamentos eléctricos utilizados, deben especificar los requerimientos de altura libre para los cables.

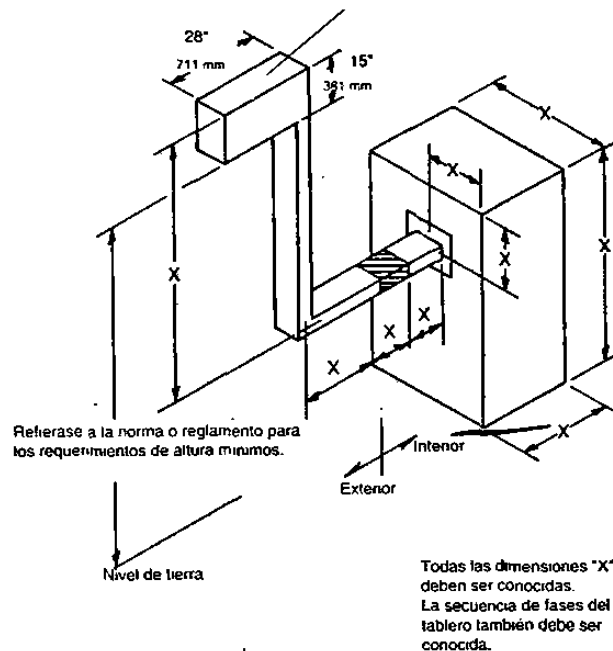


Para las dimensiones X' refiérase a (CEO 6-110, 12-360) (NEC 230-24)

En esta figura ilustra las dimensiones que deben ser consideradas cuando se vaya a utilizar este tipo de trayectoria.

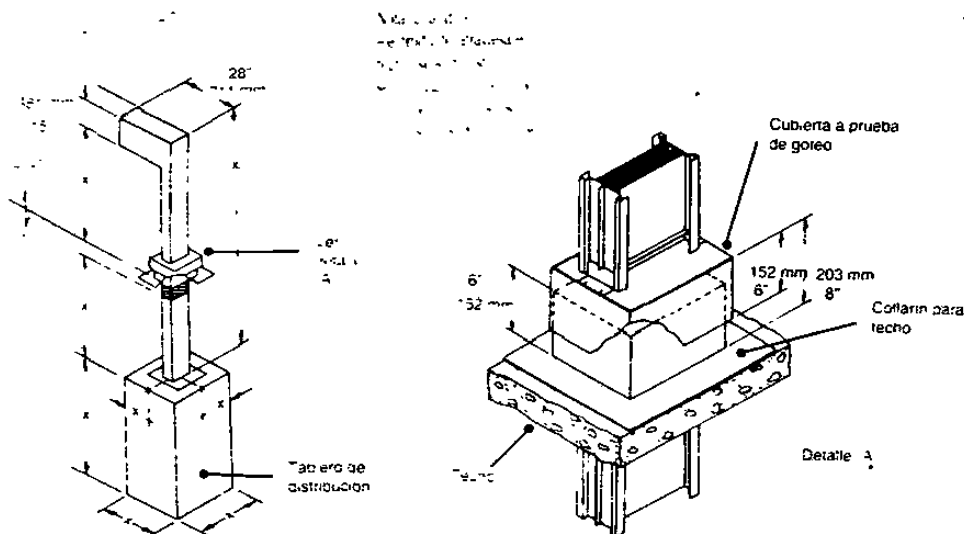
A. Tomas de Servicio

Si las especificaciones del electroducto o los requerimientos de la compañía suministradora local piden que la acometida con terminación cable-a-electroducto esté encerrada en una caja a prueba de intemperie, entonces se debe solicitar una toma de servicio.



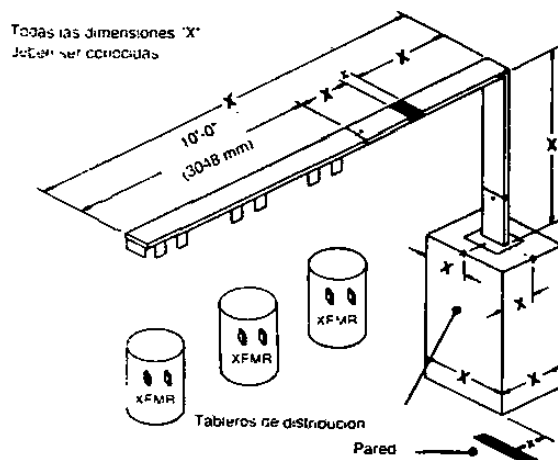
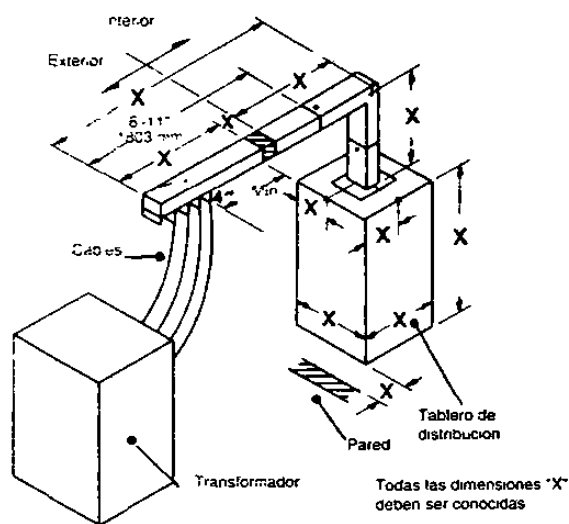
B. Aplicación Típica de la Toma de Servicio Vertical

Si la altura al electroducto vertical es muy baja como para permitir que la conexión de cable cumpla con las normas eléctricas, una solución alternativa es la Toma de Servicio Vertical (SHV). La Toma de Servicio Vertical puede unir al electroducto con la parte trasera del tablero (ver figura de arriba) y se hace un giro hacia el interior, o puede ser unida al electroducto que existe en la parte superior del tablero y penetrar el techo utilizando una cubierta a prueba de goteo y una brida en el techo (vería figura de la columna izquierda de la página siguiente).



C. Toma de Servicio Vertical Penetrando el Techo

Si la Toma de Servicio Vertical se extiende atravesando el techo, éste se debe sellar alrededor del electroducto. Para realizar esto, se debe ensamblar en la fábrica una brida fija en la sección del electroducto que penetra el techo. El contratista puede entonces sellar la brida al techo. Para realizar más fácilmente el sellado, se puede ordenar a la fábrica que proporcione un juego de accesorios para las bridas del techo. Este juego consiste de una cubierta a prueba de goteo y de un collarín (o chaflán) para el techo. Al instalarlo, el collarín debe sellarse para asegurarse que no penetre la humedad. El juego de accesorios para las bridas del techo pueden utilizarse en techos con una inclinación de hasta 2.5 cm por cada 30cm (1' por pie). Ver en detalle en la figura de arriba.



D. Derivador para Transformador

El derivador para transformador realiza la misma función que una Toma de Servicio, excepto que las zapatas y las barras a las cuales se conectan los cables de entrada no estén encerrados en un gabinete a prueba de intemperie.

De esta forma, una Toma de Servicio plana (SHE) a la que se le ha quitado la caja, es una derivación para transformador C-SFD. 1SF es una derivación de transformador para un transformador trifásico. La figura de arriba ilustra la trayectoria típica de una entrada de servicio TSF.

En caso de que la compañía suministradora alimente tres transformadores monofásicos para proporcionar energía al cliente, se ha diseñado una derivación para transformador separada para esta aplicación. Esta derivación para transformador se conoce como una TFF' y se muestra en la parte inferior de la figura de arriba. Note que la secuencia de fases de una 1fF debe ser siempre tal que la fase A quede en la parte superior.

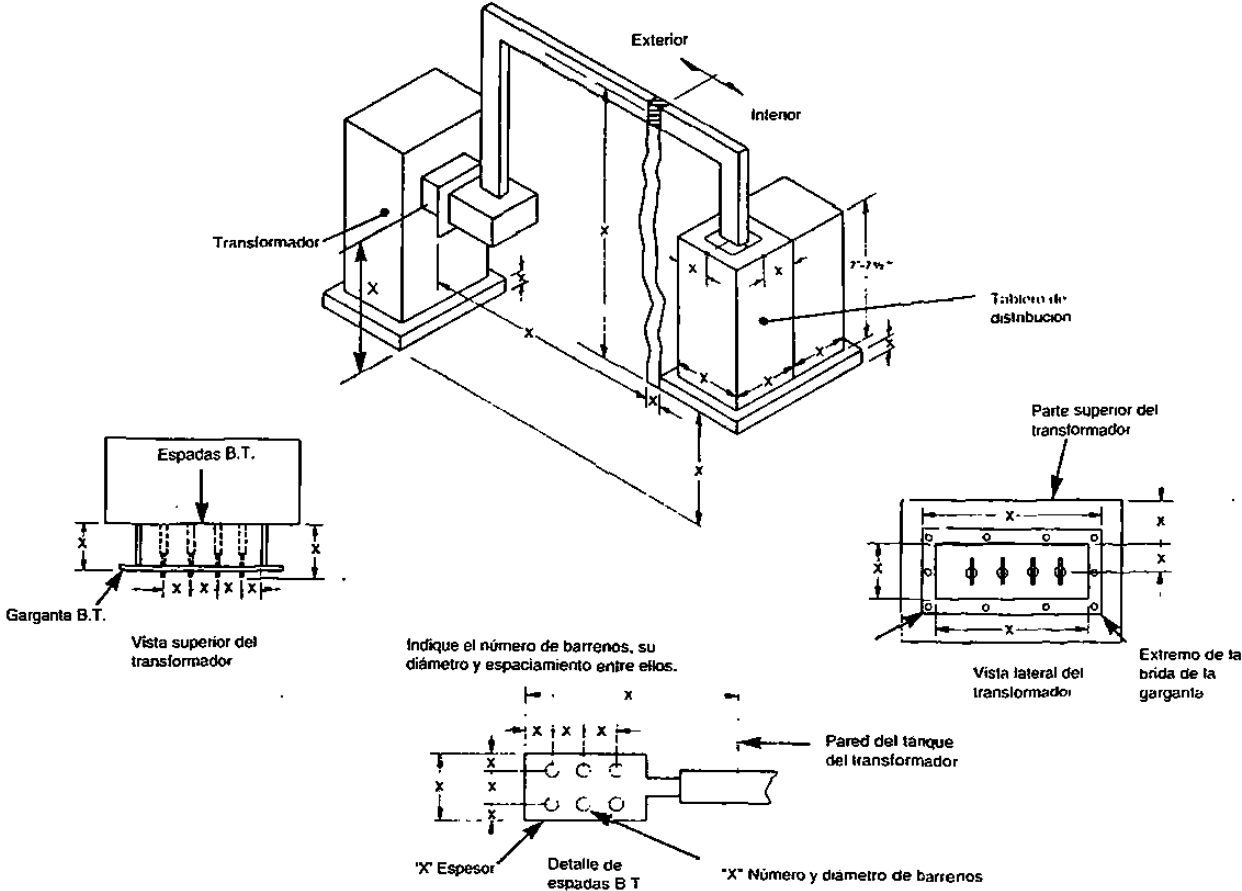
E. Conexiones a Transformador Mediante Barras

Si se requiere, la fábrica puede suministrar una conexión a transformador mediante barras. Normalmente, este tipo de conexión incluye conectares flexibles entre las terminales de baja tensión del transformador y los conectares del electroducto. Los conectares flexibles se utilizan para permitir expansiones y contracciones del electroducto en las terminales de baja tensión. El posicionamiento de estos conectares flexibles es crítico para asegurar la alineación adecuada entre el electroducto y el transformador.

Las conexiones para transformador mediante barras normalmente se fabrican para dos tipos de transformadores. Uno de estos tipos tiene una garganta en el lado de bajo voltaje, como se muestra en la figura inferior, y el otro tipo es para transformadores tipo pedestal con un compartimiento para baja tensión, como se muestra en la figura de arriba de la página 16.

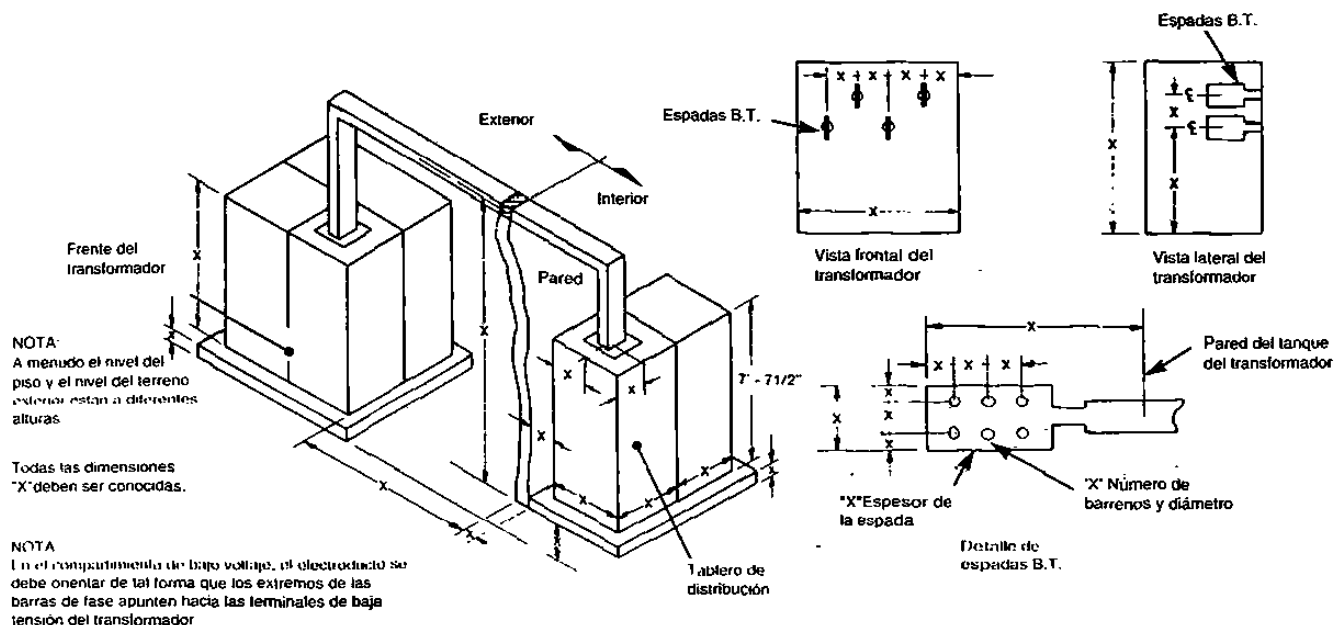
F. Secuencia de Fases

Cuando se va a utilizar una conexión para transformador mediante barras, es esencial que la secuencia de fases del transformador y del tablero que éste alimenta, estén coordinadas adecuadamente. Algunas veces es preferible dejar que el fabricante coordine esta secuencia de fases. Simplemente, indíquenos el nombre del fabricante del transformador y proporcione los detalles de la secuencia de fases del lado secundario o de baja tensión.



G. Otras Conexiones de Cometida

Ocasionalmente, ya sea el cliente o la compañía suministradora local, requieren una conexión de acometida diferente a nuestros estándares. En este caso, asegúrese de informar a la fábrica de cualesquiera dimensiones especiales, tales como, la altura requerida de la toma de servicio hasta el piso o hacia tierra, el espaciamento entre las barras de fase, el número y el tipo de zapatas, las distancias de las zapatas a las paredes, las secuencias de fases, etc.



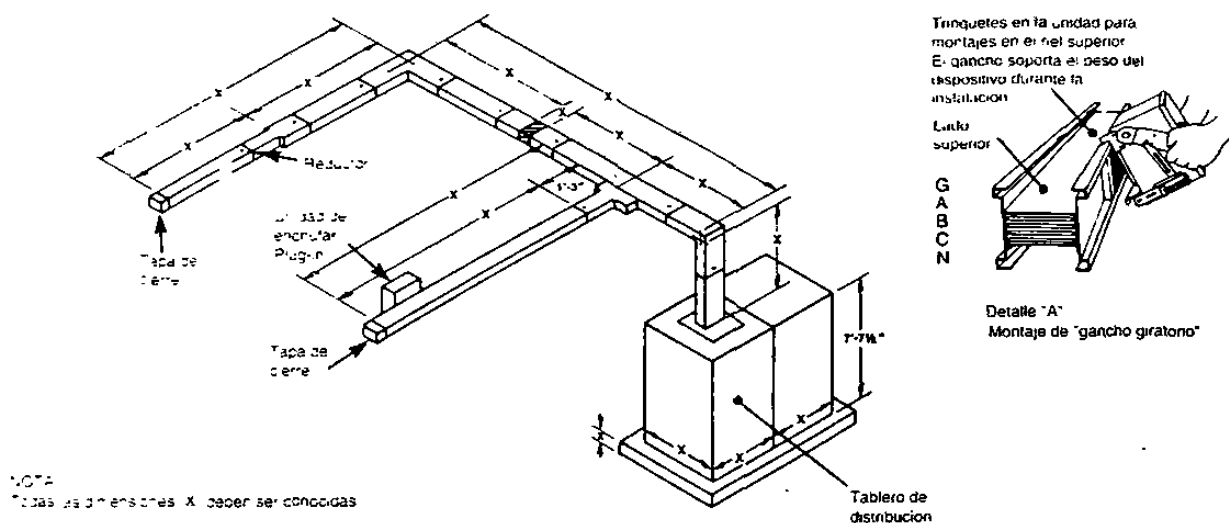
2 Trayectorias de Electroducto Horizontal Tipo Enchufable Plug-in

El electroducto tipo enchufable se utiliza como un medio para llevar energía desde un tablero de distribución hacia cargas múltiples, a través de un edificio o una instalación de una fábrica.

A. Secuencia de Fases

En la figura de abajo se muestra una trayectoria típica de electroducto enchufable I-LINE II la secuencia de fases mostrada en el electroducto enchufable es "G-ABC-N" iniciando en la parte superior y terminando en la parte inferior, con la parte superior localizada como se muestra en la figura para una trayectoria horizontal. Este arreglo de la secuencia de fases se debe mantener siempre de tal forma que se asegure una adecuada secuencia de fases de las unidades enchufables (Ver el detalle A). Debido a que se tiene que mantener esta secuencia de fases, es el electroducto el que determinará la secuencia de fases del tablero.

Nota: El electroducto tipo enchufable tiene una mordaza de tierra integral en la parte superior únicamente.



3 Electroducto Enchufable Vertical Ascendente

El electroducto enchufable I-LINE II se puede utilizar en forma completamente vertical ascendente. No se necesita utilizar electroducto alimentador para penetrar los pisos. Esta característica permite utilizar más preparaciones para unidades enchufables abiertas por piso de electroducto ascendente. (El electroducto enchufable ascendente menor de 800 A requiere barreras contra fuego en donde el electroducto pasa a través del piso).

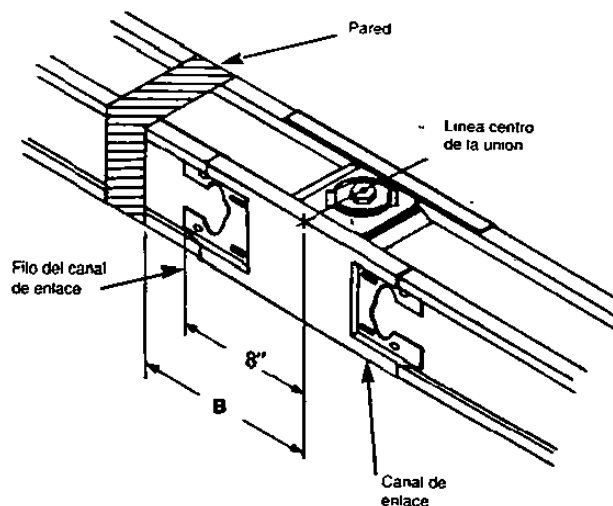
B. Dimensiones

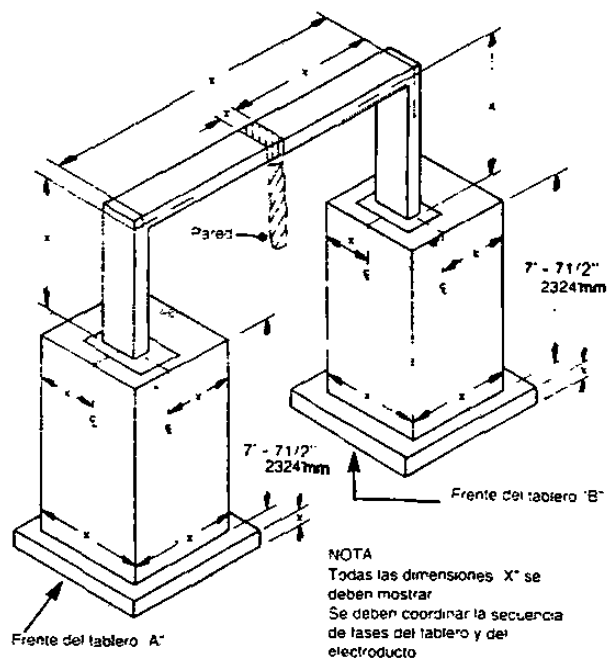
La figura superior muestra las dimensiones típicas que deben ser conocidas para asegurar una instalación exacta; altura entre pisos, espesor del piso, arreglo exacto de trayectorias ascendentes múltiples, dimensiones de closets o armados, el tipo y cantidad de unidades derivadas enchufables por piso, en qué lado del electroducto se montarán las unidades y (si es necesario, la altura deseada de las unidades desde el piso).

En la figura inferior, el electroducto ha sido dimensionado completamente y su trayectoria ya está definida. Note que se ha utilizado el electroducto alimentador en la salida del tablero; y en las dos secciones de 10' -0" (3048 mm) es electroducto tipo enchufable, en el segundo y tercer piso no tienen unión localizada en o cerca del piso. Ver la página 19 para discusión y detalles de los requerimientos de accesibilidad de las uniones.

4 Trayectorias de Electroducto Alimentador

Las trayectorias del electroducto tipo alimentador se utilizan normalmente para distribuir energía a cargas que están concentradas en una área. Las conexiones típicas son la trayectoria de enlace tablero-tablero (ver la figura a la derecha), o de un tablero que alimenta a un centro de control de motores remota.





A. Electroducto a travs de Paredes y Pisos

Cuando un electroducto de 800 A-5000 A se extiende a travs de paredes o pisos, se puede utilizar electroducto alimentador (Feeder) a enchufable (plug-in). Para trayectorias de menos de 800 A, se utilizará electroducto enchufable a toda lo largo. En este casa, se deben especificar las ubicaciones de paredes o pisos, de tal forma que la fbrica pueda instalar las barreras contra fuego.

De acuerdo con la norma NOM-001-SEMP-1994 art. 3644, 364-5 y el NEC, el electroducta se debe instalar de tal forma que los soportes y las uniones estn accesibles con propósitos de mantenimiento despus de la instalacin. Esta implica que ninguna parte del canal de la unin puede estar hacia dentro de la pared. Paro tanta la lnea de centro de la unin a la pared debe ser al menos igual a la distancia del centro hasta la orilla del canal de unin (ver la figura de la izquierda). Si las dimensiones del canal de unin no se pueden determinar fcilmente, es preferible mantener la unin alejada de la pared una distancia de al menos de 30 cm (1 pie). Lo anterior asegura un clara adecuada para la unin de cualquier tipa de electroducto que pase a travs de una pared o piso.

5.4.5 Arreglo y dimensiones de las instalaciones con electroducto

El trabajo de realizar el arreglo y el dimensionado de un electroducto no requiere de herramientas ni conocimientos especializados. La lista de herramientas siguiente será suficiente:

- 1 Cinta para medir de 30.5 m (100')
- 1 Cinta para medir de 8.0 mx 2.50cm (25' por 1')
- 1 Regla de madera de 2 m (6')
- 1 Plomada / cuerda de alinear (reventón)
- 1 Marcador de punta de fieltro o un crayón

Supongamos que usted quiere alimentar un nuevo centro de control de motores (CCM) con electroducto desde un tablero de distribución nuevo. Usando las ilustraciones realizaremos paso a paso el proceso de arreglo para determinar la orientación y las dimensiones del electroducto. Cuando esté terminado, tendremos un diagrama unifilar isométrica mostrando el arreglo propuesta del electroducto

A. Información conocida

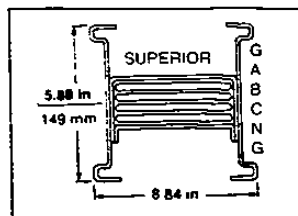
De los documentos de la propuesta, especificaciones, y/o dibujas de fábrica, la siguiente información es conocida:

- El electroducto será de 1600 A, 3 fases, 4 hilos, 50% de aterrizamiento, electroducto tipa alimentador de aluminio (el ancho se determina que será de 225 mm (8.84").
- El tablero de distribución (SWBD) es de 2.32 m (7'- 7.5") de alto, 914 mm (3'- 0") de ancho, y 609 mm (2'- 0") de profundidad; la conexión al electroducto se hará en el centro de la parte superior.
- El centro de control de motores es de 2.32 m (7' -7.5") de alta con una caja desmontable con una altura adicional de 304 mm (1' -0") para la conexión

del electroducto; 508 mm (20") de ancha y 508 mm (20") de profundidad.

La conexión al electroducto está en el centro de la parte superior.

- La parte inferior del electroducto (B.O.B.), se instalará a 4876 mm 16' -0" arriba del piso terminada (AFFD al menos que haya alguna obstrucción).



1. Determinar el tamaño físico del alojamiento del electroducto. Esta información le permitirá conocer que tan lejos están las obstrucciones. En nuestro ejemplo, el electroducto es de 225 mm (8.84") de ancho y 149 mm (5.88") de alto, 229 mm x 154 mm (9" x 6" nominales).

2 Revisar el área donde el electroducto se podría instalar (si no se ha especificada ya). Observe las condiciones especiales tales como, las juntas de expansiones de los edificios, cambios en las estructuras de acero, equipos de alta tensión en corriente alterna y trayectoria de tuberías.

3 Medir todas las distancias a partir de puntos fijos, tales como columnas, muras u otras estructuras del edificio, Trate de dejar al menos 100 mm (4") entre el electroducto y cualquier obstrucción. La figura superior de la página 21 muestra la ubicación del tablero de distribución y el centro de control de motores, las obstrucciones y las dimensiones a los puntos fijos.

4 Empiece el arreglo dimensional a partir del extremo final fijo y haga un esquema de la trayectoria propuesta del electroducto, anotando las elevaciones y obstrucciones (ver la figura inferior de la página 21).

5 Trace la ruta del electroducto arriba de la cuerda inferior de la estructura de acero, a menos que se especifique otra cosa. Para aplicaciones industriales, esto protege al electroducto de daños producidos por montacargas, grúas, etc. El electroducto debe soportarse por varillas colgantes o desde abajo. No trace la ruta del electroducto por donde no pueda ser soportada adecuadamente.

6 Al seleccionar la elevación para el electroducto enchufable (plug-in) recuerde que los dispositivos de sobrecorrientes (unidades de enchufar) podrían requerir diferentes claros de montaje.

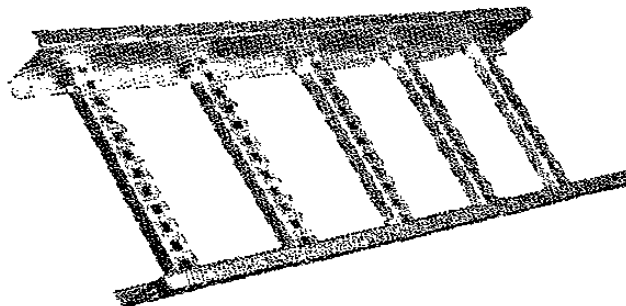
Regresando al arreglo muestra del electroducto (figura inferior de la página 21), se conoce ya suficiente información para calcular la longitud del electroducto necesaria, así como los empalmes requeridas (por ejemplo, terminaciones con bridas, codas). Una copia de este dibujo podría ayudar a su representante local de ventas cuando catice su trabajo, y podría ser también enviado por adelantada a la fábrica para ayudar en la preparación de los dibujos para aprobación.

~~CONFIDENTIAL~~ 4-2016

5.5 Charolas.

5.5.1 Dentro de los sistemas básicos para canalizaciones de cables de energía en media y alta tensión el uso de las "Charolas" se ha visto acrecentado ya que este sistema permite mayor flexibilidad en la instalación, no se requiere abrir zanjas para ductos y se puede utilizar tanto en el interior de locales como en áreas exteriores.

En el uso de charolas se tienen aplicaciones parecidas a las de los ductos con algunas limitantes propias de los lugares en que se hace la instalación.



En cuanto a la utilización de charolas se dan las siguientes recomendaciones:

- 1.- procurar alinear los conductores de manera que guarden siempre la misma posición relativa en todo el trayecto de la charola especialmente los de grueso calibre.
- 2.- En el caso de muchos conductores delgados es conveniente hacer amarres a intervalos de 1.5 a 2.0 m aproximadamente, procurando colocar etiquetas de identificación cuando se traten de conductores de varios circuitos, en el caso de conductores de calibre grueso los amarres se pueden hacer cada 2.0 ó 3.0 m.
- 3.- En la fijación de conductores que vayan a través de charolas por trayectorias verticales muy largas es recomendable que los amarres se hagan

con abrazaderas especiales en lugar de usar hilo de cañamo en instalaciones eléctricas

5.5.2 Charolas para cables.— son estructuras metálicas formadas por dos guías rectas o en forma de “u” paralelas, que sirven para fijar en ellas, a distancias determinadas, barrotes metálicos, donde se colocarán los conductores eléctricos.

Las Charolas para cable pueden usarse para soportar cables de fuerza, alumbrado, control y señalización que tengan aislamiento y cubierta apropiados para este tipo de instalación.

Cuando se instalen a la intemperie o en condiciones ambientales desfavorables, tanto las Charolas como los cables deben ser adecuados para las condiciones existentes.

No se permite su instalación en cubos de ascensores o en aquellos lugares donde estén expuestos a daños mecánicos severos o en áreas clasificadas como peligrosas a menos que los cables estén específicamente aprobados para tal uso.

Las charolas para cable deben tener suficiente rigidez y resistencia mecánica para proporcionar un soporte adecuado a todo el alambrado contenido en ellas; si son metálicas, deben estar protegidas contra la corrosión o ser construidas de un material resistente a ella así como incluir los accesorios necesarios para los cambios de dirección y de nivel que se requieran en una instalación.

Asimismo en la fabricación de su línea de Charolas Crouse Hinds Domex observa los requerimientos señalados tanto por el National Electric Code (NEC) como por la National Electrical Manufacturers Association (NEMA VE 1-1984). En el apéndice A de este catálogo se reproducen como referencia las

partes medulares tanto del artículo 311 del Reglamento de Instalaciones Eléctricas como el artículo 318 del National Electrical Code (NEC).

5.5.3 Aluminio

Crouse Hinds Domex ofrece su línea de SSC en aluminio aleación comercial 6063 temple 6 con acabado natural y la línea de accesorios de apoyos y montaje se fabrican en acero al bajo carbón con un acabado galvanizado por inmersión en caliente.

La ventaja del aluminio de ser más ligero que el acero facilita su instalación y reduce el tiempo y costo de montaje así como el costo total de la instalación al requerir menor número de accesorios de montaje. Una charola de aluminio pesa poco más de la mitad de una charola de acero del mismo ancho; posee resistencia mecánica adecuada y se considera casi libre de mantenimiento y, por ser un material diamagnético, reduce al mínimo las pérdidas eléctricas.

5.5.4 Capacidad de carga permisible

Cuando se requiere especificar una charola para un uso determinado dentro de una instalación eléctrica, se deben tomar en consideración todas las cargas que estén presentes y las que eventualmente pueden presentarse, las cuales se pueden clasificar de la manera siguiente:

A. cargas muertas o estáticas.

Son aquellas que no cambian su magnitud y están en lugares fijos. Estas son la suma del peso de la charola misma, los accesorios de montaje, conduit, tuberías, etc.

B. cargas concentradas

Una carga estática concentrada representa un peso estático aplicado entre los largueros de la charola. Las cajas de conexiones, tuberías, etc., pueden ser consideradas como cargas concentradas. Cuando así se requiera, dichas cargas concentradas pueden ser convertidas a una carga uniformemente repartida utilizando la siguiente fórmula.

$$W = \frac{2 \times \text{carga estática concentrada}}{\text{separación entre apoyos de prueba}}$$

C. Cargas vivas

Son aquellas que cambian de magnitud o varían en su localización, como pueden ser la variación en el peso de los cables al modificar la instalación existente o bien el eventual peso de una carga concentrada. Aunque la Norma VE-I-1984 establece los valores de carga de trabajo con un factor de seguridad de 1.5, los soportes para cables no están diseñados para ser utilizados como andadores para el personal pero si son capaces de soportar al instalador, eventualmente.

Capacidad de carga permisible

La capacidad de carga permisible es la capacidad del ssc para soportar el peso estatico de los cables y esta es equivalente a la capacidad de la carga destructiva, determinada por pruebas de laboratorio.

El usuario debe colocar en lugar visible y notorio una leyenda que prevenga el uso de las charolas como andadores. La norma ya referí da sugiere la siguiente leyenda:

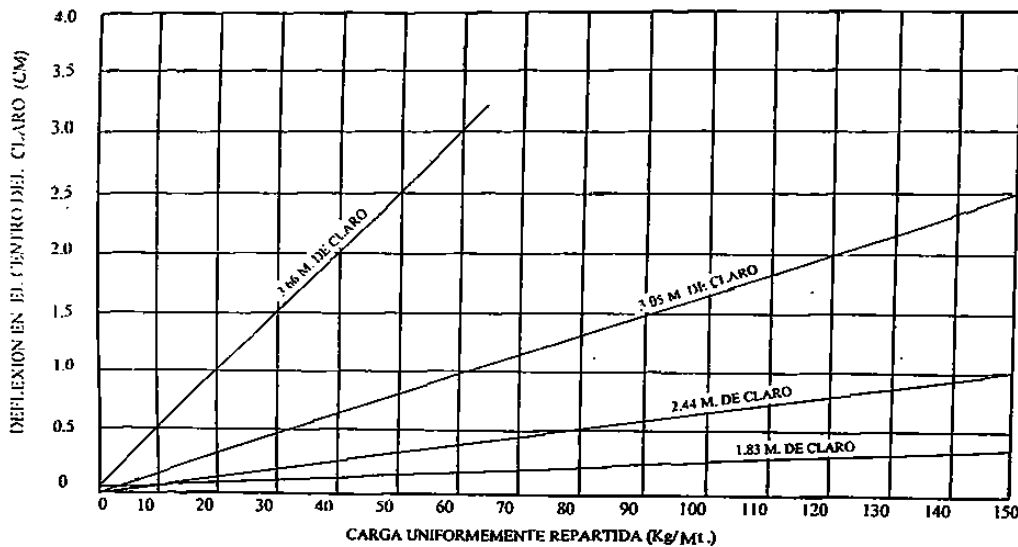
Advertencia: No utilizar como andador, escalera o soporte para el personal. Úsese sólo como un soporte mecánico para cables o tubería.

D. Cargas dinámicas.

Son cargas de impacto que se producen esporádicamente como pueden ser el movimiento brusco por temblores, viento, esfuerzos mecánicos producidos por cortos circuitos, etc. En algunas localizaciones exteriores de charolas, el viento puede ser un factor a considerar ya que este puede ocasionar esfuerzos adicionales en los largueros de la charola. Otro efecto adicional se puede presentar en la charola cuando ésta tiene ensamblada una tapa superior lo cual produce un efecto aerodinámico transversal que crea una diferencia de presiones entre el interior y exterior de la charola la cual tratará de arrancar la tapa.

Los grandes esfuerzos mecánicos producidos por un corto circuito generan un movimiento brusco de los conductores sobre la charola la cual debe soportar el trabajo generado por dicho movimiento pero, los accesorios de montaje también sufren grandes esfuerzos por dichos movimientos bruscos. Estos esfuerzos también son factores a considerar al efectuar el diseño de una instalación eléctrica a base de un SSPC y no desarrollar el diseño en el límite de la carga de trabajo de la charola.

La grafica muestra la relación carga de trabajo V.S. deflexión de la charola para diferentes longitudes de separación de apoyos con un factor de seguridad de 1.5



Normalmente en lo referente al tipo y al cálculo de los cables conductores permitidos en las instalaciones eléctricas a base de SSC o charolas, se acostumbra consultar dos fuentes: El Reglamento o las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (NTIE) y/o el National Electrical Code (NEC) pero, entre dichas fuentes existen marcadas diferencias. Para mayor abundamiento en cuanto a dichos aspectos, refiérase directamente a dichas fuentes las cuales se reproducen en el apéndice A de este catálogo.

5.5.5 Uso permitido de los cables

A. Conductores.

Las NTIE en lo referente al uso permitido de los cables conductores establece básicamente, en su artículo 311 lo siguiente:

Uso permitido

Las charolas para cables pueden usarse para soportar cables de fuerza, alumbrado, control y señalización que tengan aislamiento y cubierta aprobados para este tipo de instalación.

Cuando se instalen a la intemperie o en otras condiciones de ambiente desfavorables, tanto las charolas como los cables deben ser adecuados para las condiciones existentes.

Instalación

Cuando una charola contenga circuitos de tensiones diferentes, estos deben separarse mediante una barrera incombustible que se extienda a todo largo de la instalación o por medio de una distancia adecuada que de la protección equivalente.

Puesta a tierra.

Todas las secciones metálicas de una charola y sus accesorios deben estar eléctricamente unidos entre sí y efectivamente conectados a tierra. Las charolas pueden usarse como conductor de puesta a tierra siempre que reúnan los requisitos necesarios para este propósito como son los de conductividad y sección transversal necesarios.

Numero de cables.

Los cables multiconductores que se instalen en charolas deben colocarse en una sola capa. Los cables de un solo conductor pueden colocarse en dos capas como máximo.

5.5.6 Capacidad de corriente.

A. cables multiconductores

La corriente permisible en los conductores no deben exceder los valores que se indican en el apéndice B, tabla 302.1 en la columna para tubería o cable.

B. cables de un solo conductor.

La capacidad de corriente permisible. en cables de un solo conductor debe estar de acuerdo a lo siguiente:

B1. Cuando en un SSC descubierto se instalen cables en una sola capa y manteniendo entre ellos una separación no menor de un diámetro del cable de mayor sección, la corriente permisible puede ser, como máximo, igual a los valores de la tabla 302.4 en la columna "al aire.

B.2 Cuando los cables estén colocados en una o dos capas, en una charola descubierta y sin mantenerse ninguna separación entre ellos, la corriente permisible no debe exceder el 75% de los valores de la tabla 3 02.4 en la columna titulada"al aire". Si la charola está cubierta en más del.80 metros con una cubierta sólida sin ventilación, la capacidad de corriente permisible en los cables no debe exceder del 70% de dichos valores.

Así mismo, en lo referente a los mismos rubros:

Uso permitido, instalación, puesta a tierra, número de cables, ampacidad o capacidad de corriente, el NEC, en su artículo 318 es más específico ya que establece clasificaciones de acuerdo al voltaje y al calibre de los conductores mismos pero sin llegar a establecer un método de diseño. Por otro lado, en el apéndice A de este catálogo referente a la determinación del ancho de la charola a utilizar, se muestra un método de cálculo de acuerdo a las clasificaciones de cables en base a las especificaciones del NEC.

5.5.7 Sistemas de montaje

Observando una instalación de SSC, este actúa como una viga bajo una carga uniforme distribuida.

6. Conductores eléctricos

6.1 Definición:

Es un elemento capaz de transmitir una corriente eléctrica en forma uniforme, cuando se aplica un voltaje.

6.1.1 Conductores

En las instalaciones eléctricas residenciales los elementos que proveen las trayectorias de circulación de la corriente eléctrica son conductores o alambres o alambres forrados con un material aislante (art. 310 de la NOM), desde luego que el material aislante es no conductor. El material que normalmente se usa en los conductores para instalaciones eléctricas es el cobre y se aplica en el caso específico de las instalaciones eléctricas residenciales dentro de la categoría de las instalaciones de "baja tensión" que son aquellas cuyos voltajes de operación no exceden a 1,000 volts entre conductores o hasta 600 volts a tierra.

6.1.2 Función:

En las instalaciones eléctricas los conductores son el medio a través del cual se unen las fuentes de alimentación con los receptores, y además permiten la interconexión para controlar y comunicar dichos receptores.

6.2 Generalidades sobre conductores

6.2.1 Material

En general los metales son buenos conductores de la corriente eléctrica, los mejores son la plata, el cobre, el oro y el aluminio, en ese orden.

Material	Resistividad en OHMS-METRO-mm ²
Plata	0.016
Cobre	0.0175
Oro	0.0244
Aluminio	0.03

Por su costo la plata y el oro están descartados, quedando el cobre y el aluminio como los materiales usados en la fabricación de conductores eléctricos.

6.2.2 Forma

La práctica a determinado el uso predominante de conductores redondos, debido a que esta forma ofrece las ventajas siguientes:

- * El conductor es más fácil de manejar.
- * En el caso de conductores aislados existe un esfuerzo uniforme en el aislamiento debido a la distribución del campo eléctrico.

6.2.3 Calibre

Es el grueso del conductor, factor muy importante, pues en función del grueso está su capacidad para conducir corriente.

6.2.4 Construcción

Un aspecto importante a considerar en la construcción de un conductor es su flexibilidad, misma que quedara definida según el manejo que vaya a dársele ya sea durante su instalación u operación.

Una de las maneras en que puede asegurarse la flexibilidad del mismo es dependiendo de su calibre, construirlo de varios hilos, entre más hilos tengan para un determinado calibre, mayor flexibilidad tendrá el conductor, lo anterior será tratado con mayor amplitud en el tema "TIPOS DE CONDUCTORES DE ACUERDO A SU CONSTRUCCIÓN"

6.2.5 El cobre como conductor

A) Características

- Elevada conductividad eléctrica.
- Alta conductividad térmica.
- Resistente a la corrosión.
- Muy maleable.
- Muy dúctil
- Alta resistencia mecánica.
- No es magnético.
- Es fácilmente soldable.

B) Pureza

El cobre es usado en la fabricación de conductores tiene una pureza del 99.9%, y se obtiene por procesos de refinación electrolítica.

C) Temple

De acuerdo a su temple existen tres tipos de cobre:

- COBRE DURO.
- COBRE SEMIDURO.
- COBRE SUAVE.

Temple	Conductividad (% IACS [*])	Esfuerzo de Tensión a la Ruptura (kgf/mm ²)
Cobre Suave	100	25
Cobre Semiduro	96.66	35.4 a 40.3
Cobre Duro	96.16	45.6

6.2.6 El aluminio como conductor

A) Características

- Elevada conductividad eléctrica (61% de la conductividad del cobre aproximadamente).
- Bajo peso (para un mismo calibre un conductor de aluminio pesa 30.4% del peso del conductor de cobre).
- Alta conductividad térmica.
- Resistente a la corrosión.
- Muy maleable.
- Muy dúctil.
- Poca resistencia mecánica.
- No es magnético.

B) Pureza

El aluminio usado en la fabricación de conductores tiene una pureza del 99.45% y se obtiene por procesos de refinación electrolítica.

C) Temple

De acuerdo a su temple, existen los siguientes tipos de aluminio:

- DURO
- ¾ DURO
- ½ DURO
- ¼ DURO
- SUAVE

Características de los diferentes tipos de aluminio

Temple	Designación		Conductividad (% IACS)	Esfuerzo de Tensión a la Ruptura (kgf/mm²)
	Clave Internacional (ISO)	Clave USA (ASI)		
Duro	HH	H-19	61.0	16
¾ Duro	HF	H16 y H26	61.3	11.7 – 15.3
½ Duro	HD	H14 y H24	61.4	10.7 – 14.3
¼ Duro	HB	H12 y H22	61.6	9.8 – 11.6
Suave	0	0	61.8	6.1 – 9.7

Características del aluminio en función del cobre

Conductividad61% del
cobre.

Peso.....30.4% de la del
cobre.

Para una misma ampacidad

Se requiere	39% más área del aluminio 18% más diámetro del aluminio 42% menos peso de aluminio	Que de cobre
-------------	--	--------------

Equivalencias de calibres (aproximadas)

Aluminio	Cobre
10	12
8	10
6	8
4	6
2	4
1/0	2
2/0	1
3/0	1/0
4/0	2/0

6.3 Sistemas de calibración

6.3.1 Calibre de conductores

Los calibres de conductores dan una idea de la sección o diámetro de los mismos y se designan usando el sistema norteamericano de calibres (awg) por medio un numero al cual se hace referencia, sus otras características como son diámetro, área. Resistencia, etc. , la equivalencia en mm² del área se debe hacer en forma independiente de la designación usada por la america wire gage (awg). En nuestro caso, siempre se hará referencia a los conductores de cobre.

6.3.2.- Sistema A.W.G. (American wire gage)

Este sistema de calibración usado en Estados Unidos e Inglaterra, ha sido adoptado en México en forma oficial por la Dirección oficial de Normas. Este sistema tiene la característica de que sus dimensiones corresponden aproximadamente a los pasos sucesivos del proceso de estirado de alambre.

Los conductores se clasifican según sea su diámetro en números que van del 36 al 0000 (cuatro ceros), siendo el 36 el más delgado y el 4/0 el más grueso.

La escala se estableció fijando dos diámetros y estableciendo una ley de progresión geométrica para diámetros intermedios, los diámetros base son los del calibre 4/0 (0.4600 pulgadas) y del calibre 36 (0.0050 pulgadas), existiendo 38 dimensiones entre los dos, por lo tanto, la relación entre un diámetro cualquiera y el diámetro siguiente, está dada por la expresión siguiente:

$$39\sqrt{\frac{0.4600}{0.0050}} = 39\sqrt{92} = 1.1229$$

De lo anterior tenemos que: la relación entre los diámetros consecutivos en la escala es constante e igual a 1.1229.

En la actualidad se fabrican conductores hasta el calibre 44.

6.3.3. Sistema MCM (mil circulars mil)

En la actualidad es más común el término KCM.

Para conductores más gruesos que el 4/0, el calibre se da en KCM.

Un circular mil es el área de una circunferencia cuyo diámetro es igual a una milésima de pulgada.

El rango de calibres es del 250 al 2000 KCM.

6.3.4. Sistema mm² (milímetro cuadrado)

En este sistema los conductores se clasifican de acuerdo a la medida de su área o sección transversal en milímetros cuadrados.

NOTA: en la fabricación de conductores telefónicos se usa también para clasificarlos, su diámetro en milímetros.

Los Instrumentos empleados para calibrar los conductores son:

*El calibrador AWG.

*El vernier.

*El micrómetro.

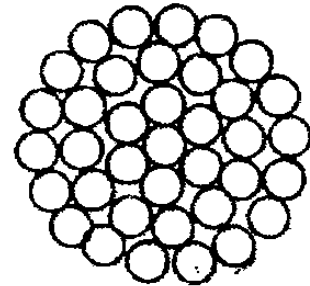
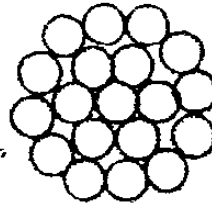
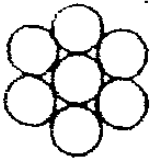
6.4 Tipos de conductores de acuerdo a su construcción

A) Alambre.- Es un conductor unifilar sólido.



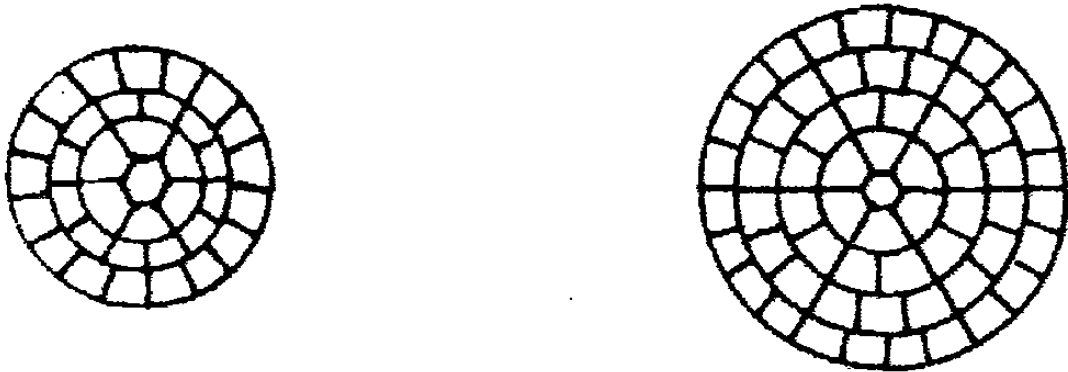
Se fabrica del 44 al 8 AWG.

B) Cable.- Conductor formado por varios alambres, siendo el más común el cableado concéntrico, que consiste en un alambre central rodeado por una o más capas de alambres aplicadas helicoidalmente.



C) Cable concéntrico compacto.- Tiene una construcción parecida al cable concéntrico, excepto que los alambres de las capas están compactados, con los que se obtiene un diámetro exterior menor que en cable concéntrico.

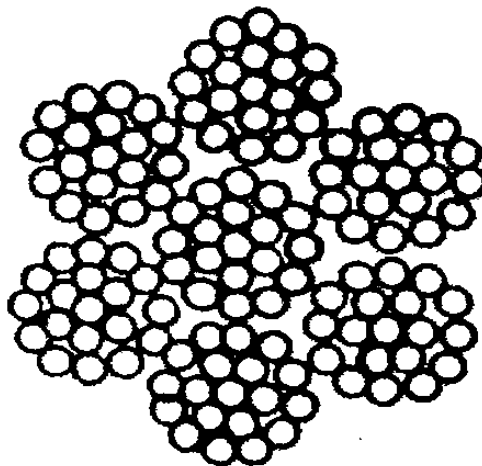
La sección transversal resultante es la de un círculo completo.



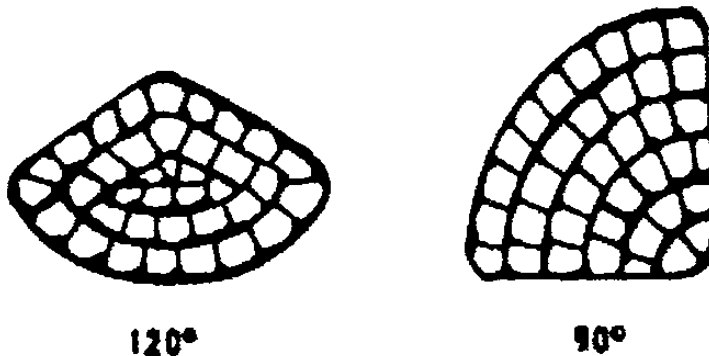
Construcción de los cables concéntricos y concéntricos compactos

No. Hilos	Rango de Calibres
7	Hasta el 2 AWG
19	Del 0 al 4/0 AWG
37	Del 250 al 500 KCM
61	Del 600 al 1000 KCM

D) Cable semi-flexible.- Se construye en forma similar al cable concéntrico, sólo que en este caso en lugar de alambres son bonches los que se van a cablear, o sea que es un cable de bonches.



E) Conductor sectoral.- Son los cables cuya sección transversal es aproximadamente la de un sector circular y sirven para hacer algunos cables multiconductores, que al reunirlos ya aislados dan como resultado cables con menor diámetro que los que se harían con conductores circulares.



F) CORDONES.- Son conductores formados por una gran cantidad de hilos, lo que les da más flexibilidad que a los cables. Los hilos no tienen una formación especial (por capas) es decir son boncheados. Generalmente los cordones van acompañados de otros cordones, todos aislados y dentro de una cubierta común.

No. de hilos de cordones comerciales

Calibre	No. De Hilos
18	10 (de 0.32 mm)
16	16 (de 0.32 mm)
14	26 (de 0.32mm)
12	26 (de 0.405 mm)
10	26 (de 0.51 mm)

6.5 Clases de cableado

La flexibilidad de un conductor, como ya se vio depende de la dureza o temple del material usado, de su tipo de construcción (cable, cordón, etc.) y de su paso torcido.

En general, en cuanto a paso de torcido podemos afirmar que entre más pequeño sea, menos flexible será el cable sin embargo debemos tener presente que un paso muy grande dará lugar a que el cable pierda su forma.

El paso utilizado en la fabricación de nuestros conductores, varía entre 8 y 16 veces el diámetro exterior del cable.

6.6 Conductores de uso general

Sus requisitos se refieren principalmente a conductores aislados y establecen, en forma general la forma en que estos se designan, su capacidad de corriente, sus modos de uso y la forma en que deben estar marcados. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integrante de equipos tales como motores, arrancadores de motores y equipos similares.

Uso de conductores desnudos en instalaciones de utilización, pueden usarse conductores desnudos en los siguientes casos:

- A) Para conductores de puesta a tierra, dentro de la misma canalización de los conductores aislados del circuito o en canalización independiente.
- B) En líneas aéreas, en el exterior de edificios.

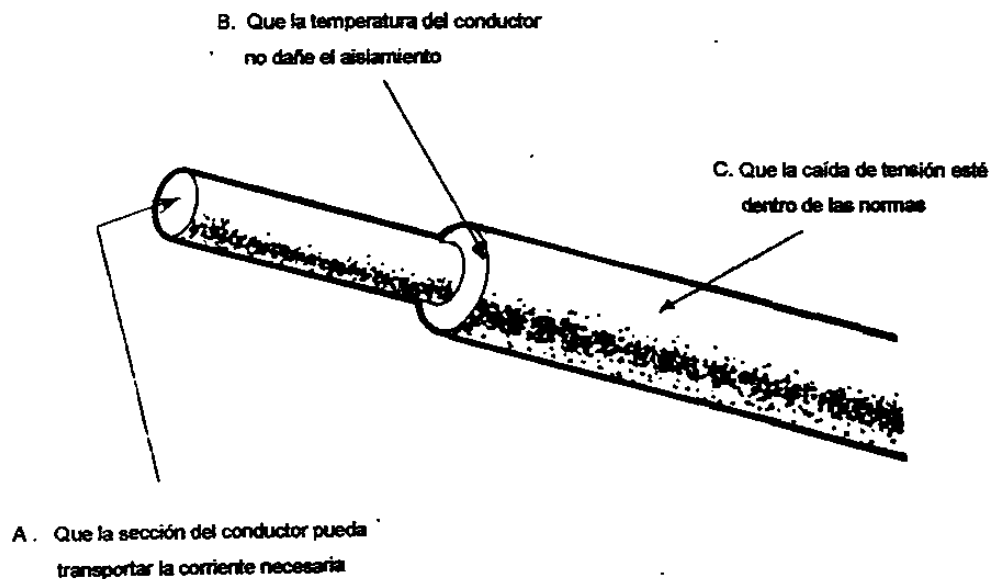
6.7 Selección y cálculo del calibre de conductores para instalaciones eléctricas de baja tensión.

Una vez que se ha elegido un producto, y habiendo tomado en cuenta la norma vigente durante el diseño eléctrico de la instalación, el siguiente paso es el cálculo del calibre mínimo del conductor, considerando dicho diseño. Con respecto a esto, únicamente analizaremos el cálculo del calibre mínimo para conductores de baja tensión.

6.7.1 Factores a considerar durante el cálculo del calibre mínimo

En primer lugar, es necesario aclarar que el calibre mínimo para una instalación no es siempre el más económico.

Los principales factores que se deben considerar al calcular el calibre mínimo para un conductor de baja tensión son:



Los conductores usados en las instalaciones eléctricas deben cumplir con ciertos requisitos para su aplicación como son:

1.- Limite de tensión de aplicación; en el caso de las instalaciones residenciales es 1000 V.

2.- Capacidad de conducción de corriente (capacidad) que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado y que esta afectada Principalmente por los siguientes factores:

A) temperatura

B) capacidad de disipación del calor producido

Por las pérdidas en función del medio en que se encuentra el conductor, es decir, aire o en Tubo conduit.

3.- Máxima caída de voltaje permisible de acuerdo con el calibre de conductor y la corriente que conducirá; se debe respetar la máxima caída de voltaje permisible recomendada por el reglamento de obras e instalaciones eléctricas y que es del 3% del punto de alimentación al punto más distante de la instalación.

Es vital considerar los tres aspectos a la vez, porque en caso contrario se podrían ocasionar los siguientes problemas:

A. Si la sección de cobre es menor:

- * El conductor tendrá mayor resistencia eléctrica, aumentando las pérdidas de energía.
- * El conductor tendrá mayor temperatura de operación, aumentando la resistencia eléctrica y deteriorando el aislamiento.

- * La caída de tensión en la línea será mayor a la permitida, lo cual puede afectar la operación en el punto de carga y dañar los equipos.

B. Si no se protege el aislamiento:

- * El aislamiento sufrirá deterioro por alta temperatura, aumentando el riesgo de fugas de corriente y cortocircuitos.
- * Disminuirá la vida útil del conductor.

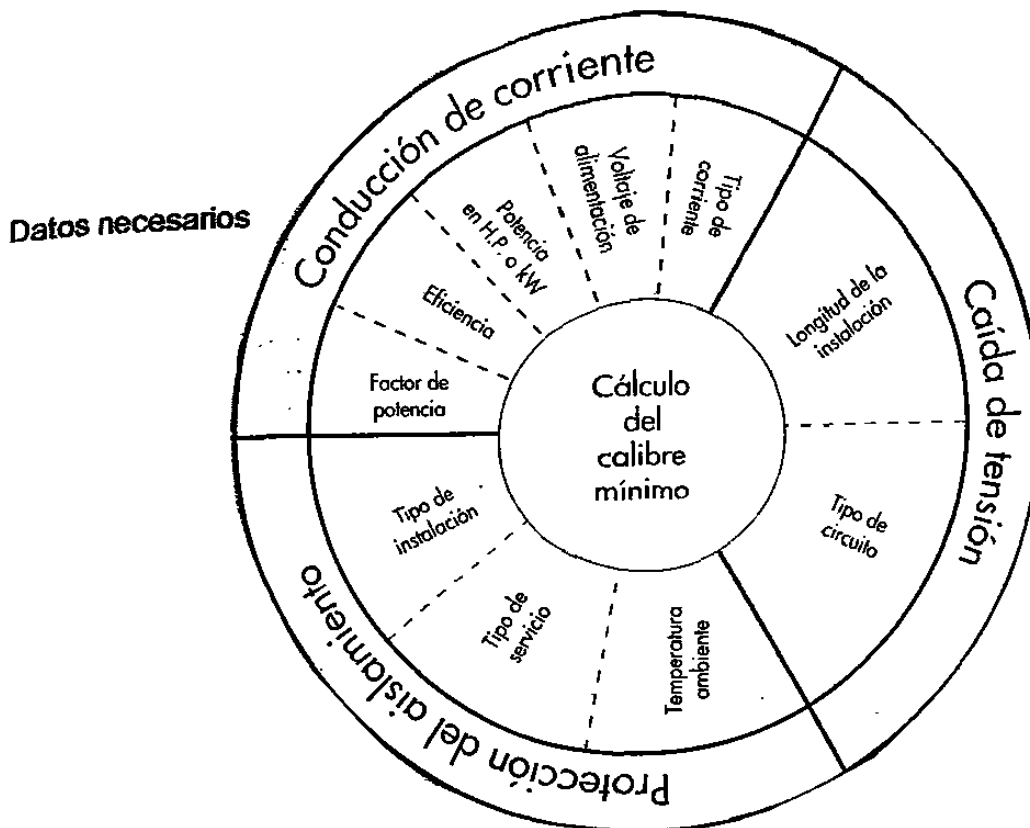
C. Si no se cuida que la caída de tensión sea correcta:

- * El circuito y los conductores trabajarán fuera de norma.
- * Pueden dañarse los equipos alimentados, o no dar el servicio requerido.

6.7.2 Datos necesarios para el cálculo

Existen personas que tienen una vasta experiencia en instalaciones eléctricas, y que con los años se han acostumbrado a calcular los calibres conociendo únicamente la potencia, o la corriente y el voltaje. Algunos también preguntan la longitud del circuito, y aunque es cierto que muchas veces aciertan en el cálculo del calibre correcto, es también innegable que en otras ocasiones fallan en éste, por no haber tomado en consideración todos los datos necesarios.

Los datos que se presentan a continuación son, en principio, suficientes para que el cálculo mencionado no tenga posibilidad de error.

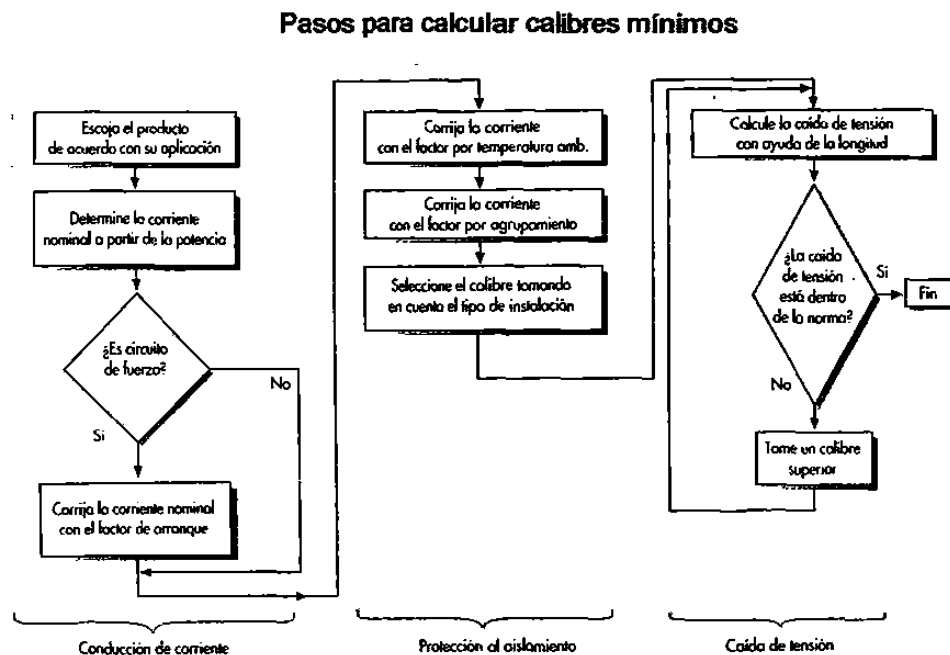


Como se observa en la tabla circular, estos datos tienen relación directa con los factores anotados anteriormente: conducción de corriente, protección al aislamiento y caída de tensión. Para evitar confusiones, se aclarará un poco cada uno de los datos presentados.

- * Factor de potencia: del equipo a alimentar.
- * Eficiencia: del equipo a alimentar.
- * Potencia en H.P. o kw: del equipo a alimentar.
- * Voltaje de alimentación: 127, 220, 440 Volts, etcétera.
- * Tipo de corriente: directa, alterna, 1 ϕ , 2 ϕ , 3 ϕ .
- * Longitud de la instalación: para calcular la caída de tensión.
- * Tipo de circuito: alimentador o derivado; la norma NOM-001 -SEMP permite 3 por ciento de caída de tensión para derivados, y 5 por ciento para el conjunto del alimentador más el derivado.
- * Temperatura ambiente: la más caliente en verano, o la de la recámara, si se tiene alguna máquina que disipe mucho calor.
- * Tipo de servicio: 24 horas al día, arranque y paro continuo, servicio nocturno, etcétera. e Tipo de instalación: al aire libre, en tubo conduít, en charola, directamente enterrado, etcétera.

6.7.3 Procedimiento general para el cálculo

La forma en que deben manejarse los datos anteriores, para obtener un cálculo correcto del calibre del conductor, se resume en el siguiente diagrama:



Conviene comentar que en la parte inferior de este diagrama de flujo, se distinguen una vez más los tres factores básicos en el cálculo del calibre. Para facilitar el entendimiento de este diagrama, siga el sentido de las flechas.

6.7.4 Métodos del cálculo

El diagrama del punto anterior es genérico, pero son varios los métodos que se utilizan en la práctica para calcular calibres mínimos. Aquí se comentarán únicamente tres de ellos:

- * Método largo a partir de fórmulas.
- * Calculador de calibres para baja tensión.
- * Tanteo (este método no siempre es seguro).

Es conveniente notar que la designación de los calibres de conductores usado por la "awg", a medida que el número de designación es más grande la sección es menor.

6.8 Cordones o cables flexibles

Los cordones y cables flexibles de dos o más conductores son aquellos cuya característica de flexibilidad los hace especialmente indicadas para los usos siguientes:

- 1) Conexión de aparatos y lámparas portátiles.
- 2) Conexiones colgantes.
- 3) Alambrado de luminarios
- 4) Elevadores.
- 5) Conexión de equipos estacionarios a fin de facilitar su frecuente cambio.
- 6) Los casos en que se quiera impedir la transmisión de ruido o vibraciones.
- 7) Facilitar la desconexión de aparatos para su mantenimiento y reparación.

Los cordones y cables flexibles no pueden utilizarse en los siguientes:

- A) Como substitutos de instalaciones fijas en estructuras.
- B) Instalados a través de orificios en paredes, techos o pisos.
- C) Instalados a través de marcos de puertas, ventanas o aberturas similares.
- D) Fijados a superficies de inmuebles.
- E) Ocultos dentro de paredes, techos o pisos de inmuebles.

Los conductores individuales de los cordones y cables flexibles no deben ser de un calibre menor que el 18 awg.

6.9 Todos los conductores deben marcarse con la siguiente información:

- A) La máxima tensión de operación para la cual ha sido aprobado el conductor
- B) El nombre del fabricante, industria u otra marca que se identifique fácilmente.
- C) El calibre awg o el área en mcm.

6.10 Tablas de capacidad de conducción de corriente

Tabla 250-95. Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	—
20	3,307 (12)	—
30	5,26 (10)	—
40	5,26 (10)	—
60	5,26 (10)	—
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	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)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2000	126,7 (250)	202,7 (400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7 (400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37 (800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37 (800)	608 (1200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)

Nota: Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en este Tabla.

Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW* THHW* THW* THW-LS, THWN* XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW- 2, THHN*, THHW* THHW-LS, THW-2* XHHW* XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW* XHHW* BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
mm ²	Cobre			Aluminio			AWG/kcmil
0,8235	—	—	14	—	—	—	18
1,307	—	—	18	—	—	—	16
2,082	20*	20*	25*	—	—	—	14
3,307	25*	25*	30*	—	—	—	12
5,26	30	35*	40*	—	—	—	10
8,367	40	50	55	—	—	—	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
456,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	665	405	485	545	1250
760,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	665	750	470	560	630	2000
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C. multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	—	0,58	0,71	—	0,58	0,71	56-60
61-70	—	0,33	0,58	—	0,33	0,58	61-70
71-80	—	—	0,41	—	—	0,41	71-80

Tabla 310-17 . Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados individualmente de 0 a 2000 V nominales, al aire para una temperatura del aire ambiente de 30 °C

Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor (ver tabla 310-13)						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
mm ²	TIPOS TW*	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS THWN*, XHHW*	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THW-LS THWN-2*, XHHW*, XHHW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2	AWG/kcmil
	Cobre			Aluminio			
0.8235	---	---	18	---	---	---	18
1.307	---	---	24	---	---	---	16
2.082	25*	30*	35*	---	---	---	14
3.307	30*	35*	40*	---	---	---	12
5.26	40	50*	55*	---	---	---	10
8.367	60	70	80	---	---	---	8
13.3	80	95	105	60	75	80	6
21.15	105	125	140	80	100	110	4
26.67	120	145	165	95	115	130	3
33.62	140	170	190	110	135	150	2
42.41	165	195	220	130	155	175	1
53.48	195	230	260	150	180	205	1/0
67.43	225	265	300	175	210	235	2/0
85.01	260	310	350	200	240	275	3/0
107.2	300	360	405	235	280	315	4/0
126.67	340	405	455	265	315	355	250
152.01	375	445	505	290	350	395	300
177.34	420	505	570	330	395	445	350
202.68	455	545	615	355	425	480	400
253.35	515	620	700	405	485	545	500
304.02	575	690	780	455	540	615	600
354.69	630	755	855	500	595	675	700
380.03	655	785	855	515	620	700	750
405.37	680	812	920	535	645	725	800
456.04	730	870	985	580	700	785	900
506.71	780	935	1055	625	750	845	1000
633.39	890	1065	1200	710	855	960	1250
760.07	980	1175	1325	795	950	1075	1500
886.74	1070	1280	1445	875	1050	1185	1750
1013.42	1155	1385	1560	960	1150	1335	2000
FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes.						Temperatura ambiente en °C
21-25	1.08	21-25	1.04	1.08	1.05	1.04	21-25
26-30	1.00	26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	26-30
31-35	0.91	31-35	0.96	0.91	0.94	0.96	31-35
36-40	0.82	36-40	0.91	0.82	0.88	0.91	36-40
41-45	0.71	41-45	0.87	0.71	0.82	0.87	41-45
46-50	0.58	46-50	0.82	0.58	0.75	0.82	46-50
51-55	0.41	51-55	0.76	0.41	0.67	0.76	51-55
56-60	---	56-60	0.71	---	0.58	0.71	56-60
61-70	---	61-70	0.58	---	0.33	0.58	61-70
71-80	---	71-80	0.41	---	---	0.41	71-80

a) Más de tres conductores activos en un cable o canalización. Cuando el número de conductores activos en un cable o canalización, sea mayor a tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente Tabla.

Número de conductores activos	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 1 a 3	100
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Tabla de factor de caída de tensión unitario para cables de cobre

Calibre	Tc = 75° C				Tc = 90° C			
	F. p. = 80%		F. p. = 100%		F. p. = 80%		F. p. = 100%	
	Metálico	No Metálico	Metálico	No Metálico	Metálico	No Metálico	Metálico	No Metálico
20	33.13	33.12	41.3	41.3	34.73	34.73	43.3	43.3
18	20.86	20.86	26	26	21.87	21.87	27.3	27.3
16	13.14	13.14	16.3	16.3	13.78	13.78	17.1	17.1
14	8.31	8.31	10.3	10.3	8.7	8.7	10.76	10.76
12	5.25	5.25	6.47	6.47	5.5	5.5	6.77	6.77
10	13.32	3.32	4.06	4.06	3.48	3.48	4.26	4.26
8	2.12	2.12	2.55	2.55	2.22	2.22	2.68	2.68
6	1.35	1.35	1.6	1.6	1.42	1.42	1.68	1.68
4	0.874	0.874	1.01	1.01	0.914	0.914	1.06	1.06
2	0.574	0.57	0.637	0.637	0.599	0.594	0.667	0.667
1/0	0.388	0.381	0.4	0.401	0.403	0.397	0.419	0.42
2/0	0.32	0.312	0.316	0.317	0.333	0.325	0.332	0.333
3/0	0.268	0.26	0.261	0.253	0.278	0.27	0.274	0.265
4/0	0.225	0.217	0.21	0.202	0.233	0.225	0.22	0.211
250	0.201	0.193	0.178	0.171	0.208	0.2	0.189	0.179
300	0.178	0.17	0.151	0.144	0.184	0.175	0.158	0.15
350	0.162	0.154	0.131	0.124	0.167	0.159	0.137	0.13
400	0.151	0.142	0.116	0.11	0.156	0.146	0.121	0.115
500	0.145	0.125	0.095	0.09	0.138	0.128	0.099	0.094
600	0.124	0.114	0.081	0.076	0.128	0.117	0.084	0.08
750	0.144	0.103	0.068	0.064	0.116	0.105	0.07	0.066
1000	0.105	0.093	0.054	0.052	0.107	0.94	0.056	0.054

6.11 Uso de conductores aislados

Los conductores que se emplean en instalaciones deben estar aislados de acuerdo con su tensión de servicio y condiciones de operación, los alambres y cables de instalaciones de utilización no deben ser menores que el # 14.

Tabla 310-13 Conductores - Aislamientos y usos

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Área de la sección transversal mm ² (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior®
Etileno Propileno Fluorado	FEP	90	Lugares secos o húmedos	Etileno Propileno fluorado	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.51	Ninguna
	FEPB	200	Lugares secos Aplicaciones especiales #	Etileno propileno fluorado	8.367 - 33.620 (8-2)	0.76	
					2.082 - 8.367 (14-8)	0.36	Malla de fibra de vidrio
					13.300 - 33.620 (6 - 2)	0.36	Malla de material adecuado
Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama.	MTW ##	60	Alambrado de máquinas herramientas en lugares mojados (Véase Artículo 670)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama.	0.32 - 3.307 (22 - 12)	(A) 0.76 (B) 0.38	(A) Ninguna. (B) Cubierta de nylon o equivalente.
					5.26 (10)	0.76 0.51	
					8.367 (8)	1.14 0.76	
		13.30 (6)	1.52 0.76				
		21.15 - 33.62 (4 - 2)	1.52 1.02				
		42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03 1.27				
		126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41 1.52				
304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79 1.78						
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHH**	90	Lugares secos o húmedos	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor.	2.082 - 3.307 (14 - 12)	0.76 **	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama®
					5.26 (10)	1.14	
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
					304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79	
					633.3 - 1 013.6 (1 250 - 2 000)	3.18	

Tabla 310-13 Conductores - Aislamientos y usos. (Continuación)

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Área de la sección transversal mm ² (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior [®]
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad	RHW ##	75	Lugares secos y húmedos (Para más de 2000 V, el aislamiento debe ser resistente al ozono)	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad	2.082 - 5.260 (14 - 10)	1.14	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. [®]
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
					304 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79	
633.3 - 1013.6 (1250 - 2000)	3.18						
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad.	RHW - 2 ## 1	90	Lugares secos y húmedos	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	1.14	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. [®]
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
					304 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79	
633.3 - 1013.6 (1250 - 2000)	3.18						
Silicón-FV	SA	90	Lugares secos y húmedos.	Hule Silicón	2.082 - 5.260 (14 - 10)	1.14	Malla de fibra de vidrio u otro material equivalente.
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
		125	Aplicaciones especiales #		126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
					304 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79	
633.3 - 1013.6 (1250 - 2000)	3.18						
Polímero sintético resistente al calor	SIS ##	90	Alambrado de tableros	Polímero sintético de cadena cruzada resistente al calor.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
					8.367 (8)	1.14	
					13.30 - 33.62 (6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
Termoplástico para tableros.	TT	90	Alambrado de tableros	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio y de emisión reducida de humos y gas ácido.	0.5191 - 5.260 (20 - 10)	0.76	Ninguna.

Tabla 310-13. Conductores - Aislamientos y usos (Continuación)

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Área de la sección transversal mm ² (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior®
Poltetrafluoroetileno.	TFE	250	Lugares secos. Sólo para conexiones dentro de aparatos o en canalizaciones conectadas a aparatos (Conductor de Níquel o Cobre cubierto de Níquel).	Poltetrafluoroetileno.	2.082 - 5.260 (14 - 10) 8.367 - 33.62 (8 - 2) 42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	0.51 0.76 1.14	Ninguna.
Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio.	TW*	60	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio.	2.082 - 5.260 (14 - 10) 8.367 (8) 13.30 - 33.62 (6 - 2) 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) 126.7 - 253.4 (250 - 500) 304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	0.76 1.14 1.52 2.03 2.41 2.79	Ninguna.
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	THW*&	75 90	Lugares secos y mojados. Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1 000 V o menos en circuito abierto y a áreas de secc. transversales de 2.082 a 8.367 mm ² (14 - 8AWG)	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio.	2.082 - 5.260 (14 - 10) 8.367 (8) 13.30 - 33.62 (6 - 2) 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) 126.7 - 253.4 (250 - 500) 304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	0.76 1.14 1.52 2.03 2.41 2.79	Ninguna.
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	THW - LS*&	75 90	Lugares secos y mojados. Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1 000 V o menos en circuito y a áreas de las secciones transversales de 2.082 a 8.367 mm ² (14 - 8)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio y de emisión reducida de humos y gas ácido.	2.082 - 5.260 (14 - 10) 8.367 (8) 13.30 - 33.62 (6 - 2) 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) 126.7 - 253.4 (250 - 500) 304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	0.76 1.14 1.52 2.03 2.41 2.79	Ninguna.

Tabla 310-13. Conductores - Aislamientos y usos. (Continuación)

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Área de la sección transversal mm ² (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior®
Termoplástico resistente a la humedad, a la propagación de incendio.	THHW * &	75	Lugares secos y mojados.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
					8.367 (.8)	1.14	
					13.30 - 33.62 (6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79						
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	THHW-LS * &	75	Lugares mojados.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
					8.367 (.8)	1.14	
					13.30 - 33.62 (6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79						
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	THWN * &	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	2.082 - 3.307 (14 - 12)	0.38	Cubierta de nylon o equivalente.
					5.26 (.10)	0.51	
					8.367 - 13.30 (8 - 6)	0.76	
					21.15 - 33.62 (4 - 2)	1.02	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	1.27	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	1.52	
					304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	1.78	
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama.	THHN * &	90	Lugares secos	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama.	2.082 - 3.307 (14 - 12)	0.38	Cubierta de nylon o equivalente.
					5.26 (.10)	0.51	
					8.367 - 13.30 (8 - 6)	0.76	
					21.15 - 33.62 (4 - 2)	1.02	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	1.27	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	1.52	
					304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	1.78	

Tabla 310-13 Conductores - Aislamientos y usos. (Continuación)

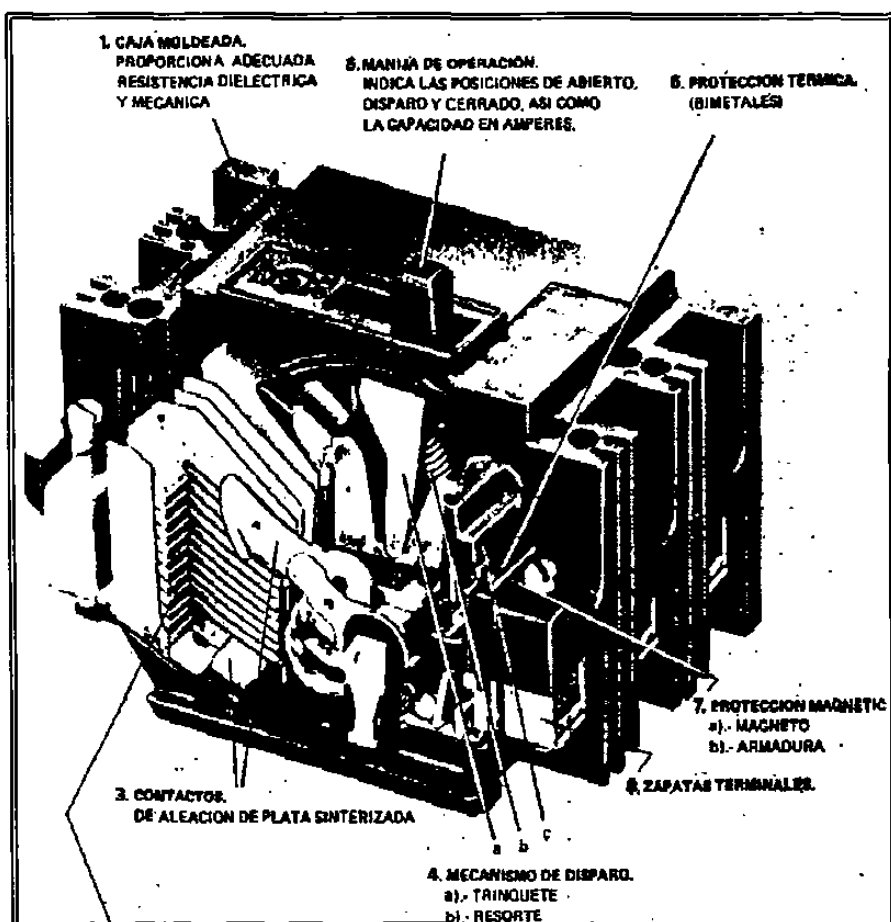
Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Área de la sección transversal mm ² (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior®
Cable monoconductor para circuitos alimentadores o derivados, subterráneos.	UF	60	Circuito alimentadores o derivados, subterráneos. Véase Artículo 339. Para cables Tipo UF de más de un conductor, véase Artículo 339.	Resistente a la humedad.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	1.52	Cubierta integral con el aislamiento.
		75	Para límites de capacidad de corriente véase la Sección 339 - 5.	Resistente al calor y humedad.	8.367 - 33.62 (8 - 2) 42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03 2.41	
Cable monoconductor para acometida subterránea.	USE	75	Acometida subterránea. Ver artículo 338. Para cables Tipo USE de más de un conductor, véase Artículo 338.	Resistente al calor y humedad.	3.307 - 5.260 (12 - 10)	1.14	Cubierta no metálica, resistente al calor y humedad. Véase la sección 338 - 1 (b).
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
					304 - 506.7 (600 - 1000)	2.79	
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor.	XHHW ##	90	Lugares secos o húmedos	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	1.14	
		75	Lugares mojados.		42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	1.4	
		126.7 - 253.4 (250 - 500)	1.65				
304.0 - 506.7 (600 - 1000)	2.03						
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor.	XHHW-2 ##	90	Lugares secos y mojados.	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	1.14	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	1.4	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	1.65	
304.0 - 506.7 (600 - 1000)	2.03						

Capítulo 7. Dispositivos de protección

7.1. Interruptor termomagnético

Sus componentes principales son:

- 1) Caja moldeada.
- 2) Unidad de disparo.
- 3) Mecanismo de operación.
- 4) Cámaras de arqueo.
- 5) Zapatas terminales.



A. Caja moldeada

Suministra aislamiento a los componentes internos del interruptor, ofreciendo de esta manera las características de “frente muerto” es decir que no se expone al personal al contacto de partes vivas del aparato.

Esta fabricado de resina poliéster de lo cual proporciona adecuada capacidad dieléctrica y resistencia mecánica.

Lo compacto del diseño IEM permite considerable ahorro de espacio en su instalación.

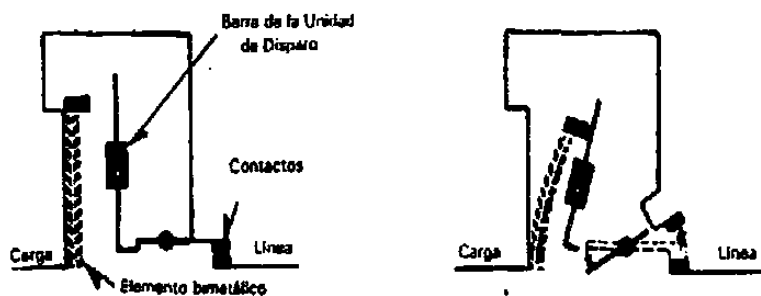
B. Unidad de disparo

La protección de los circuitos se efectúa dependiendo del tipo de acción de disparo.

- * Térmica
- * Magnética

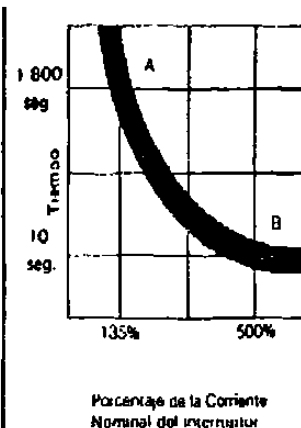
Acción de disparo térmica. Ofrece protección contra sobrecargas, se obtiene mediante el empleo de un elemento bimetálico.

Si ocurre una sobrecarga este sufrirá una deflexión, activando el mecanismo de operación. La desnivelación del bimetal ocurre debido al calor que se genera al paso de la corriente a través del bimetal (fig. 1) este dispositivo actúa mas rápidamente cuando mayor sea la sobrecarga a esto se le conoce como “curva de corriente de tiempo inverso” (fig.2).



Al ocurrir una sobrecarga el bimetálico se flexiona, abriendo los contactos del interruptor

FIG. 1



Porcentaje de la Corriente Nominal del interruptor

FIG. 2

Acción de disparo magnético

Protección contra corto circuito, se obtiene al conectar un electromagneto en serie con el dispositivo bimetalico por el cual circula corriente de carga. Cuando ocurre un corto circuito la corriente que pasa a través del interruptor activa el electroimán originando instantáneamente la apertura del circuito (fig. 3), esta acción tarda menos de un ciclo lo que lo considera instantáneo (fig. 4).

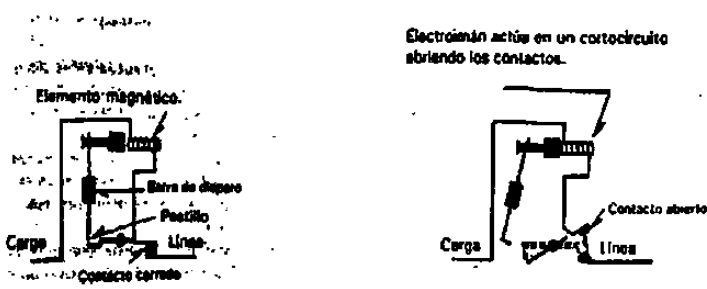


FIG. 3

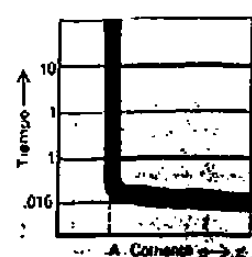


FIG. 4

Los interruptores con marco de 225 amp. Y mayores cuentan con perillas localizadas al frente, con lo que se obtiene rangos de ajuste magnético en niveles de aproximadamente 5 a 10 veces la corriente nominal del interruptor (fig. 5).

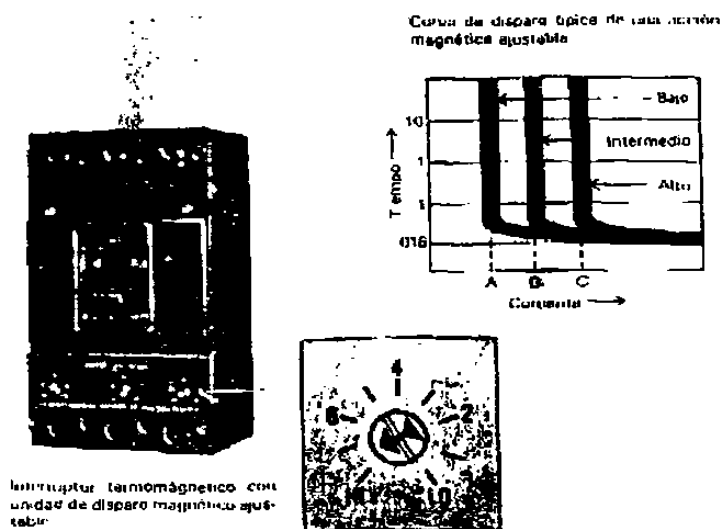


FIG. 5

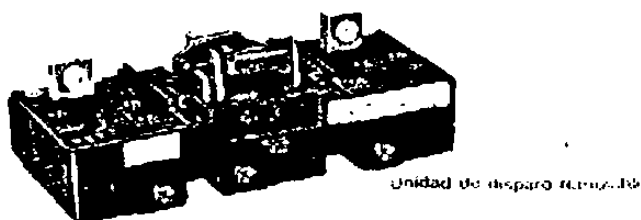


Fig. 5

La acción termomagnética es la combinación de las dos capas anteriores (fig. 6). Todo el interruptor IEM es calibrado en cada uno de sus polos de acuerdo a su curva característica (fig. 7).

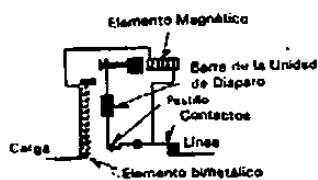


Fig. 6

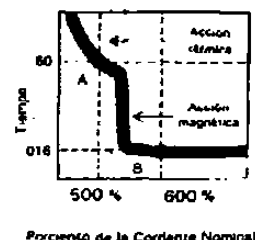


FIG. 7

FIG.6,7

3) Mecanismo de operación

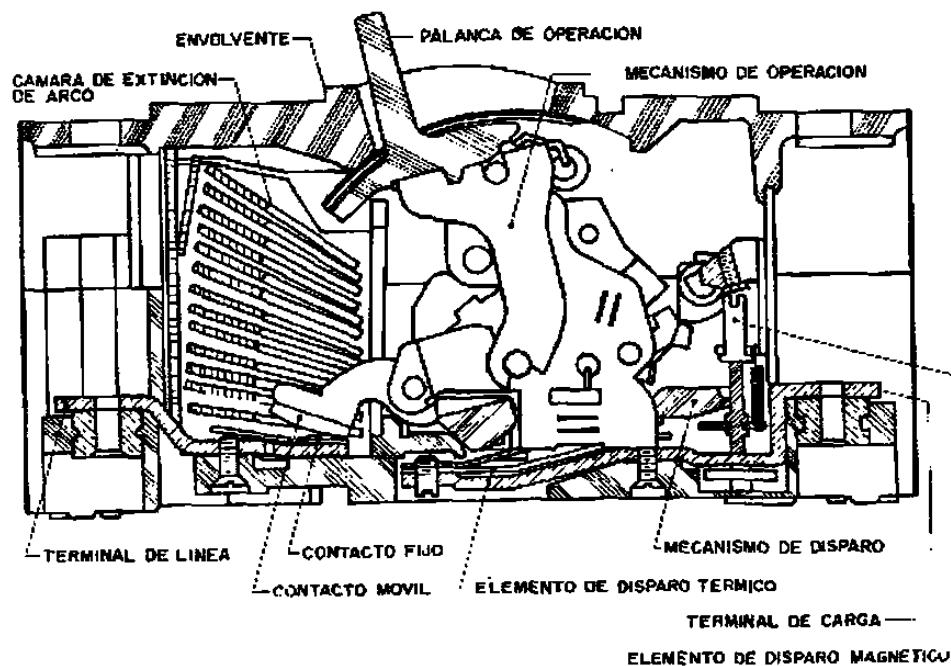
- Manual
- Automático

Sirve para abrir o cerrar los contactos del interruptor en forma manual y opera de manera automática al ocurrir una falla en este caso la manija pasa a ocupar una posición intermedia entre los puntos "abrir" y "cerrado".

En el caso del corto circuito el mecanismo se puede restablecer en forma inmediata. Cabe mencionar que el mecanismo opera aun cuando se tenga asegurada la manija de operación exterior en la posición de cerrado a esto se le denomina disparo libre. Además de indicar los puntos de abierto, cerrado y disparo lleva inscrita la capacidad nominal en amperes del interruptor.

4) Cámara de arqueo

Diseñados para suprimir el arco que se forma al abrir los contactos, durante este periodo de apertura, se induce un campo magnético en las rejillas, el cual atrae el arco original dividiéndolo en arcos pequeños que se extinguen en menos de un ciclo, además el calor generado es rápidamente disipado a través de las mismas rejillas.



5) Zapatas terminales

Tiene como finalidad conectar el interruptor tanto a la línea de alimentación como a la de carga.

Hay que destacar que el torque aplicado a la zapata sea el requerido de no ser así se presentan calentamientos, usualmente son de cobre o de aleación de aluminio.

Selección, aplicación, instalación y mantenimiento

Principales factores a considerar

- 1) Voltaje del sistema (volts)
- 2) Corriente de operación (ampere)
- 3) Capacidad interruptiva (ampere simétricos)
- 4) Frecuencia (hertz)
- 5) Número de fases (polos)
- 6) Condición de operación
- 7) Sistema de coordinación de protección
- 8) Accesorios
- 9) Dimensiones
- 10) Inspección y mantenimiento

1) Voltaje del circuito

Los interruptores deben aplicarse en sistemas eléctricos cuyos voltajes no excedan la tensión nominal o la tensión del interruptor.

2) Corriente de operación

Es la corriente máxima en régimen continuo por lo general a 40°C a la cual el interruptor trabaja sin dispararse. Para las temperaturas diferentes se efectúa el rango de condición según se muestra en la tabla.

La calibración se realiza para un funcionamiento a 40°C que es el promedio de la temperatura que se tiene en el interior de un gabinete.

En ambientes diferentes se requieren calibraciones especiales o bien la reducción de la capacidad del interruptor de acuerdo a la tabla A.

A continuación enlistamos las principales reglas de códigos y normas.

- a) **Cargas continuas.**- Se define como la corriente máxima en operación continua durante un tiempo mínimo de 3 horas.

La carga continua no deberá exceder el 80% del rango del interruptor.

Excepción (1). Cuando los conductores del circuito hallan sido modificados de acuerdo a las tablas B y C.

Excepción (2). Cuando el interruptor sea enlistado para operación continua al 100% de su rango.

- b) **Cargas continuas y no continuas.** Cuando un interruptor suministre cargas continuas o la combinación de cargas continuas y no continuas ni el dispositivo de sobrecorriente ni la capacidad de los conductores deberán ser menores a la suma de la carga no continua, mas la carga continua, mas el 25% de la carga continua.

Excepción. Cuando el interruptor esta enlistado para operación al 100% de su rango.

- c) **Aplicación para circuitos de motores.**

El motor deberá tener un rango continuo no menor al 115% de la corriente plena carga del motor.

El interruptor deberá ser capaz de conducir la corriente de arranque del motor y cumplir con los rangos de ajuste mostrados en la tabla D.

Excepción (1). Cuando los valores de la tabla D no corresponden a los tamaños estándar del interruptor se emplea el tamaño mayor.

Excepción (2). Cuando el valor especificado en la tabla D no sea suficiente para permitir la corriente de arranque.

El circuito protector de motor (MCP) se permite solo si forma parte de una combinación con arrancador que incluya la protección contra sobrecargas y no deberá ajustarse para operar a más del 1300% de la corriente a plena carga.

Es recomendable seleccionar los interruptores de acuerdo a la corriente de plena carga y a las características específicas de cada motor.

Los interruptores IEM (MCP) tienen la flexibilidad para ofrecer protección ajustable que va desde el valor de la corriente de arranque hasta los niveles máximos especificados por las normas.

La tabla E representa el código de las letras de motor a rotor bloqueado a fin de poder determinar las corrientes de arranque del motor en relación con las de plena carga.

- c) **Protección de capacitores.**- Tanto los conductores como el interruptor que alimentan a un capacitor deberán tener como mínimo el 135% de rango del capacitor, aun es recomendable la selección al 150% a fin de permitir los transitorios existentes durante el cierre y apertura del circuito, así como posibles sobrecorrientes.

Para aplicaciones en temperaturas mayores a 40°C deberán consultar a la tabla A.

- e) **Protector de transformadores.-** Se recomienda proteger el lado primario y el secundario por medio de interruptores con rango máximo del 125% de la corriente nominal.

Excepción. Cuando el 125% no corresponda a la capacidad nominal del interruptor, se permite el próximo valor mas alto.

3) Capacidad interruptiva.

Se define como la corriente de falla máxima que el interruptor puede eliminar sin ser dañado. Esta en función de la impedancia y capacidad del transformador de la distancia entre este y el punto donde se localice el interruptor del calibre de los conductores y de la contribución de los motores ya que actúan como generadores en los primeros ciclos de falla. Podemos decir que la capacidad interruptiva debe ser igual o mayor a la corriente de corto circuito calculada. En la tabla de selección general se muestran todos los valores de capacidad interruptiva.

4) Frecuencia

Los interruptores IEM se aplican en frecuencia de 50/60 y 120Hz sin necesidad de reducir o bien calibrarlos especialmente. Para frecuencias mayores, hasta 400Hz (comúnmente utilizados en sistemas de computación) se reduce tanto la capacidad como la capacidad interruptiva (ver tabla F) debido al incremento de resistencia resultante por calentamiento producidos por el efecto de la corriente del estado y las perdidas en el hierro. Para este caso será necesario realizar una calibración especial o reducir la capacidad interruptiva.

Nuestros dispositivos tienen la característica de emplearse también en corrientes rectas a excepción de los marcos NB y PB los cuales tienen en su unidad de disparo transformadores de corriente a fin de poder utilizar bimetales adecuados para la protección térmica. Por lo que solamente puede aplicarse en corriente directa para protección exclusivamente magnética o como de conector no automático.

5) Número de fases (polos)

Son las fases activas del sistema y sirve de base para determinar el número de polos del interruptor; siendo los más comunes de 1, 2 ó 3 polos.

6) Condiciones de operación

- a) Temperatura ambiente alta
 - b) Corrosión húmeda
 - c) Altitud
 - d) Posición de montaje
 - e) Servicio interior y exterior
- a) Debido a que los interruptores termomagnéticos son sensibles a la temperatura ambiente se calibra a 40° C, por lo que la presencia de temperaturas mayores originará que el interruptor conduzca una corriente menor a la de su capacidad nominal. De igual manera, la capacidad de un conductor esta basada en una temperatura ambiente de 30° C (temperatura ambiente del aire) por lo que en ambientes más altos se reducirá su capacidad según se aprecia en la tabla B y C, como se observa de la información anterior, la reducción de la capacidad del interruptor y de los conductores son similares, por lo que para estos casos se obtiene protección más adecuada utilizando interruptores de

ambiente no compensado. Es importante de considerar que de presentarse altas temperaturas, el dispositivo de sobrecorriente deberá seleccionarse de mayor capacidad (tabla A) y aplicar a los conductores el factor de corrección (tabla C).

- b) Se recomienda aplicar un tratamiento espacial a los interruptores que estén en contacto con ambientes húmedos o corrosivos.
- c) Cuando se instalan los interruptores en altitud mayor a 6000 pies (1830m) es necesario considerar una reducción en las capacidades interruptivas y conductivas del interruptor. Esto es debido a que baja la densidad del aire, no permitiendo disipar el calor existente en las partes conductoras. También disminuye la capacidad dieléctrica y no soporta los mismos niveles de voltaje como ocurre bajo presión atmosférica normal.
- d) Los interruptores tienen la posibilidad de montaje vertical ú horizontal sin que se afecten sus características de disparo o capacidad interruptiva.
- e) Se debe tener en cuenta el lugar de instalación a fin de seleccionar el gabinete correcto, siendo los más comunes:

NEMA 1. Servicio Interior (Usos Generales)

NEMA 12. Servicio Interior (A Prueba de polvo)

NEMA 3R. Servicio Exterior (Intemperie).

7) Sistemas coordinados de protección

Cuando en un sistema se cuenta con diversos dispositivos de protección, es conveniente contar con las curvas características de los interruptores a fin de evitar disparos no deseados y obtener una adecuada coordinación. Estas curvas representan los límites de disparo de sobrecorriente a una temperatura ambiente determinada (normalmente a 40 °C) .

La parte superior izquierda muestra el disparo con retardo a tiempo inverso debido a la acción térmica y el segmento inferior derecho representa la acción instantánea de disparo magnético; si este es ajustable se apreciarán estos límites en su curva respectiva.

8) Accesorios

Se aplican cuando se desee contar con medios de control, señalización, alarma y protección por bajo voltaje, se instalan en el interior de los interruptores.

9) Dimensiones

Son indispensables cuando se planea montar el interruptor en gabinetes, tableros o maquinaria en general. Una especificación de se inicia con lo cual el fabricante de equipo original o tablerista podrá seleccionar el equipo que mejor le cubra sus requerimientos.

10) Inspección y mantenimiento

La experiencia nos enseña que los interruptores en caja moldeada requieren un mínimo de mantenimiento. De cualquier forma a continuación presentamos las recomendaciones más útiles a fin de obtener un excelente servicio y una larga vida de nuestros equipos:

- * Al instalar un nuevo interruptor o después de ocurrir una falla, verifique que exista la continuidad en cada una de las fases al cerrar otra vez los contactos de fuerza y de que no se tenga conductividad con el interruptor abierto.

- * Opere el interruptor abriéndolo y cerrándolo 5 ó 6 veces asegurándose de que el mecanismo no se trabe. Después de algunos meses repita esta acción periódicamente de manera que se eliminen las impurezas que pudieran acumularse en los contactos principales.
- * Mida el voltaje de operación y cerciórese de que sea el correcto.
- * Examine que los datos, como son tipo de amperaje nominal, sean los seleccionados al especificar el interruptor.
- * Si el interruptor cuenta con accesorios, vea que estos funcionen de acuerdo con sus respectivos circuitos de protección, control o señalización.
- * Con el interruptor trabajando bajo condiciones normales, coloque la palma de la mano sobre la superficie y si no es posible mantener el contacto por mas de tres segundos (debido a la temperatura elevada), puede ser la indicación de que exista un problema, por lo que será necesario investigarlo.
- * Frecuentemente se debe realizar una inspección visual en los puntos de conexión (terminales) para detectar si están oxidadas, sobre todo si se aplican en ambientes húmedos o corrosivos. También cheque los troque (aprietes) en las zapatas con lo que se evitarán disparos y daños por sobrecalentamiento.

Interruptor termomagnético de falla a tierra (GF)

El interruptor está diseñado para proteger a las personas contra riesgos potenciales de falla a tierra en equipos defectuosos y herramientas portátiles.

La NOM recomienda su uso en contactos residenciales a la intemperie, cocheras, cuarto de baño y en lugares cercanos a las albercas.

El GF cuenta con interruptores termomagnéticos de uno o dos polos con un circuito electrónico detector de fugas, que dispara al interruptor.

El GF de un polo está diseñado para usarse con circuitos de 120 vca a 2 hilos. La fig. muestra la configuración típica de alambrado.

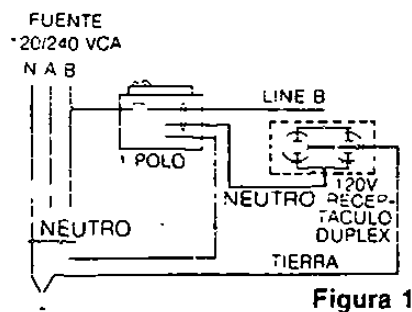


Figura 1

El GF de un polo está diseñado para uso en circuitos de 240/120 vca a 3 hilos en circuitos múltiples con neutro común a 120 vca, neutro a dos hilos y en circuitos de 240 vca de fuentes de 240/120 volts.

La fig. muestra las configuraciones típicas de alambrado para circuitos múltiples a 120 vca.

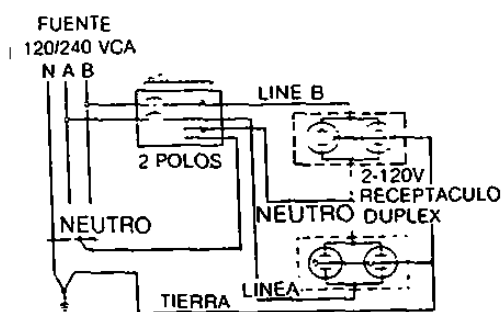


Figura 2

La siguiente fig. representa un circuito de 240 volts a 2 hilos.

Nota: El conductor al neutro del tablero conecta a la barra neutra aún cuando el neutro no se incluya en el circuito de carga, esta conexión es necesaria para suministrar la fuente de 120 vca al circuito de falla a tierra.

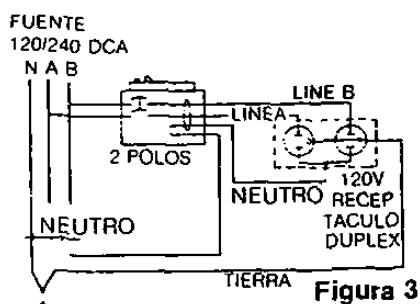


Figura 3

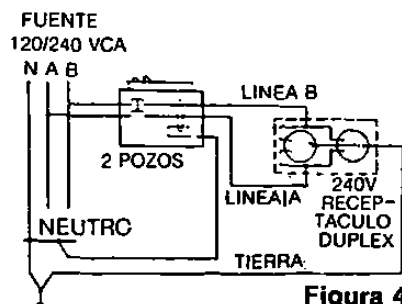


Figura 4

Las fig. se muestran con fuentes de 240/120 volts, 1 fase a 3 hilos, pero también se aplican a fuentes de 220/127volts, 3 fases, 4 hilos. En todas las fig. La operación eléctrica del GF no está afectada por el equipo de tierra.

Interruptores de seguridad

(tipo navaja con y sin portafusibles)

Características generales

Descripción

El interruptor de seguridad tipo navaja con fusibles se recomienda como un dispositivo de protección y desconexión de circuitos eléctricos.

Aplicación

Servicio ligero: Interruptores diseñados para aplicaciones donde el número de operaciones no es frecuente, se recomiendan estos interruptores para residencias, edificios, comercios, talleres, etc. proveen un medio seguro para desconectar una carga o abrir un circuito. provistos de fusibles, protegen contra sobrecargas y circuito corto.

Servicio pesado: Los interruptores para servicio pesado están diseñados para aplicaciones donde el número de operaciones es muy frecuente y el requisito de seguridad, funcionamiento y continuidad es muy importante; se recomiendan para aplicaciones comerciales, industriales, hospitales, servicios públicos, etc. proveen un medio seguro para desconectar una carga o abrir un circuito, provistos de fusibles protegen de sobrecargas y circuito corto.

Doble tiro: Los interruptores de doble tiro están diseñados para transferir el suministro de energía a una carga de una fuente a otra cuando se tienen dos fuentes de alimentación distintas; también se usan para alimentar a uno u otro

circuito de la misma fuente de energía, o para invertir la rotación de fases, etc. son usados en residencias, comercios e industrias, etc. se fabrican con y sin portafusibles; provistos de fusibles protegen de sobrecargas y circuito corto.

Capacidades: Los interruptores para servicio ligero se fabrican de 30 a 200 amperes y 240 volts C.A. máximos; los de servicio pesado se fabrican de 400 a 1200 amperes para 240 volts C.A. y de 30 a 1200 amperes para 600 volts C.A. máximos.

Construcción: Navajas visibles para una indicación positiva de apertura, portafusibles con resortes para reforzar las áreas de contacto.

Supresor de arco. Todos los interruptores para 600 volts y doble tiro van provistos de supresores de arco, excepto el de dos polos 30 amperes.

Nota: tanto los interruptores como sus gabinetes cubren todas las disposiciones de las normas nacionales.

Descripción simplificada de los diferentes tipos de caja o gabinete según designaciones de NOM.

Definición.- Gabinete.- Es un recinto o recipiente, que rodeo o alojo un equipo eléctrico, con el fin de protegerlos contra las condiciones externas y con objeto de prevenir a las personas de contacto accidental con partes vivas.

tipo 1.- Usos generales.- Diseñado para uso en interiores, en oreas donde no existen condiciones especiales de servicio, y proteger el contacto accidental de personas con el equipo protegido.

- tipo 2.- A prueba de goteo.-** Diseñado para uso en interiores, proteger el equipo contra goteo de líquidos no corrosivos y contra la salpicadura de lodos.
- Tipo 3.- Para servicio intemperie.-** Diseñado para uso en exteriores y proteger el equipo que encierran contra tolvaneras y aire húmedo. gabinete metálico resistente a la corrosión.
- Tipo 3r.- A prueba de lluvia.-** Diseñado para uso en exteriores y proteger el equipo que encierran contra la lluvia. gabinete ó 3ll metálico resistente a la corrosión.
- Tipo 4.- Hermético al agua y al polvo.-** Diseñado para equipo expuesto directamente a severas condensaciones externos. salpicaduras de agua o chorro de manguera.
- Tipo 4x.- Hermético al agua. polvo y resistente a la corrosión.-** Debe cumplir con los mismos requisitos que se indican para gabinetes tipo 4, y además ser resistentes a la corrosión (con acabado especial para resistir corrosión o gabinete hecho de poliester.
- Tipo 5.- Hermético al polvo.-** Reemplazado por el tipo 12 (según nema).
- Tipo 6.- Sumergible, hermético al agua y al polvo.-** Diseñado para uso en interiores y exteriores, en caso de inmersión ocasional. calda de chorros directos de agua, polvos o pelusas.
- Tipo 7.- A prueba de gases explosivos.-** (equipo encerrado en aire). Diseñado para uso en atmósferas peligrosas clase 1 grupos B, C o D ver (NTIE) y soportar una explosión interna sin causar peligros externos.

- Tipo 8.- A prueba de gases explosivos.-** (equipo encerrado en aceite). Diseñado por el mismo fin que el tipo 7 pero su equipo trabaja sumergido en aceite y evitar cualquier posibilidad de chispas que se produzcan, arriba del aceite.
- Tipo 9.- A prueba de polvos explosivos.-** (equipo encerrado en aire). Diseñado para uso en atmósfera peligrosas clase II Grupos E, F y G. ver (NTIE) y evitar el ingreso de cantidades peligrosas de polvos explosivos.
- Tipo 10.- Para uso en minas.-** Diseñado para uso en minas, cumpliendo los requisitos para atmósferas que contienen mezclas de metano y aire. gabinete a prueba de explosión con juntas y seguros adecuados.
- Tipo 11.- Resistente a la corrosión.-** (equipo encerrado en aceite). Diseñado para proteger al equipo contra condensos. clones externas de líquidos corrosivos, humos y gases corrosivos. gabinete resistente a la corrosión.
- Tipo 12.- Uso industrial, hermético al polvo y al goteo.-** Diseñado para uso en interiores y proteger el equipo contra fibras, insectos, pelusas, polvos, salpicaduras ligeras, goteos y condensaciones externas de líquidos.
- Tipo 13.- Uso industrial, hermético al aceite y al polvo.-** Diseñado para uso en interiores y proteger el equipo contra aceites, líquidos refrigerantes y polvos principalmente en gabinetes de dispositivos piloto para máquinas herramienta.

Interruptores de seguridad
(tipo navaja con y sin portafusibles)

Tabla para selección de interruptores tipo fusibles en aplicación de protección a motores individuales

Motor CP	Corriente a plena carga A	Calibre mínimo de conductores Tipo		Fusible e interruptor recomendado para aplicación en motores		Motor CP	Corriente a plena carga A	Calibre mínimo de conductores Tipo		Fusible e interruptor recomendado para aplicación en motores	
		60° AWG o MCM	75° AWG o MCM	Fusible doble Elemento A	Interruptor tipo pesado A			60° A W G o M C M	75° A W G o M C M	Fusible doble Elemento A	Interruptor tipo pesado A
		MOTORES MONOFASICOS 127 VCA 60Hz						MOTORES TRIFASICOS 220 VCA 60Hz			
1/8	4.0	14	14	7	30	10	29.0	8	8	40	60
1/4	5.3	14	14	9	30	15	44.0	6	6	60	60
1/3	6.5	14	14	10	30	20	56.0	4	4	80	100
1/2	8.9	14	14	15	30	25	71.0	2	3	100	100
3/4	11.5			17.5	30	30	84.0	1	2	100	100
1	14.0	12	12	25	30	40	109.0	00	0	150	200
1 1/2	18.0	10	14	25	30	50	136.0	0000	00	200	200
2	22.0	10	10	30	30	60	161.0	250 M	0000	200	200
3	31.0	8	8	50	60	75	201.0	350 M	250 M	300	400
5	51.0	4	6	70	100	100	259.0	600 M	400 M	350	400
7 1/2	72.0	2	3	100	100	125	326.0	2-250 M	2-4/0	400	400
10	91.0	2			100	150	376.0	2-300 M	2-250 M	500	600
						200	502.0	2-500 M	2-400 M	600	600
MOTORES MONOFASICOS 220 VCA 60Hz						MOTORES TRIFASICOS 440 VCA 60Hz					
1/8	2.3	14	14	3.5	30	1/2	1.0	14	14	1.6	30
1/4	3.0	14	14	4.5	30	3/4	1.5	14	14	2.25	30
1/3	3.8	14	14	6.25	30	1	1.9	14	14	2.8	30
1/2	5.1	14	14	8	30	1 1/2	2.7	14	14	4.0	30
3/4	7.2	14	14	12	30	2	3.6	14	14	5.6	30
1	8.4	14	14	15	30	3	5.0	14	14	8.0	30
1 1/2	10.0	14	14	15	30	5	7.9	14	14	12.0	30
2	13.0	12	12	17.5	30	7 1/2	11.0	14	14	17.5	30
3	18.0	10	10	25	30	10	15.0	12	12	20.0	30
5	29.0	8	8	40	60	15	22.0	10	10	30.0	30
7 1/2	42.0	6	6	60	60	20	28.0	8	8	40.0	60
10	52.0	4	6	70	100	25	36.0	6	8	50.0	60
MOTORES TRIFASICOS 220 VCA 60Hz						30	42.0	6	6	60.0	60
1/2	2.1	14	14	3.2	30	40	54.0	4	4	80.0	100
3/4	2.9	14	14	4.5	30	50	68.0	3	4	100.0	100
1	3.8	14	14	5.6	30	60	80.0	1	3	100.0	100
1 1/2	5.4	14	14	8	30	75	100.0	0	1	150.0	200
2	7.1	14	14	10	30	100	130.0	000	00	175.0	200
3	10.0	14	14	15	30	125	163.0	250 M	0000	200.0	200
5	15.9	12	12	25	30	150	188.0	300 M	250 M	250.0	400
7 1/2	23.0	10	10	30	30	200	251.0	500 M	400 M	350.0	400

Corriente Nominal Amperes	Un Polo	Dos Polos Disparo Común	Tres Polos Disparo Común	Calibre Conductor		Temp. Conductor
	No. Catálogo	No. Catálogo	No. Catálogo	Al	Cu	

QOB ATORNILLABLE

	120/240 V~ -10 000 A rcm sim. 48V~ -5 000 A rcm sim	120/240 V~ -10 000 A rcm sim. 48V~ -5 000 A rcm sim.	240V~ -10 000 A rcm sim. 48V~ -5 000 A rcm sim.			
10	QOB110	QOB210	QOB310	#12-#8	#14-#8	60/75°C
15	QOB115	QOB215	QOB315	...	(2) #14-#10	60/75°C
20	QOB120	QOB220	QOB320	...	(2) #14-#10	60/75°C
30	QOB130	QOB230	QOB330	#12-#8	#14-#8	60/75°C
40	QOB140	QOB240	QOB340	#8-#2	#8-#2	75°C
50	QOB150	QOB250	QOB350	#8-#2	#8-#2	75°C
70	QOB170	QOB270	QOB370	#8-#2	#8-#2	75°C
100	...	QOB2100	QOB3100	#4-2/0	#4-2/0	75°C

QOB-HID ATORNILLABLE

Estos interruptores se utilizan en sistemas de alumbrado de alta intensidad de descarga y circuitos de alimentación fluorescente, lámparas de vapor de mercurio o sodio en alta presión. Estos interruptores son físicamente intercambiables con los interruptores QO.

	120/240 V~ -10 000 A rcm sim.	240 V~ -10 000 A rcm sim.	240 V~ -10 000 A rcm sim.			
15	QOB115HID	QOB215HID	QOB315HID	...	(2) #14-#8	60/75°C
20	QOB120HID	QOB220HID	QOB320HID	...	#14-#8	60/75°C
25	QOB125HID	QOB225HID	QOB325HID	#12-#8	#14-#8	60/75°C
30	QOB130HID	QOB230HID	QOB330HID	#12-#8	#14-#8	60/75°C
40	QOB140HID	QOB240HID	...	#8-#2	#8-#2	75°C
50	QOB150HID	QOB250HID	...	#8-#2	#8-#2	75°C

QOB-GFI ATORNILLABLE

Interruptores Automáticos con protección de falla a tierra Clase A. Equipo de protección a usuario de 4 a 6 mA.

	120 V~ -10 000 A rcm sim.	120/240 V~ -10 000 A rcm sim.				
15	QOB115GFI	QOB215GFI	...	#12-#8	#14-#8	60/75°C
20	QOB120GFI	QOB220GFI	...	#12-#8	#14-#8	60/75°C
25	QOB125GFI	QOB225GFI	...	#12-#8	#14-#8	60/75°C
30	QOB130GFI	QOB230GFI	...	#12-#8	#14-#8	60/75°C
40	...	QOB240GFI	...	#8-#4	#8-#4	75°C
50	...	QOB250GFI	...	#8-#4	#8-#4	75°C
60	...	QOB260GFI	...	...	#8-#4	75°C

Tableros NQOD

Con Interruptor Principal – Acepta Interruptores Atornillables o Enchufables

No. de Polos	Principal Cap. Max.	Interior	Caja	Fronte (F/S)*	Accesorio Interruptor Automático Principal	Interruptor Automático Principal	Tablero Ensamblado*
		No. Catálogo	No. Catálogo	No. Catálogo	No. Catálogo	No. Catálogo	No. Catálogo

1 Fase 3 Hilos, 508 mm (20") Ancho del Gabinete

12	100	NQOD12M100CU	MH23	MHC23		QOB Incluido en Interior	NQOD12-3AB12
20		NQOD20M100CU	MH26	MHC26			NQOD20-3AB12
30	225	NQOD30L225CU	MH44	MHC44	NQODKA	KAL36225	NQOD30-3AB22
42		NQOD42L225CU	MH50	MHC50	NQODKA		NQOD42-3AB22
54		NQOD54L225CU	MH56	MHC56	NQODKA		NQOD54-3AB22
30	400	NQOD30L400CU	MH65	MHC65V	NQOD4	LAL36400	NQOD30-3AB42
42		NQOD42L400CU	MH68	MHC68V	NQOD4		NQOD42-3AB42
54		NQOD54L400CU	MH74	MHC74V	NQOD4		NQOD54-3AB42

3 Fases 4 Hilos, 508 mm (20") Ancho del Gabinete

12	100	NQOD412M100CU	MH23	MHC23		QOB Incluido en Interior	NQOD12-4AB12
24		NQOD424M100CU	MH26	MHC26			NQOD24-4AB12
30		NQOD430M100CU	MH29	MHC29			NQOD30-4AB12
30	225	NQOD430L225CU	MH44	MHC44	NQODKA	KAL36225	NQOD30-4AB22
42		NQOD442L225CU	MH50	MHC50	NQODKA		NQOD42-4AB22
54		NQOD454L225CU	MH56	MHC56	NQODKA		NQOD54-4AB22
30	400	NQOD430L400CU	MH65	MHC65V	NQOD4	LAL36400	NQOD30-4AB42
42		NQOD442L400CU	MH68	MHC68V	NQOD4		NQOD42-4AB42
54		NQOD454L400CU	MH74	MHC74V	NQOD4		NQOD54-4AB42

**Tablas de Selección
Servicio Pesado**

Sistema	Amps.	NEMA Tipo 1 Interior	NEMA Tipo 3R A Prueba de Lluvia	NEMA Tipo 12K con Discos Removibles	NEMA Tipo 12, 3R sin Discos
		No. Catálogo	No. Catálogo	No. Catálogo	No. Catálogo

3 Polos - 240 Vca con Portafusibles

	30	H321N	H321NRB	H321A	...
	60	H322N	H322NRB	H322A	...
	100	H323N	H323NRB	H323A	...
	200	H324N	H324NRB	H324A	...
	400	H325	H325R	...	H325AWK
	600	H326	H326R	...	H326AWK
	800	H327	H327R	...	...
	1200	H328	H328R	...	...

3 Polos - 600 Vca con Portafusibles

	30	H361	H361RB	H361DS	H361A
	60	H362	H362RB	H362DS	H362A
	100	H363	H363RB	H363DS	H363A
	200	H364	H364RB	H364DS	H364A
	400	H365	H365R	H365DS	H365AWK
	600	H366	H366R	H366DS	H366AWK
	800	H367	H367R	...	...
	1200	H368	H368R	...	...

Interruptores para Tableros de Alumbrado y Distribución

Marco del Interruptor	No. de Polos	Rango de Capacidades	Capacidad Interruptiva de Cortocircuito A - rcm Simétricos										
			V~							V=			
			120	120/240	240	277	480Y/277	480	600	48	125	250	
QO/QOB	1	10-70	10k	10k	...	...	...	...	...	...	5k	...	...
	2	10-125	10k	10k	...	...	...	...	...	...	5k	...	...
	3	10-100	10k	10k	10k	...	...	...	...	...	5k	...	...
QO-GFI/QOB-GFI	1	15-30	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	2	15-60	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Q2	2	100-225	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	3	100-225	10k	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...
Q4	2	250-400	25k	25k	25k	...	...	...	...	...	...	...	...
	3	250-400	25k	25k	25k	...	...	...	...	...	...	...	...
FY	1	15-30	18k	14k	14k	14k	...	...	...	...	...	...	...
FA 240V	1	15-100	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	2	15-100	10k	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...
	3	15-100	10k	10k	10k	...	...	...	...	...	...	...	...
FA 480V	1	15-100	25k	25k	18k	18k	18k	...	...	...	10k	...	...
	2	15-100	25k	25k	25k	25k	18k	18k	...	...	...	...	10k
	3	15-100	25k	25k	25k	...	18k	18k	18k	...	...	...	10k
FA 600V	2	15-100	25k	25k	25k	...	18k	18k	14k	...	10k	...	10k
	3	15-100	25k	25k	25k	...	18k	18k	14k	...	10k	...	10k
FH	1	15-30	65k	65k	65k	65k	65k	...	...	...	10k	...	...
	1	35-100	65k	65k	25k	25k	25k	...	...	...	10k	...	10k
	2, 3	15-100	65k	65k	65k	...	25k	25k	18k	...	...	...	...
KA	2, 3	70-250	42k	42k	42k	...	25k	25k	22k	...	10k	...	10k
KH	2, 3	70-250	65k	65k	65k	...	35k	35k	25k	...	...	...	...
LA	2, 3	125-400	42k	42k	42k	...	30k	30k	22k	...	10k	...	10k
LH	2, 3	125-400	65k	65k	65k	...	35k	35k	25k	...	...	...	...
MA	2, 3	300-1000	42k	42k	42k	...	30k	30k	22k	...	14k	...	14k
	2, 3	300-800	42k	42k	42k	...	30k	30k	22k	...	14k	...	14k
MH	2, 3	300-1000	65k	65k	65k	...	65k	65k	25k	...	14k	...	14k
	2, 3	300-800	65k	65k	65k	...	65k	65k	25k	...	14k	...	14k
NA	2, 3	600-1200	100k	100k	100k	...	50k	50k	25k	...	...	...	...
NC	2, 3	600-1200	125k	125k	125k	...	100k	100k	65k	...	...	...	...

Capítulo 8 Instalaciones Eléctricas residenciales y Comerciales

8.1 Introducción

La determinación de las características de cada uno de los componentes de las instalaciones eléctricas residenciales forma parte del proyecto de las mismas. A partir de estos cálculos se obtiene tales características, pero también se tiene información necesaria para evaluar la cantidad de material necesario por emplear, la elaboración de presupuestos y las disposiciones reglamentarias más importantes.

El cálculo de las instalaciones eléctricas se efectúa por métodos relativamente simples, pero siempre respetando las disposiciones reglamentarias de las normas técnicas para instalaciones eléctricas (**Cap. 2, art. 200 de la NOM**). En este caso la elaboración de planos eléctricos es un punto de partida para el proyecto de detalle, en donde lo estudiado en los capítulos anteriores tiene aplicación directa en cuanto a simbología,, técnicas de alambrado y detalles se refiere.

8.2 Determinación de los requisitos para una instalación eléctrica

Como ya se mencionó, el punto de partida para el calcular una instalación eléctrica residencial es el plano arquitectónico de planta en donde se muestren todas las áreas de que consta la casa-habitación a escala o acotadas, es decir, se debe indicar el número de recámaras y su disposición, sala, comedor, pasillos, cocina, baños, cochera, patio, áreas de jardines, piscina, etc. Todo esto varía dependiendo del tipo de casa- habitación ya que, por ejemplo, en un

departamento de un edificio multifamiliar no se tienen las mismas necesidades que en una casa unifamiliar independiente.

La determinación de las necesidades de cada una de las áreas que constituyen una casa habitación se puede hacer sobre la base de las necesidades típicas de tipo eléctrico que se deban satisfacer y tomando en consideración requerimientos específicos del diseño de la casa- habitación o la dependencia encargada de financiar la construcción en el caso de los multifamiliares. Como una idea general de los requerimientos básicos se puede mencionar lo siguiente:

Cocina. Por lo general, alumbrado incandescente se deben proveer salidas para contactos en donde se conectarán aparatos eléctricos como: refrigerador, licuadora, tostador de pan, cafetera eléctrica y otros aparatos eléctricos. En cierto tipo de casas habitación se pueden instalar algunos aparatos eléctricos no muy comunes como son lavadoras de platos, procesadora de desperdicios, etc., para los cuales se instalan contactos especiales.

Recamaras. Los servicios eléctricos normalmente requeridos en las recámaras son alumbrado incandescente y contactos para conectar aparatos como planchas, lámparas eléctricas de buró, televisores, calefactores eléctricos y aparatos similares así como salida telefónicas.

Baño. Los baños tienen salidas para alumbrado general y de espejo también puede tener un sistema extracción de aire y existen contactos (dobles) para conexión de aparatos como secadoras de pelo, rasuradoras eléctricas, tenazas de peinado, calentador de agua, etc. El alumbrado puede ser una combinación de fluorescente e incandescente

• **Sala y comedor.** En la sala y comedor se deben tener salidas para alumbrado; esto puede ser por medio de luminarias o candelabros en

algunos casos o ciertos tipos especiales de portalámparas. Además se requiere de salida para televisor y teléfono en algunos casos y desde luego de contactos para conectar aparatos eléctricos como televisores, calentadores, radios, aspiradoras, pulidoras de piso, también típicos de recámaras como requerimiento de servicios.

Pasillos. Se requiere de salidas para alumbrado, contactos para conexión de algunos aparatos como pulidoras, aspiradoras, etc., aun cuando en todos los lugares en donde existe alumbrado se menciona implícitamente a los apagadores en el caso de pasillos y escaleras, es común instalar apagadores de tres vías.

• **Cuarto de servicio.** En casas donde existe el llamado cuarto de servicio, se debe disponer en éstos de salida para alumbrado (y sus apagadores) así como contactos para cargas con radio, televisor, planchas, etc.

Patios jardines. Cuando las casas-habitación disponen de patio y/o jardín, en éstos se instala alumbrado tipo externo, así como contactos intemperie (con frecuencia a prueba de agua) para la conexión de elementos como cortadoras de césped eléctricas, taladros, cepillos, etc. Se deben disponer también de salidas especiales para conectar bombas de agua y alumbrado basándose en spots.

De los requerimientos generales como los indicados anteriormente se puede hacer una estimación general de la carga. Debe tomarse en cuenta que estos requerimientos pueden representar un mínimo, ya que siempre hay que recordar que una buena instalación eléctrica de carga adicional para requerimientos usuales como los mencionados, o bien, para cargas especiales como sistemas de aire

Acondicionado planchadoras eléctricas, procesadora de desperdicios, etc., o simplemente algunas ampliaciones convencionales.

En resumen, se debe elaborar un plano de trabajo en donde se deben indicar las necesidades que se tendrán en las distintas áreas sobre:

- Alumbrado.
- Contactos.
- Contactos en piso.
- Apagadores de 3 y 4, vías.
- Contactos controlados por apagadores.
- Contactos polarizados.
- Arbotantes de pasillos.
- Salidas para televisión y teléfono.
- Alumbrado de jardín.
- Salidas para intercomunicación.
- Salidas especiales.

En el plano de casa-habitación se debe indicar el lugar de cada uno de los elementos que formarán la instalación eléctrica residencial y a partir de esto se hace el llamado proyecto o cálculo de la instalación.

En aquellos casos en que se usen lámparas fluorescentes para alumbrado, es necesario que éstas se compren del llamado alto factor de potencia a fin de evitar usar conductores de mayor sección.

La llamada **carga continua**, que es un valor de carga cuyo valor máximo de corriente se espera que permanezca durante 3 ó 4 horas y que está alimentada por lo que se conoce como un circuito derivado, no debe de exceder al 80% de la capacidad de conducción de ese circuito derivado, con las siguientes excepciones.

- 1.- En donde la instalación, incluyendo al dispositivo de protección contra sobrecorriente ha sido diseñada para operar capacidad, la carga

continua alimentada por el circuito derivado debe ser igual a la capacidad de conducción de corriente de los conductores.

- 2.- En donde los circuitos derivados sirven para alimentar, cargas específicas en particular y los conductores operen a su capacidad de conducción de corriente para la máxima demanda.

En los párrafos anteriores se mencionó el término circuito derivado; por circuito derivado se entenderá a los receptores (lámparas, contactos, salidas especiales) y tienen como función principal dividir la carga en las distintas partes de la instalación, para individualizar los circuitos de manera que cuando ocurra una falla en uno, los otros no se afecten.

Ejemplo: Para determinar los requerimientos de una instalación residencial típica, supóngase que las dimensiones externas de una casa de una planta son 8 x 18 metros; estas dimensiones se consideran como finales, es decir, sin ampliaciones. Calcular el número de circuitos necesarios para alimentar las cargas a 127volts.

Solución:

Considerando 30 watts / m² la carga a considerar es:

$$W = 8 \times 18 \times 30 \text{ watts / m}^2 = 4320 \text{ watts.}$$

La corriente a 127 volts con alimentación monofásica es:

$$I = \frac{4320}{127} = 34.01A$$

Para fines prácticos se puede considerar 34A. Como la corriente permisible por circuito es 15 A, el número de circuitos es:

$$\#_{\text{circ}} = \frac{34}{15} = 2.26$$

Es decir, 2 circuitos, y los conductores pueden ser del número 12 awg, Porque el mínimo recomendado por la norma eléctrica para distribución eléctrica es el calibre 12awg.

8.3 Cargas en contactos para aplicaciones pequeñas.

Las cargas en contactos para las llamadas aplicaciones pequeñas no incluyen cargas fijas tal como procesadores de basura, lavadoras de platos y aparatos similares. Para las cargas normales que se conectan en contactos de cocinas, salas-comedor, recámaras, etc.; se puede considerar que cada contacto debe ser capaz de soportar cargas hasta de 1 500 watts, por lo que se pueden considerar circuitos para 15 A.

De acuerdo con los párrafos anteriores, en el cálculo de la instalación eléctrica se deben considerar los siguientes puntos:

1. Determinación de la carga general.
2. Determinación del número de circuitos y división de los mismos en función de las necesidades de la instalación.
3. Que las salidas de alumbrado y contactos no sean rayones de 2 watts que es el valor recomendado.
4. La máxima caída de voltaje permisible.
5. Que el material por emplear sea el adecuado en cada caso a las necesidades del proyecto.

Con relación a las cargas eléctricas las especificaciones técnicas para instalaciones eléctricas dan las siguientes definiciones:

- **Carga eléctrica.** Es la potencia que demanda en un momento dado un aparato o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico; se debe señalar que la carga, dependiendo del tipo de servicio, puede variar con el tiempo.
- **Carga conectada.** Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y máquinas que consumen energía eléctrica y que están conectados a un circuito o un sistema.
- **Carga continua.** Es la carga cuyo máximo valor de corriente, se espera que se conserve durante 3 horas o más.

8.4 Circuitos derivados y alimentadores

8.4.1 Circuito derivado

El circuito derivado en una instalación eléctrica se define como el conjunto de conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extiende desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hasta las salidas de las cargas (Art. 210, 215 y 220 de la NOM).

8.4.2 Circuito derivado individual

Es un circuito derivado que alimenta a un solo equipo de utilización como un aparato o un motor que por su tamaño requerirá de alimentación individual.

8.4.3 Clasificación de circuitos derivados.

Los circuitos derivados se clasifican de acuerdo con la capacidad o ajuste de dispositivo de protección contra sobrecorriente, el cual determina la capacidad nominal del circuito, aunque por alguna circunstancia se usaran conductores de mayor capacidad.

Los circuitos derivados que alimentan varias carga 20, 30, 40 y 50 amperes. Cuando las cargas individuales son mayores de 50 amperes se deben alimentar con circuitos derivados individuales.

8.4.4 Tensión máxima de los circuitos derivados

La tensión de los circuitos derivados que alimenten unidades de alumbrado y contactos de uso general no debe ser mayor de 150 volts a tierra (Art. 210-3 de la NOM). En casas habitación, cuartos de hotel, y locales similares, la tensión de los circuitos derivados que alimentan lámparas incandescentes, contactos y aparatos domésticos y comerciales menores de 1300 watts (excepto que estén conectados permanentemente) no deben ser mayor de 150 volts entre conductores.

8.4.5. Carga máxima y uso de circuitos derivados

La corriente máxima que demanda la carga total conectada no debe ser mayor que la capacidad nominal del propio circuito.

Para calcular la carga de equipos de iluminación que utilicen balastro, transformadores o autotransformadores, se debe considerar la corriente total que demanden dichos equipos y no sólo la potencia de las lámparas de los mismos. Con relación al uso de los circuitos derivados se puede mencionar lo siguiente:

- a) Los circuitos derivados de 15 y 20 amperes se pueden usar en cualquier tipo de local para alimentar unidades de alumbrado o aparatos portátiles o fijos o bien para alimentar una combinación de estas cargas.
- b) Los circuitos derivados de 30 amperes se pueden usar para alimentar unidades de alumbrado fijas en locales que no sean casas habitación o aparatos portátiles o fijos en cualquier tipo de local. Los portalámparas que se conecten a estos circuitos derivados deben ser del tipo pesado.
- c) Los circuitos derivados de 40 y 50 amperes se pueden usar para alimentar unidades de alumbrado fijas en locales que no sean casas habitación. Se deben usar portalámparas de tipo pesado.

- d) Los circuitos derivados individuales pueden alimentar cualquier tipo de carga en cualquier tipo de local y las cargas individuales mayores de 50 amperes se deben alimentar con circuitos derivados individuales.

8.5 Salidas

En una instalación eléctrica, la caja de conexiones de la cual se tome la alimentación para una o varias cargas eléctricas determinadas tales como lámparas, luminarias, contactos, motores, etc. Los dispositivos de salida son normalmente los portalámparas y contactos en el caso de las casas habitación y deben tener una capacidad no menor que la de la carga que alimenten (Art. 210-21 de la NOM) y además cumplir con lo siguiente:

i) Portalámparas. Se recomienda que los portalámparas que se conecten a circuitos derivados de más de 20 amperes sean del tipo de servicio pesado. Se considera un portalámparas de servicio pesado a los que tienen una capacidad, mayor de 60 watts.

ii) Contactos. Se recomienda que un contacto único conectado a un circuito derivado individual tenga una capacidad nominal no menor que la del circuito derivado. Los contactos que estén conectados a circuitos derivados con dos o más salidas pueden tener una capacidad nominal igual a la del circuito derivado pero no mayor.

Como una idea de la carga para una casa habitación, se pueden estimar las siguientes cargas para cada una de las áreas. Considerando un alumbrado normal y los servicios necesarios.

- Sala: de 1 000 a 2000 watts.
- Comedor: de 500 a 1000 watts.
- Recámaras: de 500 a 1000 watts.

- Cocina: de 1 000 a 2500 watts.
- Baño: de 400 a 500 watts.
- Contactos de jardín: de 1000 a 1500 watts.

En todos los casos se deben respetar Las cargas máximas permisibles ya que los alimentadores están limitados a la potencia que pueden suministrar a una carga a su corriente nominal y voltaje especificado. Por ejemplo, un alimentador de 127 volts y 15 amperes puede alimentar una carga máxima de:

$$127 \times 15 = 1905 \text{ watts.}$$

8.6 Circuitos derivados para alumbrado

Las normas técnicas [Tabla 220 – 3 (b) NOM] permiten únicamente 15 ó 20 amperes por circuito derivado para alimentar unidades de alumbrado (lámparas o luminarias) en el caso de las lámparas con portalámparas estándar. Los circuitos derivados de más de 20 amperes se permiten para alimentar unidades de alumbrado fijas con portalámparas de servicio pesado que son casos especiales de las casas habitación.

En ciertos casos se requiere determinar el número de circuitos derivados necesarios para alimentar una carga dada. El número de circuitos derivados que queda determinado por la carga es:

$$\text{Número de circuitos} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}}$$

Así, por ejemplo, un circuito de 15 amperes, 127 volts tienen una capacidad de $15 \times 127 = 1905$ watts, si el circuito está dimensionado para 20 amperes su capacidad es de $20 \times 127 = 2540$ watts.

Ejemplo: Calcular el número de circuitos derivados de 15 amperes para alimentar una carga de alumbrado de 8000 watts a 127 volts.

Solución:

Como a 15 amperes y 127 volts la capacidad por circuito derivado es de 1905 watts, el número de circuitos es:

$$\#_{\text{circ}} = \frac{8000}{1905} = 4.2 \text{ ó } 5 \text{ circuitos}$$

Suponiendo que se conoce el número y potencia probable de las lámparas y que éstas van a ser 80 lámparas de 100 watts, para calcular el número de lámparas por circuito se pueden usar los siguientes métodos:

a) Cuando se conocen los watts por lámpara y se ha determinado capacidad por circuito es:

$$\#_{\text{lám/circ}} = \frac{\text{capacidad de cada circuito en watts}}{\text{Watts por lámpara}} = \frac{1905}{100}$$

$$= 19.05 \text{ lámparas por circuito} = \text{a } 19_{\text{lám/cir}}$$

Enseguida se presenta un resumen de las reglas usadas para el cálculo de circuitos derivados:

8.6.1 Tipo de carga :iluminación general

[Tabla 210 – 22 (b) NOM]

- Método de cálculo del valor de la carga: Watts / m² o bien la carga actual si se conoce incrementada, 25% si es continua.
- Capacidad de los circuitos derivados: 15 ó 20 amperes
- Número de circuito requerido a 127 volts:
para 15 A.

$$\frac{\text{Carga total en watts}}{15\text{amp} \times 127\text{V}}$$

para 20 A

$$\frac{\text{Carga total en watts}}{20\text{amp} \times 127\text{V}}$$

8.7 Circuitos derivados para contactos

A continuación se indican las reglas establecidas para el uso de circuitos derivados que alimentan a contactos [220 – 3 (c) (6) NOM]. Para contactos de propósito general se especifica una carga de 180 watts por cada contacto sencillo o múltiple; Cuando la carga es continua los valores calculados se deben de incrementar un 25%, con esto se asegura que no exceda al 80% de la capacidad del circuito.

Tipo de carga: Contactos generales.

- Método de cálculo del valor de la carga: 180 watts por contacto o el valor real de la carga si se conoce más 25 % si es continua.
- Capacidad del circuito derivado: 15 ó 20 amperes por circuito.

- Número de circuitos requeridos: a 127 volts.

Para circuito de 15A

$$\frac{\text{Numero de contactos X 180 watts}}{15 \text{ amperes x 127 volts}}$$

Para circuitos de 20 A.

$$\frac{\text{Numero de contactos X 180 watts}}{20 \text{ amperes x 127 volts}}$$

Ejemplo: Un área cualesquiera para ser ocupada tiene la siguiente información de carga para alumbrado se tomara 20 watts/m² y contactos.

- a) Area total de 20m por 30m con 20watts / m².
- b) Se usaran lámparas incandescentes de 100watts para iluminación general.
- c) Se usaran 50 contactos duplex polarizados 127vólts.

Supóngase que se usan circuitos derivados de 15amp para todas las cargas.

Solución:

El valor usado para la carga de alumbrado es:

$$20\text{watts/m}^2 \times 30\text{mts} \times 20\text{mts} = 12000\text{watts.}$$

El número de circuitos requeridos a 127vots son:

$$I = \frac{100\text{watts}}{127\text{volts}} = 0.787\text{amp}$$

Cada uno de los circuitos de 15amp podrá alimentar al siguiente número de lámparas:

$$\#_{LAMP} = \frac{15amp}{0.787amp/lamp} = 19.05 \text{ lámparas}$$

La carga de contactos es:

$$50 \text{ contactos} \times 180 \text{ watts / contacto} = 9,000 \text{ watts}$$

El número de circuitos derivados para alimentar a los 50 contactos es:

$$\#_{circ} = \frac{\text{Carga total en watts}}{15amp \times 127volts} = \frac{9000w}{15 \times 127} = 4.72 \text{ ó } 5 \text{ circ}$$

La instalación eléctrica tendrá en total 12 circuitos derivados, 7 para alumbrado general y 5 para contactos de servicio.

Ejemplo: Para el plano de la casa habitación mostrado en la sig. figura, calcular la carga conectada y el número de circuitos requeridos e indicar un arreglo de alambrado de lámparas y contactos.

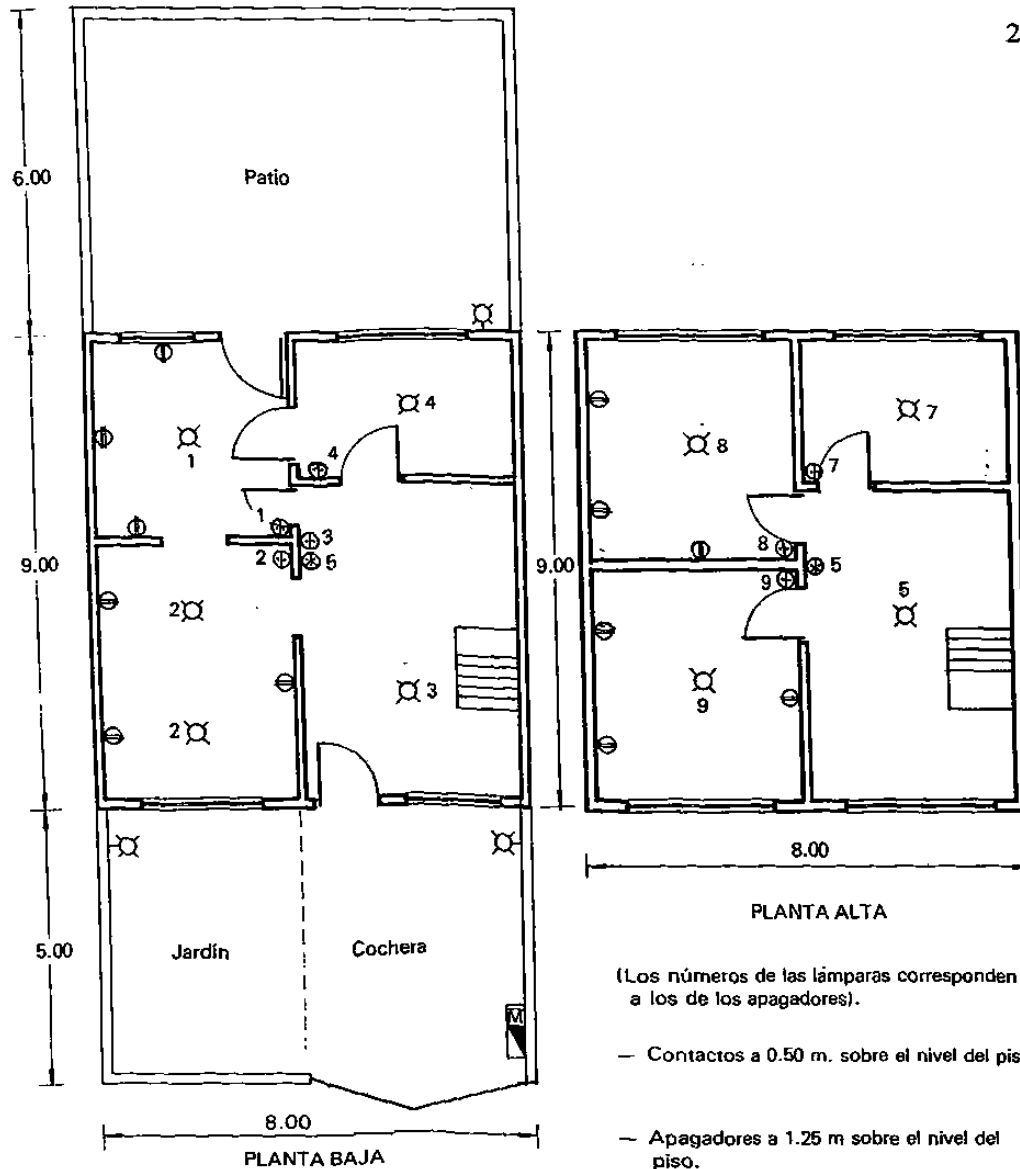
Datos:

$$\text{Planta baja } 8m \times 9m = 72 \text{ m}^2$$

$$\text{Planta baja } 8m \times 9m = 72 \text{ m}^2$$

$$\text{Patio } 8m \times 6m = 48 \text{ m}^2$$

$$\text{Área cubierta} = 192 \text{ m}^2$$



Considerando 30 w / m^2 la carga conectada para alumbrado y contactos menores es:

$$W = 192 \times 20 = 3840 \text{ watts}$$

Se puede estimar adicionalmente los siguientes contactos mayores:

Cocina: 2 de 5 amperes.

$$\text{Carga conectada} = 2 \times 5 \times 127 = 1270 \text{ watts}$$

$$\text{Carga total conectada} = 3840 + 1270 = 5110 \text{ watts}$$

El número de circuitos derivados de 15 amp, a 127 volts.

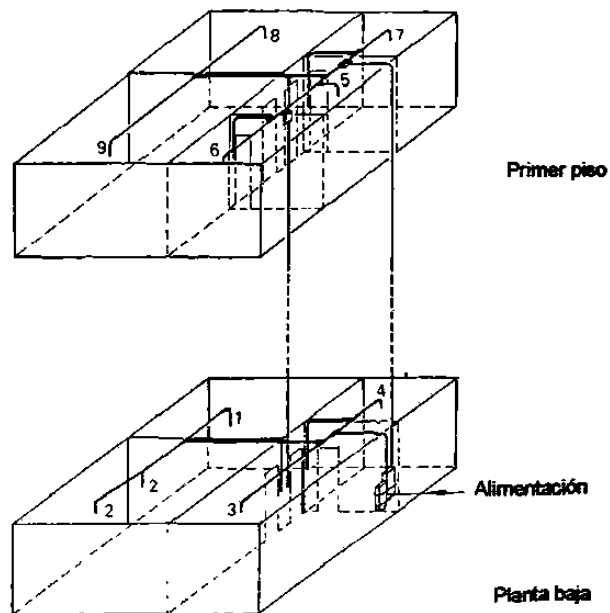
$$\#_{\text{CIRC}} = \frac{5110}{15 \times 127} = 2.68 \text{ ó } 3 \text{ circuitos}$$

El cuadro de cargas de la instalación se muestra en la tabla:

Circuito	Lámpara 75 watts	Lámpara 60 watts	Lámpara 100 watts	Contacto 250w - 500w	Total
1	1	2	2	2 -	895
2	2	-	2	- 2	1350
3	-	-	3	4 -	1300

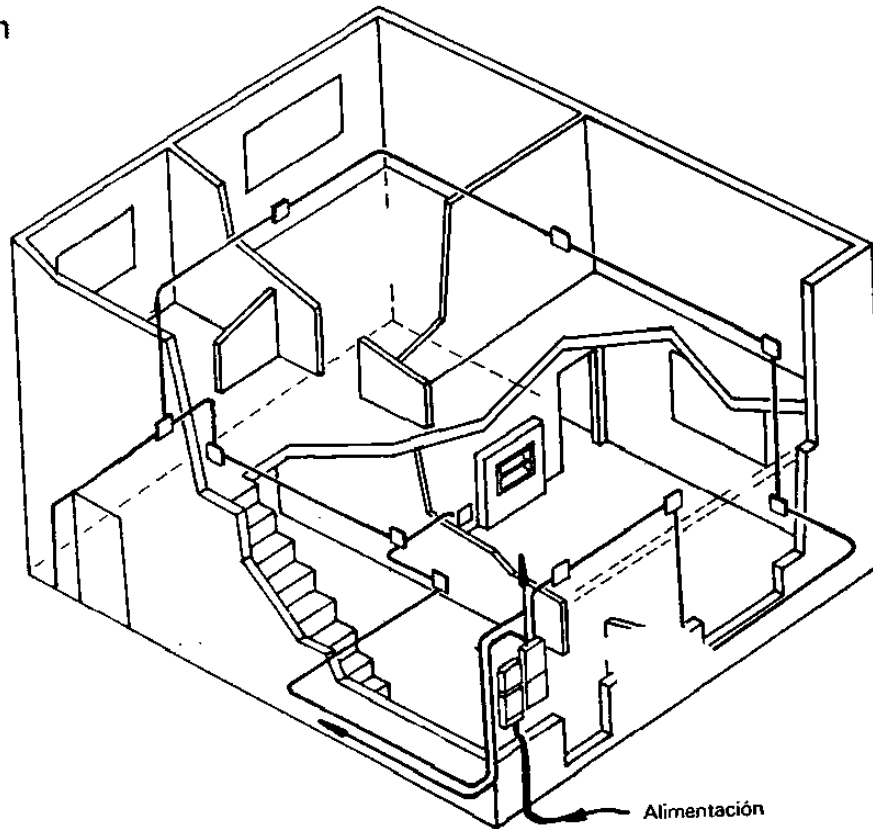
El arreglo de alambrado de lámparas y apagadores se presenta en la siguiente figura.

Los números indican los números correspondientes a las lámparas del plano anterior



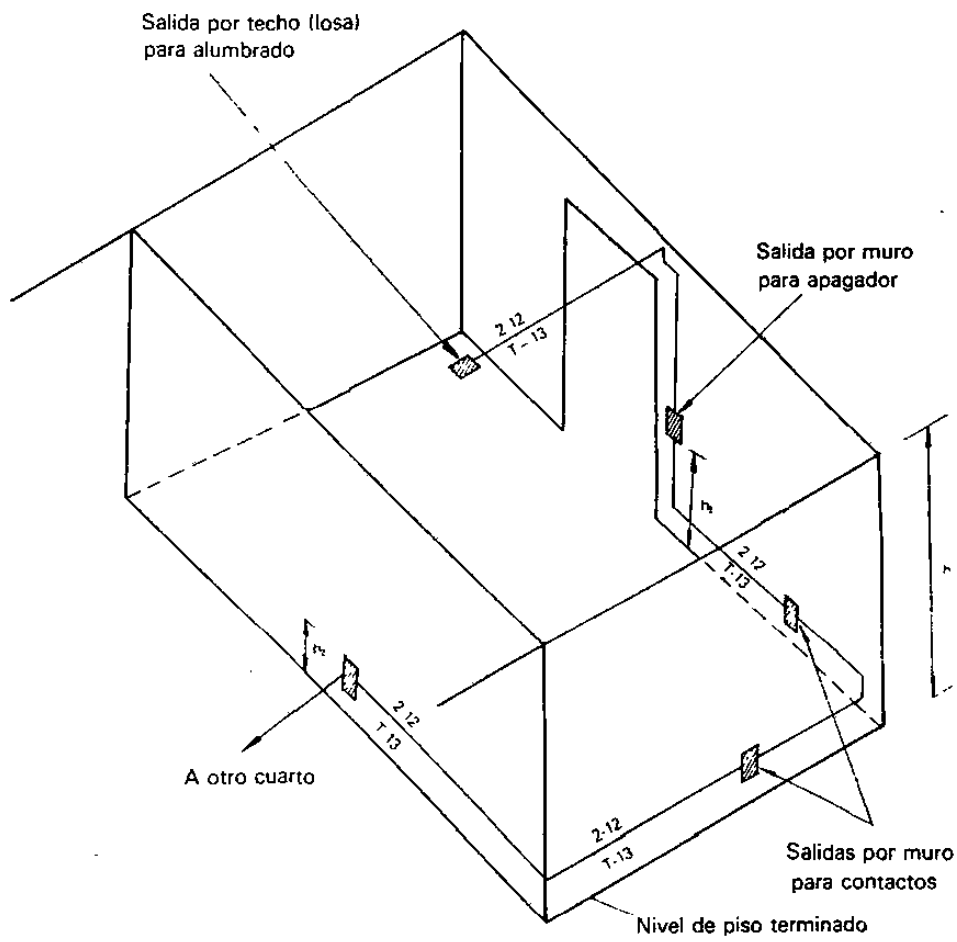
Altura de los apagadores 1.25m sobre el nivel del piso terminado

Disposición del tubo conduit y salidas para lámparas y apagadores en una casa habitación



Las trayectorias dan una idea del recorrido de la tubería y alumbrado.
Altura de los contactos: 0.50m sobre el nivel del piso terminado.

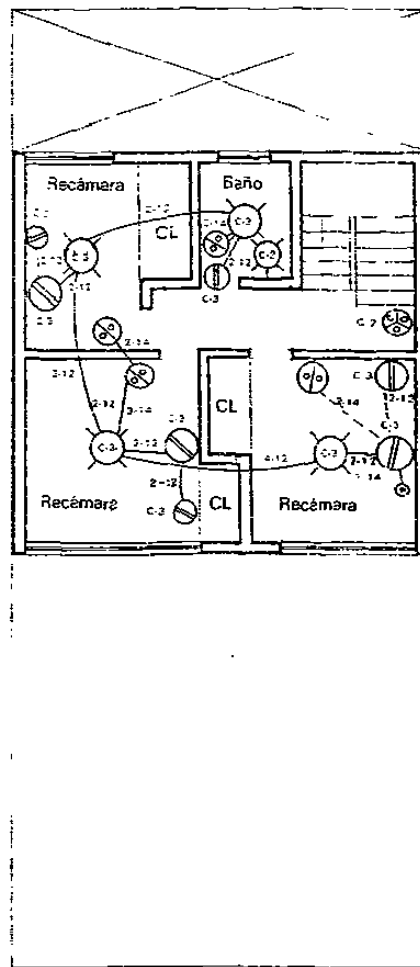
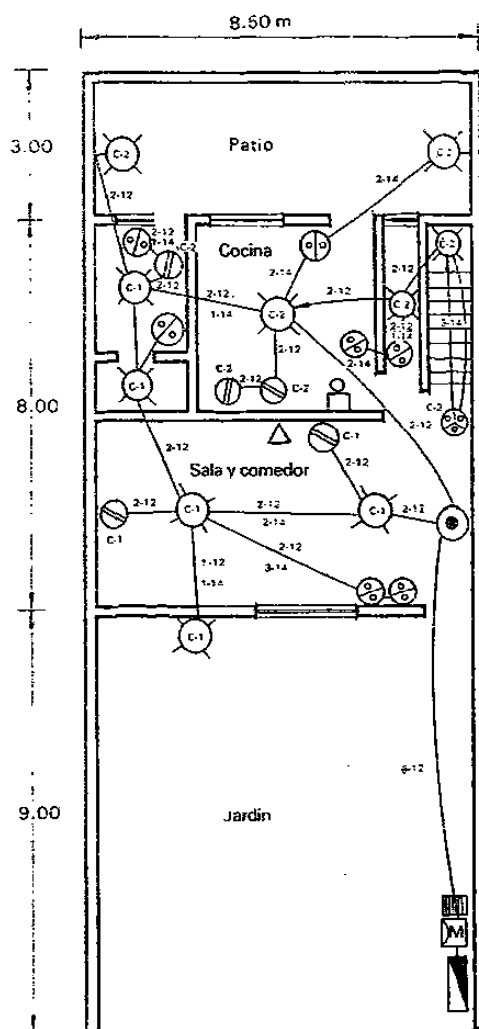
Arreglo esquemático típico de las salidas para contactos de 15amp. en una casa habitación pequeña con dos niveles.



h = altura libre a techo sobre el nivel de piso terminado

h_1 = altura de apagadores sobre nivel de piso terminado (1.20 al 1.35 m)

h_2 = altura de contactos sobre nivel de piso terminado (0.30 a 0.50)



Planta alta
Escala 1:100
1 cm = 1 m

Capítulo 9 Transformador

(Artículo 450 de la NOM)

9.1 Transformadores tipo seco “ factor k”

Para cargas no lineales

El factor K” es el término con el que se denomina comúnmente en la industria la cantidad de armónicas contenida en un sistema.

Las corrientes armónicas son inducidas por cargas no lineales generalmente son producidas por equipo electrónico como por ejemplo:

Balastos electrónicos, computadoras personales, impresoras, máquinas facsímiles, equipo médico, fuentes ininterrumpibles de energía, controladores de estado sólido de los motovariadores, etc.

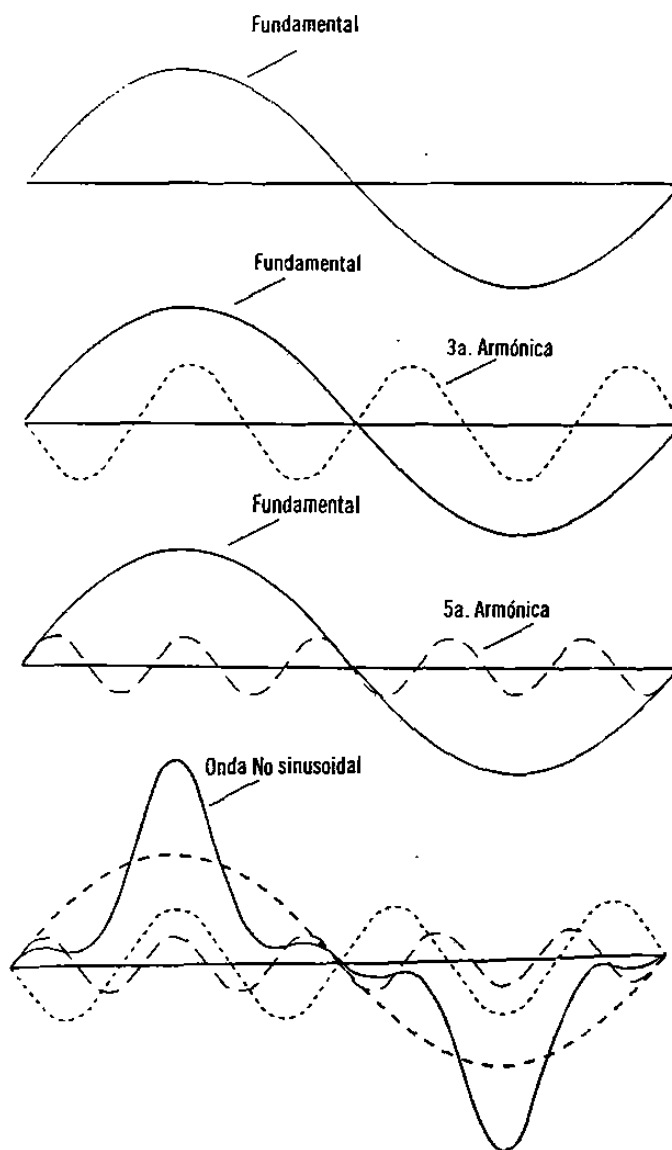
La presencia de corrientes armónicas producen un efecto de sobre calentamiento en los transformadores, deteriorando prematuramente su sistema de aislamiento y reduciendo significativamente la vida útil de los mismos.

Los transformadores tipo “K” están específicamente diseñados para soportar el efecto producido por las cargas no lineales, sin exceder la temperatura de operación a la que están graduados.

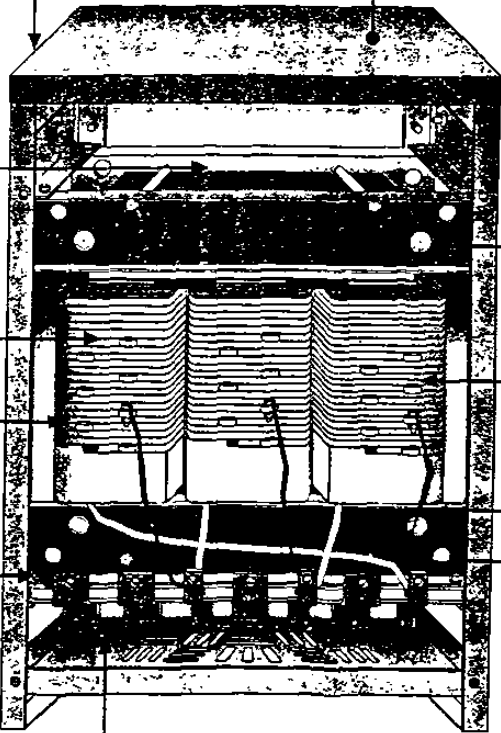
Cuentan con las siguientes características:

- Núcleo de acero al silicio de alta permeabilidad magnética, evita la saturación producida por las altas frecuencias de los contenidos armónicos.

- Devanados continuos y sobredimensionados, reducen las pérdidas por los efectos joule y de proximidad.
- Barra neutra al 200% del tamaño normal.
- Pantalla electrostática.
- Sistema de aislamiento graduado a 220 grados (clase H).
- Aprobación "UL".
- Disponibles en 80, 115 y 150 grados de temperatura de operación.
- Disponibles en tamaños estandar K-4 y K-13, y opcionales K-9, K-20, K-30, K-40 y K-50.



Transformador tipo seco ventilado

- 
- El núcleo es formado por laminación apilada de acero al silicio de alta permeabilidad magnética; además es tratado con un baño por inmersión en resina para una operación silenciosa.
- Sistema de aislamiento de 220° c. Prevee el deterioro causado por el calentamiento normal y asegura larga vida al transformador.
- El material aislante de los devanados es autoextinguible.
- Se provee con neutro al gabinete.
- Pintura electrostática base polyester color gris ANSI-61
- Gabinete NEMA 2 para uso interior. Se puede convertir en NEMA 3R con la adición de tolvas.
- Herrajes firmes que le dan tolerancia al estrés mecánico del corto circuito.
- Derivaciones para ajustar el voltaje de alimentación.
- Cojinetes para absorber ruido.
- Compartimiento de terminales. Se recomienda conectarlos con cables conductores graduados para trabajar a 75° c.
- Rejilla inferior para la circulación del aire.

Transformador de distribución tipo seco encapsulado

Encapsulamiento.

Los subensambles núcleo-bobina están inmersos en una mezcla de arena, grava y resina fenólica y queda totalmente aislado del medio exterior. Este encapsulamiento reduce el nivel de ruido, facilita la transferencia de calor hacia el exterior y minimiza el tamaño de la unidad.

Su diseño totalmente cerrado no ventilado permite su instalación en áreas con contenido de polvos, humedad o vapores corrosivos.

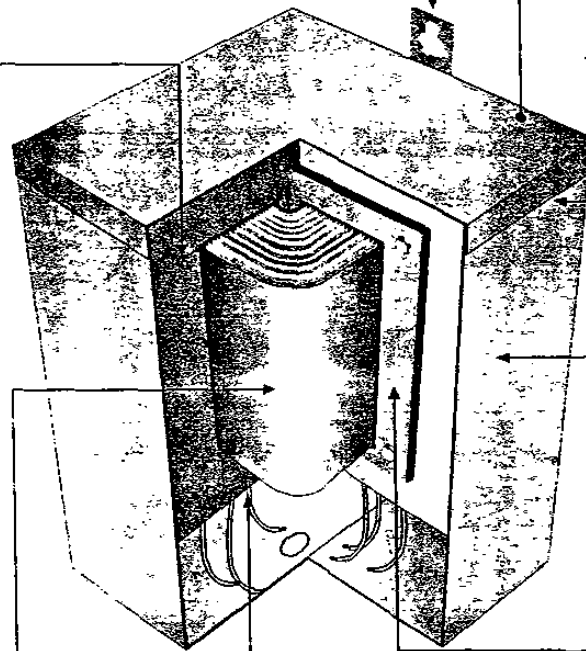
- Sistema de aislamiento de 185° c. Las unidades de 2 Kva., o menores operan a 80° c y las de 3 Kva., o mayores operan a 115° c.

- Placas sujetadoras para facilitar su izaje e instalación.

- Gabinete NEMA 3R para interior / exterior.

- Gabinete construido con acero al carbón.

- Pintura electrostática base polyester gris, ANSI-61.



- Compartimiento de terminales. Se recomienda conectarlos con cable conductor graduado para trabajar a 90° c.

- Núcleos de bajas pérdidas proveen una operación silenciosa y eficiente. Pueden ser montados en cualquier posición en interiores; y solo en posición vertical en exteriores.

9.2 Transformador tipo Subestación

9.2.1 Descripción general

Transformador marca PROLEC de _____ KVA, tipo de enfriamiento OA, 3 fases, 60 Hz. En alta tensión _____ volts con 4 derivaciones de 2.5% cada una, 2 arriba y 2 abajo de la tensión nominal, conexión delta. En baja tensión _____ volts, conexión estrella, con el neutro accesible fuera del tanque por boquilla. Adecuado para operar a 2,000m s.n.m. con una sobreelevación de 65°C sobre una media de 3000 y una máxima de 40°C. Sumergido en aceite. Demás características y accesorios de acuerdo a las normas NMX-J-1 16 (para transformadores de 225 a 500 KVA) o NOM-J-284 (para transformadores de 501 a 5,000 KVA).

NOTA: Para transformadores con gargantas y/o con accesorios opcionales, favor de especificar (los) en la descripción general del transformador.

9.2.2 Aplicaciones

Este tipo de transformador es aplicable a sistemas de distribución en la industria pequeña, mediana y grande, hoteles, centros comerciales, edificios de oficinas, hospitales, etc. Se pueden fabricar transformadores para aplicaciones especiales, tales como los utilizados para alimentar bancos de rectificación operados con 6 a 12 pulsos en la Industria del Cemento, Siderúrgica, Química, Papelera, de Tracción como en el Sistema de Transporte Subterráneo (Metro) y otras.

9.2.3 Arreglos típicos

A) Tipo Subestación sin Gargantas. Este tipo de arreglo es el comunmente utilizado en subestaciones exteriores.

B) Tipo Subestación con Garganta Lateral en Baja Tensión. Este tipo de arreglo es utilizado en subestaciones exteriores.

C) Tipo Subestación con Gargantas Laterales en Alta y Baja Tensión. Este tipo de arreglo es utilizado comunmente en subestaciones interiores, en donde tanto la alta tensión como la baja tensión se acoplan directamente a tableros. También son utilizados en subestaciones interiores o exteriores, en donde la acómetida por alta tensión y la salida por baja tensión son aéreas o subterráneas a través de charolas o tubos conduits.

9.2.4 Diseño de los Transformadores

Los transformadores son diseñados con un moderno sistema computalizado para lograr el óptimo balance entre el costo del transformador y su nivel de eficiencia, en función de las necesidades del cliente. Además, este sistema permite minimizar los puntos calientes en las bobinas, optimizar las pérdidas y verificar los parámetros y variables de diseño contra los valores que el laboratorio está probando en la producción de cada día. Los transformadores Prolec están diseñados y construidos para cumplir satisfactoriamente los requerimientos establecidos en la prueba de corto circuito tal como está especificado en la norma ANSI C57.12.00.

9.2.5 Partes principales del transformados

Núcleo

El núcleo de los transformadores está compuesto por laminaciones de Acero al Silicio de grano orientado, laminado en frío, con alta permeabilidad magnética y con recubrimiento aislante superficial para resistir una temperatura de 82000, compatible con el líquido aislante del transformador.

Este puede ser de dos tipos:

- A) Enrollado, tipo acorazado de 5 piernas. Este tipo de núcleo presenta una unión con entrehierros escalonados, minimizando con ello las pérdidas de eddy e indeterminadas y disminuyendo así las pérdidas sin carga. Este tipo de núcleo es tratado térmicamente (en una atmósfera controlada) para relevar los esfuerzos mecánicos y reestablecer sus propiedades electromagnéticas.

B) Columna, tipo mitter. Este tipo de núcleo presenta cortes de 45° en el yugo para reducir el flujo de dispersión y con ello las pérdidas sin carga.

Bobinas

Las bobinas fabricadas por Prolec constituyen una estructura rígida y compacta con alta resistencia mecánica y dieléctrica. Están fabricadas con conductores eléctricos, básicamente alambre o lámina de cobre y/o aluminio que se devanan en máquinas de alta velocidad controladas por computadora.

Los conductores de cobre de 100% de conductividad IACS son de sección redonda (alambre magneto) o de sección rectangular (solera rectangular), con un recubrimiento aislante de resinas de polivinil formal modificadas con resinas, las cuales les da un elevado punto de ruptura dieléctrica, así como una adecuada resistencia a la exposición del líquido aislante del transformador, tal que no se deterioren sus propiedades o contamine el líquido aislante. Estos conductores son de clase térmica 120°C.

También se utilizan en la fabricación de bobinas lámina de aluminio de 99% de pureza o lámina de cobre electrolítico, cuya forma le proporciona al devanado suficiente área de conducción de corriente y alta resistencia a los esfuerzos mecánicos durante una falla de un corto circuito.

Materiales aislantes

En las bobinas es utilizado el papel tipo Kraft de clase térmica 120° C con un recubrimiento de resma termofraguante en forma de rombos por ambos lados que proporcionan máxima resistencia mecánica y dieléctrica.

En el conjunto núcleo-bobina se utiliza cartón prensado de origen celulósico

que proporciona el aislamiento entre los devanados y el núcleo.

También son utilizados el papel crepé, así como tubos de crepé para aislar debidamente las puntas de las bobinas que se conectan a las boquillas o al cambiador de derivaciones.

Estos aislamientos son resistentes a la exposición directa al líquido aislante del transformador sin que se alteren sus propiedades ni contaminen a éste.

Con el propósito de tener la máxima efectividad de los aislamientos y curar la resma contenida en el papel Kraft de las bobinas, los ensambles núcleo-bobinas se introducen en hornos modulares que operan con un ciclo de temperatura cuidadosamente controlada, logrando así, ofrecer una alta resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos por una falla de corto circuito.

Tanque

El material utilizado en la fabricación de los tanques es acero estructural código ASTM-A-36 de primera calidad, el cual es habilitado para fabricar el tanque en máquinas de corte, punzonadoras, troqueladores y dobladoras, los cuales son unidos posteriormente en un proceso de soldadura MIG.

Adicional a lo anterior, generalmente es utilizado en el área de las boquillas de baja tensión, acero inoxidable según código AISI-304, para servir como medio diamagnético al paso de altas corrientes nominales (superiores a 1,000 amps.).

Prolec cuenta con un sistema mecánico de preparación de superficie utilizando un proceso de limpieza por medio de balaceo de granalla angular, con el cual se obtiene el anclaje adecuado para la aplicación de los recubrimientos anticorrosivos y de acabado.

Líquido aislante

En los transformadores estandares de Prolec es utilizado el aceite no inhibido como líquido refrigerante y dieléctrico obtenido de la destilación fraccionada del petróleo crudo, específicamente preparado y refinado para uso en equipo eléctrico con tensiones nominales de hasta 400 KV de acuerdo a lo especificado en la norma NMX-J-1 23.

A solicitud del cliente, se puede utilizar aceite del tipo inhibido o líquidos aislantes sintéticos como el R-temp o el Silicón, utilizados estos últimos en transformadores cuyo servicio requiere de un alto punto de ignición para fines de seguridad de los equipos y las personas.

9.2.6 Pruebas eléctricas de rutina al transformador

Relación de transformación y polaridad.

Resistencia ohmica de los devanados.

Factor de potencia de los devanados.

Resistencia de aislamientos de los devanados.

Rigidez dieléctrica del aceite.

Potencial aplicado.

Potencial inducido.

Pérdidas en vacío y comente de excitación.

Pérdidas en los devanados e impedancia.

Pruebas especiales

Elevación de Temperatura de los devanados.

Prueba de impulso.

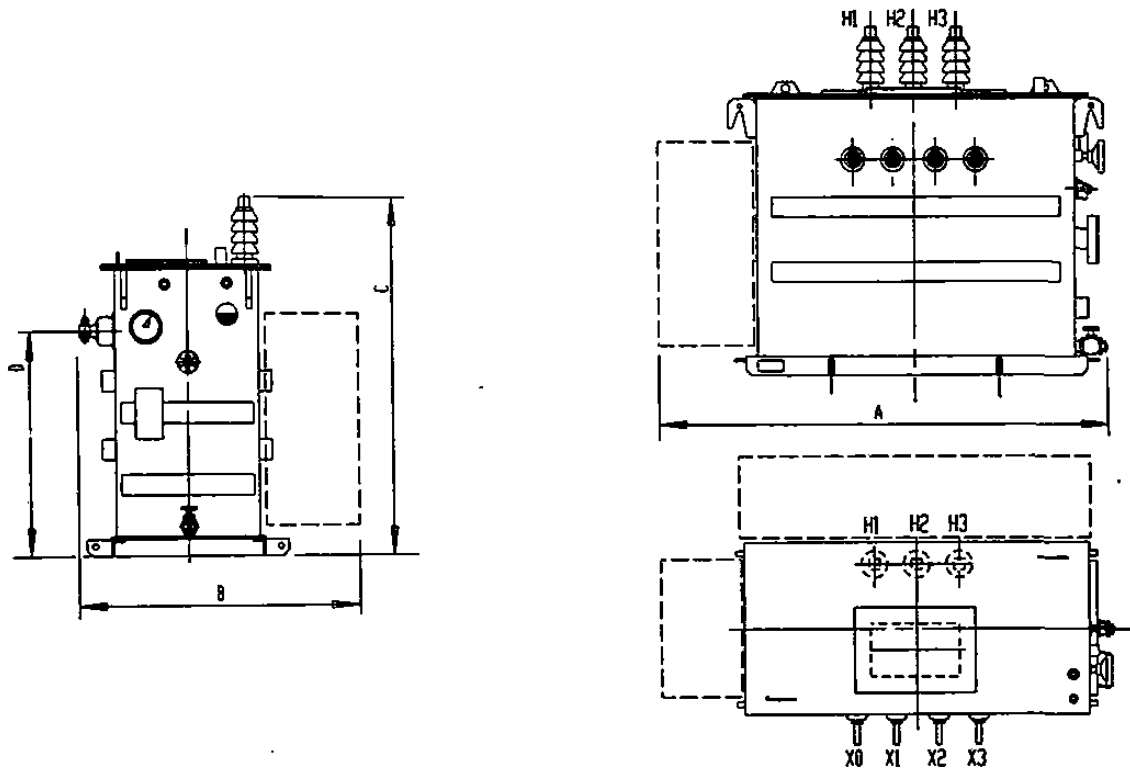
Prueba de Nivel de Ruido.

9.2.7 Datos necesarios para especificar

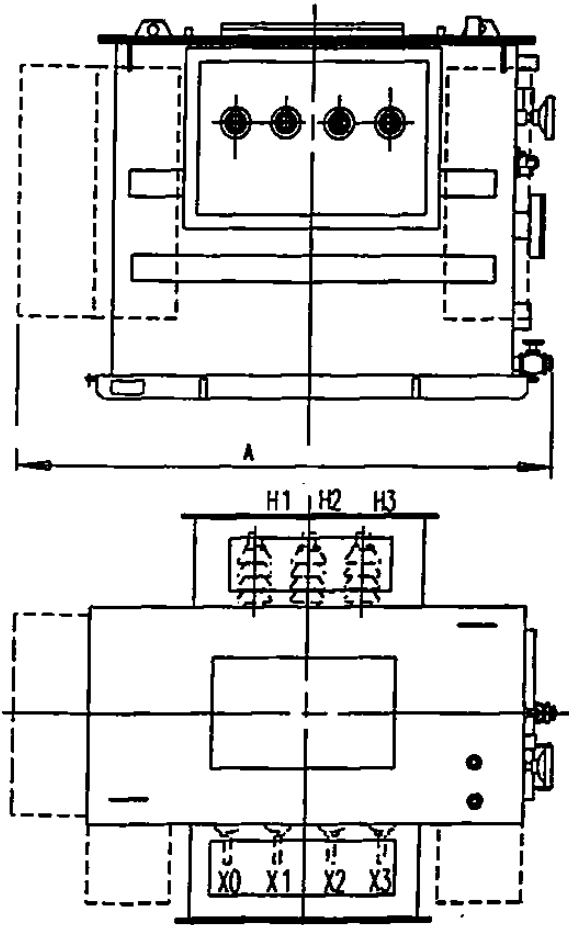
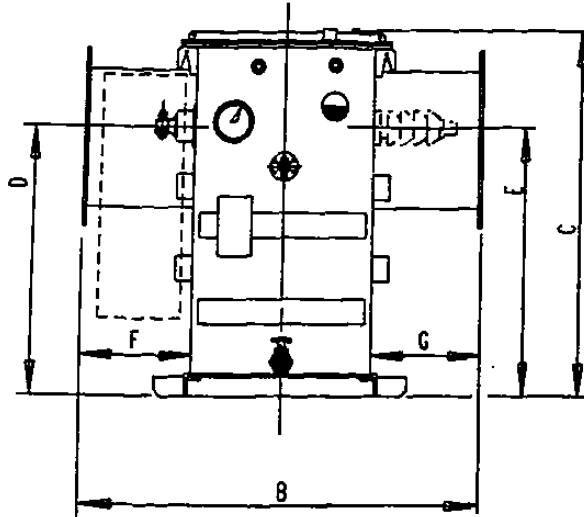
- Capacidad.
- Número de fases.
- Sobreelevación de temperatura.
- Altitud de operación.
- Frecuencia.
- Tensión y conexión primaria.
- Tensión y conexión secundaria.
- Número de derivaciones y tipo de operación del cambiador de derivaciones.
- Tipo de enfriamiento.
- Líquido aislante.
- Con 6 sin gargantas.
- Accesorios especiales.
- Especificación aplicable.
- Normas aplicables.

Capacidades, tensiones nominales, conexiones NBAI.

Capacidad (KVA)	225, 300, 500	750, 1000, 1250, 1500	2000, 2500
Tensión en el primario (V)			
Clase 15 KV NBAI (KV)	13,200 95	13,200 110	13,200 110
Clase 25 KV NBAI (KV)	23,000 150	23,000 150	23,000 150
Clase 34.5 KV NBAI (KV)	34,500 200	34,500 200	34,500 200
Tensiones en el secundario (V)			
Clase 1.2 (KV)	220Y /127 440Y /254	220Y / 127 440Y 254	440Y /254
NBAI (KV)	30	45	45



VOLTS A.T.	VOLTS B.T.	KVA	DIMENSIONES				ACEITE En Lts.	PESO En Kgs.	% Z
			A	B	C	D			
13,200	2 2 0	2 2 5	1920	940	1284	875	495	1500	2.79 - 3.78
		3 0 0	1535	1395	1284	875	505	1720	3.11 - 4.20
		5 0 0	1565	1665	1334	925	545	2240	2.50 - 3.17
	4 4 0	2 2 5	1930	910	1284	875	480	1410	2.50 - 3.38
		3 0 0	1485	1365	1284	875	470	1540	2.51 - 3.40
		5 0 0	1525	1625	1334	925	500	1980	2.82 - 3.81
23,000	2 2 0	2 2 5	2060	960	1284	875	565	1650	3.01 - 4.08
		3 0 0	1605	1425	1284	875	550	1800	3.36 - 4.55
		5 0 0	1645	1655	1434	1025	630	2350	2.79 - 3.78
	4 4 0	2 2 5	2040	940	1284	875	555	1550	3.15 - 4.26
		3 0 0	1645	1395	1284	875	550	1550	2.75 - 3.68
		5 0 0	1615	1625	1434	1025	530	2130	2.75 - 3.25
34,500	2 2 0	2 2 5	1960	1030	1365	875	580	1650	3.01 - 4.08
		3 0 0	1695	1505	1365	875	698	1950	3.11 - 4.20
		5 0 0	1685	1755	1415	925	715	2520	3.82 - 5.17
	4 4 0	2 2 5	1940	1030	1365	875	575	1600	3.88 - 5.25
		3 0 0	1685	1505	1365	875	700	1880	4.04 - 5.47
		5 0 0	1675	1755	1415	925	715	2380	3.00 - 3.82



KV A.T.	VOLTS B.T.	KVA	DIMENSIONES							ACEITE En Lts.	PESO En Kgs.	% Z
			A	B	C	D	E	F	G			
13,200	2 2 0	2 2 5	1920	1600	1160	845	845	500	500	510	1607	2.79 - 3.78
		3 0 0	2270	1580	1210	895	895	500	500	520	1830	3.11 - 4.20
		5 0 0	2300	2000	1210	895	895	900	500	560	2385	2.50 - 3.17
	4 4 0	2 2 5	1930	1570	1160	845	845	500	500	495	1517	2.50 - 3.38
		3 0 0	2220	1550	1210	895	895	500	500	485	1647	2.51 - 3.40
		5 0 0	2260	1960	1210	895	895	900	500	515	2125	2.82 - 3.81
23,000	2 2 0	2 2 5	2060	1740	1160	845	845	500	500	580	1788	3.01 - 4.08
		3 0 0	2340	1730	1210	895	895	500	500	565	1938	3.36 - 4.55
		5 0 0	2380	2110	1210	895	895	900	500	645	2525	2.79 - 3.78
	4 4 0	2 2 5	2040	1720	1160	845	845	500	500	570	1688	3.15 - 4.26
		3 0 0	2380	1700	1210	895	895	500	500	565	1688	2.75 - 3.68
		5 0 0	2350	2080	1210	895	895	900	500	545	2305	2.75 - 3.25
34,500	2 2 0	2 2 5	1960	2070	1155	845	845	500	500	595	1868	3.01 - 4.08
		3 0 0	2430	2070	1205	895	895	500	500	713	2168	3.11 - 4.20
		5 0 0	2420	2470	1205	895	895	900	500	730	2775	3.82 - 5.17
	4 4 0	2 2 5	1940	2070	1155	845	845	500	500	590	1818	3.88 - 5.25
		3 0 0	2420	2070	1205	895	895	500	500	715	2100	4.04 - 5.47
		5 0 0	2410	2470	1205	895	895	900	500	730	2635	3.00 - 3.82

9.3 Transformador tipo pedestal

9.3.1 Descripción

1) Para Transformadores Monofásicos de 25 a 75 KVA

Transformador marca PROLEC de _____ KVA, tipo pedestal, de frente muerto, para operación en anillo, enfriamiento OA sumergido en aceite, 60 Hz, Monofásico. En alta tensión _____ volts, con 4 derivaciones de 2.5% cada una, 2 arriba y 2 abajo de la tensión nominal, con boquillas tipo pozo, conexión fase a tierra. En baja tensión _____ volts, conexión trifilar. Adecuado para operar a una altitud de 2,300 m.s.n.m. con una sobreelevación de 6500 sobre una media de 3000 y una máxima de 4000. Las demás características y accesorios de acuerdo a las especificaciones K0000-04 de C.F.E.

2) Para Transformadores Trifásicos de 30 a 1500 KVA

Transformador marca PROLEC de _____ KVA, tipo pedestal, de frente muerto, para operación en (ver nota 1), enfriamiento OA sumergido en aceite, 60 Hz. En alta tensión _____ volts, con 4 derivaciones de 2.5% cada una, 2 arriba y 2 abajo de la tensión nominal, con boquillas en alta tensión tipo (ver nota 2). En baja tensión _____ volts, conexión estrella. Adecuado para operar a una altitud de 2,300 m.s.n.m. con una sobreelevación de 65° C sobre una media de 3000 y una máxima de 4000. Las demás características y accesorios de acuerdo a las especificaciones K0000-08 de C.F.E. (para transformadores de 75, 112.5 y 150 KVA), K0000-07 (para transformadores de 300 y 500 KVA) o Normas Oficiales Mexicanas NMX-J-285 (Para transformadores de 30 a 1,500 KVA).

Notas: 1) Para los transformadores de acuerdo a las especificaciones K0000-08 y K0000-07 de C.F.E. el tipo de operación es Anillo y la conexión en alta tensión es en Estrella. Para transformadores de acuerdo a especificaciones NMX-J-285, el tipo de operación puede ser Radial o Anillo y la conexión en alta tensión puede ser en Delta o Estrella.

2) Para los transformadores de acuerdo a las especificación de CFE K0000-08 las boquillas de alta tensión son tipo Pozo de 200 A. y para la K0000-07 son tipo Perno de 600 A. Para las especificaciones NMX-J-285 las boquillas de alta tensión pueden ser tipo Pozo de 200 A. ó tipo Perno de 600 A. (Ver dimensiones de boquillas típicas de alta tensión para los transformadores estandar Prolec).

3) La especificación aplicable es de acuerdo a las necesidades del cliente.

9.3.2 Aplicaciones

Este tipo de transformador está diseñado para operar a la intemperie y estar montado sobre una base de concreto. Tiene integrado un gabinete a prueba de vandalismo, el cual contiene los accesorios y las terminales para conectarse al Sistema de Distribución Subterránea. Es aplicable a sistemas de distribución subterráneos, generalmente utilizados en fraccionamientos residenciales, desarrollos turísticos, centros comerciales, edificios de oficinas, hoteles, hospitales y en aquellos lugares en donde la continuidad de servicio (sólo aplicable en sistemas en anillo), la seguridad y la estética sean un factor determinante. En últimas fechas, este tipo de transformador también está siendo utilizado en la pequeña y mediana industria.

9.3.3 Características sobresalientes de operación y servicio

Entre las características sobresalientes de instalación y servicio que posee un transformador tipo pedestal, se pueden mencionar, entre otras:

- Requerimiento mínimo de espacio.
- Constituye una subestación completa.
- Mantenimiento mínimo por contaminación.
- Autoprotegido.
- Facilidad de reestablecimiento de servicio después de una falla en el secundario (sólo cuando lleva interruptor termomagnético).
- Desconexión de la alimentación en forma rápida y segura.
- Aspecto estético general agradable.
- Más seguro, ya que no presenta partes energizadas accesible a personas, por lo que puede ser instalado en lugares públicos.

9.3.4 Configuraciones de alimentaciones típicas

A) Operación Radial

En este tipo de configuración, el transformador es conectado en forma individual, de tal manera que sólo es alimentado por una sola fuente. Esto implica que, si por alguna razón la energía en las líneas de alimentación se interrumpe, el transformador no podrá ser reenergizado en forma rápida, sino hasta que sea corregido el desperfecto que ocasionó el corte de energía. Dos características muy particulares de los transformadores pedestales con configuración del tipo radial pueden servir para distinguirlos en forma rápida:

- Tienen tres boquillas en alta tensión para el caso de los trifásicos.
Poseen un solo seccionador de operación con carga del tipo radial de dos posiciones para el caso de los trifásicos.

B) Operación Anillo

En este tipo de configuración, el transformador puede ser alimentado por dos fuentes de alimentación diferentes y puede formar parte de un sistema de distribución que interconecte varios transformadores entre sí. La ventaja de este tipo de configuración estriba en que, si por alguna razón una de las fuentes de alimentación se ve interrumpida, puede emplearse la otra fuente de alimentación, la cual da la ventaja de tener energizado y operando el transformador o los transformadores que estén interconectados entre sí, mientras es corregida la falla que causó la interrupción de la alimentación. De igual manera, si la falla se presenta en uno de los transformadores que forman parte del anillo (interconectados entre sí), el tiempo de interrupción será solamente el necesario para seccionar y aislar el equipo con problemas, continuando energizados el resto de los transformadores.

Los del tipo anillo poseen características particulares que los distinguen:

- Tienen seis boquillas en alta tensión para el caso de los transformadores trifásicos y dos boquillas en el caso de los transformadores monofásicos

Los transformadores trifásicos poseen un seccionador de operación con carga del tipo anillo de cuatro posiciones o una combinación de dos seccionadores de operación con carga del tipo radial de dos posiciones para la operación en anillo, y en ocasiones en serie, un seccionador radial de dos posiciones en serie (sólo para los casos en que lleva fusibles y limitadores de corriente de rango completo).

9.3.5 Diseños de los transformadores

Los transformadores son diseñados con un moderno sistema computarizado para lograr el óptimo balance entre el costo del transformador y su nivel de eficiencia, en función de las necesidades del cliente. Además, este sistema permite minimizar

los puntos calientes en las bobinas, optimizar las pérdidas y verificar los parámetros y variables de diseño contra los valores que el laboratorio está probando en la producción de cada día. Los transformadores Prolec están diseñados y construidos para cumplir satisfactoriamente los requerimientos establecidos en la prueba de corto circuito, tal como está especificado en la norma NMX-J-285.

9.3.6 Partes principales del transformador

Tanque y gabinete

El material utilizado en la fabricación de los tanques y gabinetes es acero estructural código ASTM-A-36 de primera calidad, el cual es preparado en máquinas de corte, punzonadoras, troqueladoras y dobladoras, los cuales son unidos posteriormente en un proceso de soldadura MIG.

Adicional a lo anterior, generalmente es utilizado en el área de las boquillas de baja tensión , acero inoxidable según código AISI-304, para servir como medio diamagnético al paso de altas corrientes (superiores a 1,000 A.).

Prolec cuenta con un sistema mecánico de preparación de superficie, utilizando un proceso de limpieza por medio de balaceo de granalla angular, con el cual se obtiene el anclaje adecuado para la aplicación de los recubrimientos anticorrosivos y de acabado, los cuales consisten en varias capas aplicadas por aspersion.

Núcleo

El núcleo de los transformadores está compuesto por laminaciones de Acero al Silicio de grano orientado, laminado en frío, con alta permeabilidad magnética y con recubrimiento aislante superficial para resistir una temperatura de 82000, compatible con el líquido aislante del transformador.

El tipo de núcleo es enrollado o tipo acorazado de 5 piernas para los transformadores trifásicos y de 3 piernas para los monofásicos. Este tipo de núcleo presenta una unión con entrehierros escalonados, minimizando con ello, las pérdidas de eddy e indeterminadas y disminuyendo así, las pérdidas sin carga. Este tipo de núcleo es tratado térmicamente (en una atmósfera

controlada) para relevar los esfuerzos mecánicos y reestablecer sus propiedades electromagnéticas.

BOBINAS

Las bobinas fabricadas por Prolec constituyen una estructura rígida y compacta con alta resistencia mecánica y dieléctrica. Estas son fabricadas con conductores eléctricos, básicamente alambres o lámina de cobre y/o aluminio que se devanan en máquinas de alta velocidad controladas por computadora.

Los conductores de cobre de 100% de conductividad IACS son de sección redonda (alambre magneto) o de sección rectangular (solera rectangular) con un recubrimiento aislante de resinas de polivinil formal modificadas, las cuales les da un elevado punto de ruptura dieléctrica; así como una adecuada resistencia a la exposición del líquido aislante del transformador, tal que no se deterioren sus propiedades o contamine el líquido aislante. Estos conductores son de clase térmica 1 20° C.

También se utilizan en la fabricación de bobinas lámina de aluminio de 99% de pureza o lámina de cobre electrolítico, cuya forma le proporciona al devanado la suficiente área de conducción de corriente y alta resistencia a los esfuerzos mecánicos durante un corto circuito.

Materiales aislantes

En las bobinas es utilizado el papel tipo Kraft de clase térmica 120° C con un recubrimiento de resma termofraguante en forma de rombos por ambos lados que proporcionan máxima resistencia mecánica y dieléctrica.

En el conjunto núcleo-bobina se utiliza cartón prensado de origen celulósico, que proporciona el aislamiento necesario entre los devanados y el núcleo.

También es utilizado el papel crepé, así como tubos de crepé para aislar debidamente las puntas de las bobinas que se conectan a las boquillas o al cambiador de derivaciones.

Estos aislamientos son resistentes a la exposición directa al líquido aislante del transformador sin que se alteren sus propiedades ni contaminen a éste.

Con el propósito de tener la máxima efectividad de los aislamientos y curar la resma contenida en el papel Kraft de las bobinas, los ensambles núcleo-bobina se introducen en hornos modulares que operan con un ciclo de temperatura cuidadosamente controlada, logrando así, ofrecer una alta resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos por fallas de corto circuito que afecte al transformador.

Líquido aislante

En los transformadores estándares de Prolec es utilizado el aceite no inhibido, obtenido de la destilación fraccionada del petróleo crudo, específicamente preparado y refinado para uso en equipo eléctrico con tensiones nominales de hasta 400 KV de acuerdo a lo especificado en la norma NMX-J-1 23.

A solicitud del cliente, se puede utilizar aceite del tipo inhibido o líquidos aislantes sintéticos como el R-temp, Beta o el Silicón, utilizados estos últimos, en transformadores cuyo servicio requiere de elevadas temperaturas de inflamación para fines de seguridad de los equipos y las personas.

9.3.7 Protecciones del transformador

Una de las características con la que cuentan los transformadores tipo Pedestal, es que son autoprotegidos, por lo que cuentan con dispositivos de protección en el lado de alta tensión y en algunos casos en el lado de baja tensión (sólo para el caso de transformadores con interruptor termomagnético en baja tensión). Estas dependerán de los requerimientos propios del cliente, características del sistema de distribución subterránea al que estarán conectados, especificaciones aplicables y disponibilidad en el mercado de los dispositivos de protección.

A continuación se describen brevemente los tipo de protección más comunes para este tipo de transformadores de acuerdo a su capacidad y especificación aplicable.

a) Monofásicos de 25 a 75 KVA Trifásicos de 30 a 150 KVA Especificaciones K0000-D4, K0000-08 y NMX-J-285

Estos transformadores cuentan en cada una de las fases de alta tensión con una combinación de fusible limitador de corriente de rango parcial (interno) en serie con el fusible de expulsión de doble elemento, tipo bayoneta, removible desde el exterior, debidamente coordinados entre sí. El primero protege al sistema de alimentación contra una falla del transformador y el segundo protege al transformador contra una falla en el lado de la carga (secundario del transformador) o de una sobrecarga.

En baja tensión, sólo para los casos en que sea requerido por el cliente, se instala un interruptor termomagnético sumergido en aceite, con manija de operación externa, debidamente coordinado con los fusibles indicados en el primer párrafo. La función del interruptor es abrir el circuito de baja tensión y proteger al transformador contra fallas o sobrecargas severas en la carga

(secundario del transformador). Este cuenta con una luz roja de señalización para dar aviso de que la carga se ha incrementado hasta un valor igual o mayor que la capacidad del transformador.

b) Trifásicos de 300 y 500 KVA Especificaciones K0000-07

Estos transformadores cuentan en cada una de las fases de alta tensión con un fusible limitador de corriente de rango completo, el cual va alojado en un portafusible y puede ser removido desde el exterior. Este tipo de fusible protege tanto al sistema de alimentación contra una falla del transformador, así como al transformador contra una falla en la carga (secundario del transformador) o de una sobrecarga.

c) Trifásicos de 225 a 1,500 KVA Especificaciones NMX-J-285

Estos transformadores cuentan normalmente en cada una de las fases de alta tensión con un fusible de aislamiento (interno) en serie con el fusible de expulsión tipo bayoneta removible desde el exterior debidamente coordinados entre sí. El primero, no tiene capacidad interruptiva, pero al fundirse con una alta corriente de falla, abre el circuito del transformador, evitando que se efectúe un cierre con falla, protegiendo de esta manera al operador. El segundo protege al transformador contra una falla en el lado de la carga (secundario del transformador) o de una sobrecarga. Este tipo de protección, debe estar respaldada por un equipo de protección con capacidad interruptiva externo al transformador.

A solicitud del cliente, para este rango de transformadores, también se puede utilizar el fusible limitador de corriente de rango completo descrito en el inciso "b" y para transformadores de 225 a 500 KVA se puede utilizar la combinación de fusible limitador de corriente de rango parcial en serie con el de expulsión descritos en el inciso "a".

- Notas:1) Para capacidades de 225 a 1,500 KVA, el transformador estándar Prolec, cuenta con la combinación de fusible de aislamiento en serie con el fusible de expulsión descrito en el primer párrafo de este inciso.
- 2) Si el cliente requiere alguna de las protecciones indicadas en el segundo párrafo de este inciso, debe indicarlo en su solicitud de cotización.
- 3) Para otro tipo de protección diferente a las indicadas en este inciso favor de consultar a Fabrica a través de nuestras oficinas de ventas.

9.3.8 Pruebas eléctricas de rutina al transformador

Relación de transformación y polaridad.

Resistencia óhmica de los devanados.

Factor de potencia de los devanados.

Resistencia de aislamiento de los devanados.

Rigidez dieléctrica del aceite.

Potencial aplicado.

Potencial inducido.

Pérdidas en vacío y corriente de excitación.

Pérdidas en los devanados e Impedancia.

Pruebas especiales

Elevación de Temperatura de los devanados.

Prueba de Impulso.

Prueba de Nivel de Ruido.

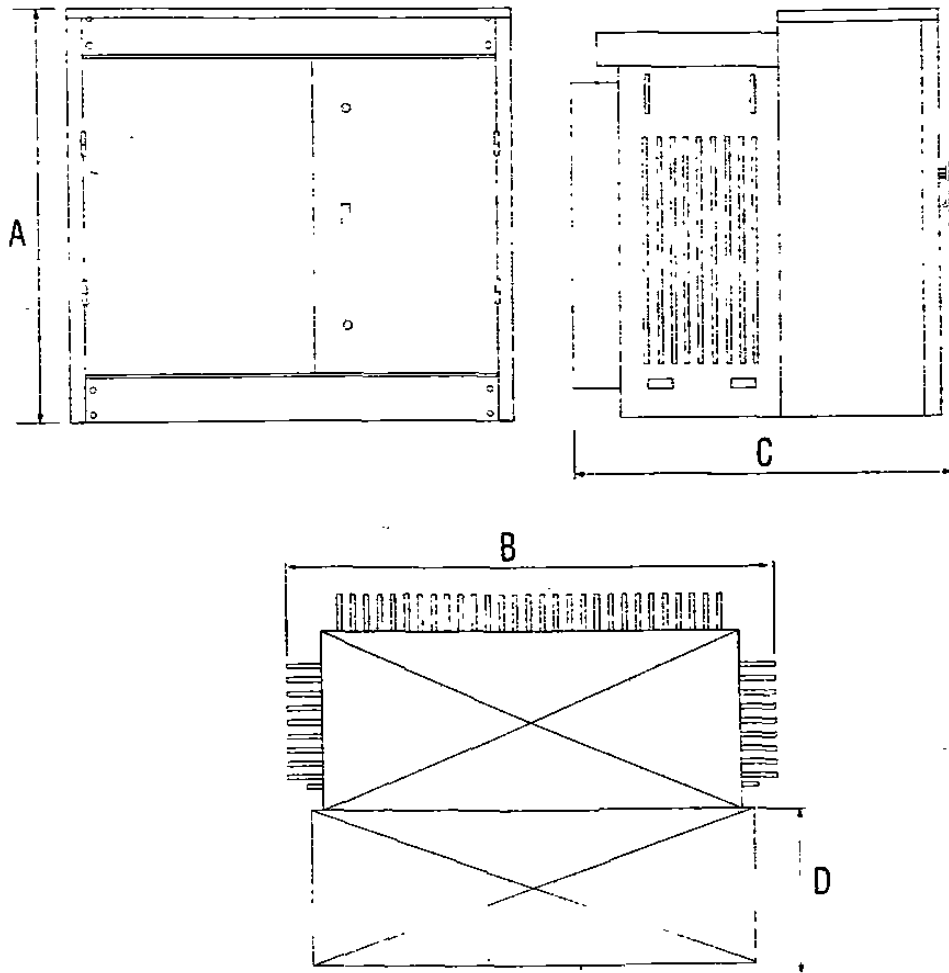
9.3.9 Datos necesarios para especificar

- Capacidad.
- Número de fases.
- Sobreelevación de temperatura.
- Altitud de operación.
- Frecuencia.
- Tensión y conexión primaria.
- Tensión y conexión secundaria.
- Número de derivaciones y operación del cambiador de derivaciones.
- Protección del transformador.
- Líquido aislante.
- Tipo de operación (Radial o Anillo).
- Tipo de boquillas en alta tensión (Pozo 200 ámps., Perno 600 amps.).
- Especificaciones y normas aplicables.

Transformador Trifásico anillo normal NMX-J-285

CLASE (KV)	CAPACIDAD (KVA)	A	B	C	D	Peso Total (Kgs.)	Aceite (Lts.)
15	30	1400	1565	1160	590	1376	656
	45	1400	1565	1160	590	1405	649
	75	1400	1565	1160	590	1462	636
	112.5	1400	1565	1160	590	1533	619
	150	1400	1565	1160	590	1618	600
	225	1445	1675	1450	590	2296	868
	300	1445	1675	1450	590	2334	871
	500	1585	1845	1525	590	3087	1117
	750	1675	2070	1650	590	4078	1826
	1000	1675	1980	2560	590	4095	1511
18	30	1400	1565	1160	590	5049	1690
	45	1400	1565	1160	590	1440	643
	75	1400	1565	1160	590	1464	637
	112.5	1400	1565	1160	590	1516	625
	150	1400	1565	1160	590	1570	612
	225	1445	1675	1450	590	1647	595
	300	1445	1675	1450	590	2287	871
	500	1600	1845	1525	590	2346	786
	750	1675	2070	1650	590	3122	1113
	1000	1675	1980	2560	590	4191	1804
34.5	1500	1820	2330	2110	590	4143	1505
	1500	1820	2330	2110	590	6059	1715

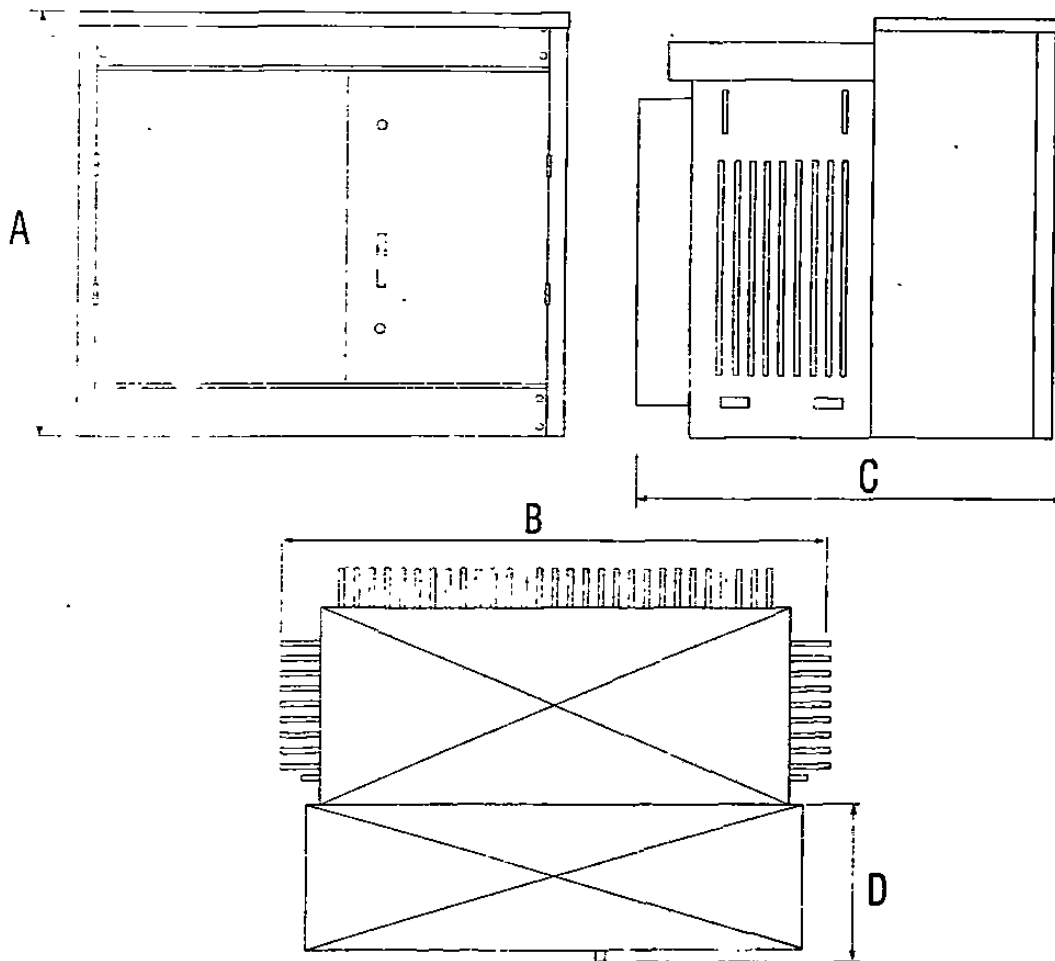
Transformador trifásico Radial norma NMX-J-285



CLASE (KV)	CAPACIDAD (KVA)	A	B	C	D	Peso Total (Kgs.)	Aceite (Lts.)
15	30	1050	1320	1120	590	778	327
	45	1050	1320	1120	590	841	315
	75	1050	1320	1120	590	925	300
	112.5	1050	1320	1120	590	962	280
	150	1050	1320	1120	590	1010	260
	225	1430	1595	1450	590	2018	845
	300	1430	1595	1450	590	2283	759
	500	1600	2052	1525	590	3122	1317
	750	1675	2070	1650	590	4078	1826
	1000	1675	1880	2560	590	4095	1511
18	1500	1820	2330	2110	590	5049	1690
	30	1050	1320	1120	590	843	345
	45	1050	1320	1120	590	873	313
	75	1050	1320	1120	590	940	298
	112.5	1198	1320	1120	590	1119	347
	150	1198	1320	1120	590	1130	365
	225	1430	1580	1450	590	3033	888
	300	1430	1685	1450	590	2240	855
	500	1600	2052	1525	590	3334	1391
	750	1675	2070	1650	590	4191	1804
34.5	1000	1675	1880	2560	590	4143	1505
	1500	1820	2330	2110	590	6059	1715

Transformador trifásico Anillo Norma NMX-J-285

CLASE (KV)	CAPACIDAD (KVA)	A	B	C	D	Peso Total (Kgs.)	Aceite (Lts.)
15	30	1400	1565	1160	590	1376	656
	45	1400	1565	1160	590	1405	649
	75	1400	1565	1160	590	1462	636
	112.5	1400	1565	1160	590	1533	619
	150	1500	1675	1160	590	1618	600
	225	1445	1675	1450	590	2296	868
	300	1445	1675	1450	590	2334	871
	500	1585	1845	1525	590	3087	1117
	750	1675	2070	1650	590	4078	1826
	1000	1675	1880	2560	590	4095	1511
	1500	1820	2330	2110	590	5049	1690
18	30	1400	1565	1160	590	1440	643
	45	1400	1565	1160	590	1464	637
	75	1400	1565	1160	590	1516	625
	112.5	1400	1565	1160	590	1570	612
	150	1400	1565	1160	590	1647	595
	225	1445	1675	1450	590	2287	871
	300	1445	1675	1450	590	2346	786
	500	1600	1845	1525	590	3122	1113
	750	1675	2070	1650	590	4191	1804
	1000	1675	1880	2560	590	4143	1505
	1500	1820	2330	2110	590	6059	1715



Capítulo 10 Armónicos

10.1 Introducción.

Es bien conocido que con el afán de hacer un uso eficiente de la energía eléctrica han proliferado las cargas electrónicas en las fábricas, por ejemplo, para controlar procesos se tienen cada vez más PLCs y computadoras. En procesos que requieren de velocidad variable se tienen cada vez más controles de frecuencia variable ("adjustable frequency drives") o controladores electrónicos de motores de CD ("DC drives"). Esto hace a los procesos de fabricación más eficientes y el producto es de mejor calidad, pero por lo general de los controladores electrónicos son más sensibles a problemas en el suministro eléctrico ("power quality"). Por ejemplo, un control, electrónico de CD ("dc drive") es más eficiente que un control que emplee un motor de CA y un generador de CD ("Ward Leonard"), pero el "dc drive" es más sensible a disturbios en el suministro eléctrico. En este artículo se presentan algunas definiciones e ilustraciones relacionadas con la calidad del suministro eléctrico, se describen algunos de los problemas ocasionados por los disturbios, se exponen métodos para determinar el costo de los paros y se pone de manifiesto la necesidad de que ciertas plantas, centros de computo y hospitales cuenten con monitores de disturbios.

10.2. Definiciones e ilustraciones

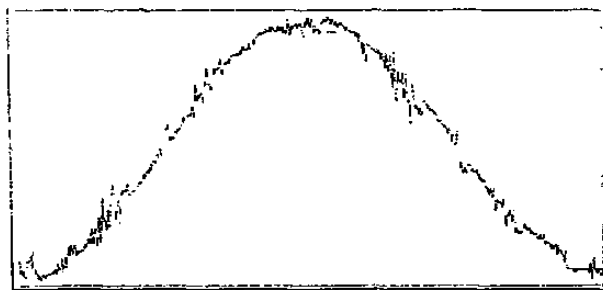
Carga crítica. Aquella que al dejar de funcionar o al funcionar inapropiadamente pone en peligro la seguridad del personal y/o ocasiona grandes perjuicios económicos. Por ejemplo, un paro no programado en un molino de laminación es muy costoso, mientras que la pérdida de un centro de

información en un banco o el mal funcionamiento de los sistemas de diagnóstico en un hospital pueden ser catastróficos.

Carga sensible. Aquella que requiere de un suministro de alta calidad, esto es, libre de disturbios. Como ya se mencionó, el equipo electrónico es más susceptible a los disturbios que el equipo electromecánico tradicional.

Ruido. Señal eléctrica indeseable que produce efectos adversos en los circuitos de control.

Fig. 1



Captura: TekScope THS710, 2 de marzo de 1996, ail, jdlr.

Fig. 1 Voltaje con ruido.

Ruido de modo común. Ruido de voltaje que aparece (con la misma magnitud y en fase) en los dos conductores que llevan corriente con respecto a tierra.

Fig.2

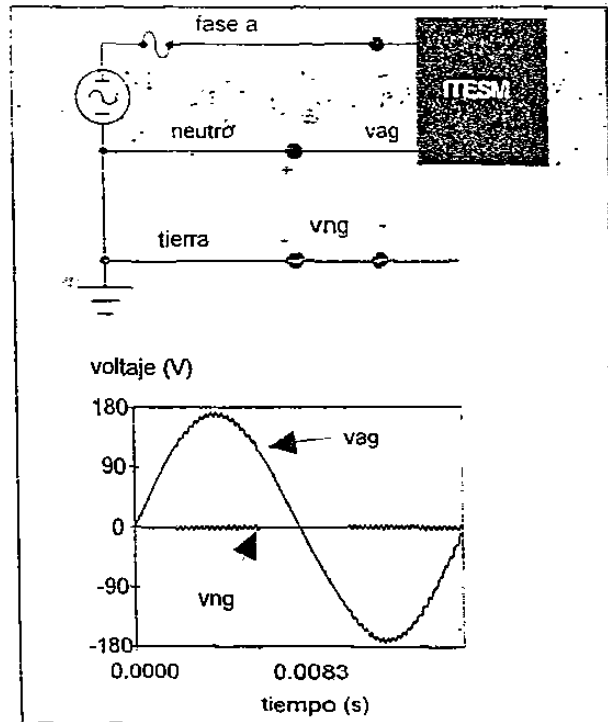


Fig. 2 Ruido de modo común

El voltaje de fase a neutro no contiene ruido, esto es, v_{an} es una senoidal pura.

Ruido de modo diferencial. Señal de ruido que aparece entre fase y neutro; pero no entre estos conductores y tierra, ver la fig. 3. el voltaje de fase a tierra es una senoidal pura y el voltaje de neutro a tierra es cero.

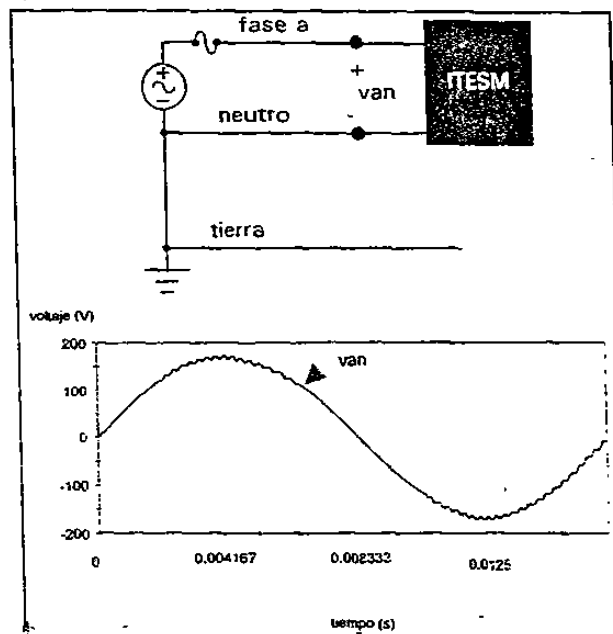
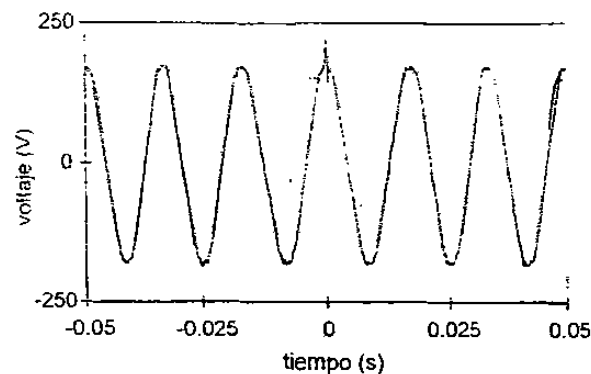


Fig.3. Ruido de modo diferencial

“Transient voltaje surge”, Impulso. Disturbio en el voltaje de alimentación que dura menos de medio ciclo y que inicialmente tiene la misma polaridad que el voltaje normal, de tal manera que el disturbio se suma a la forma de onda nominal, (es un transitorio, Figura 4). Los transitorios son ocasionados por maniobras con interruptores y por descargas atmosféricas.



THS 710, 5 de Oct. de 1995, all, jarp, atp.

Fig. 4. “Transient voltaje surge”

Hendidura, “Noutch”. Disturbio en el voltaje de alimentación que dura menos de medio ciclo y que inicialmente tiene polaridad opuesta al voltaje normal, de tal manera que el disturbio se resta a la forma de onda nominal, (es un transitorio). Las muescas o “notches” son ocasionados por cortos entre fases debido a la conmutación de los SCRs. Cuando un SCR se debe encender y el de otra fase se debe apagar hay un corto tiempo en el cual los dos conducen y se ocasiona el corto entre fases. La fig. 5 es el voltaje de fase a tierra en terminales de un UPS.

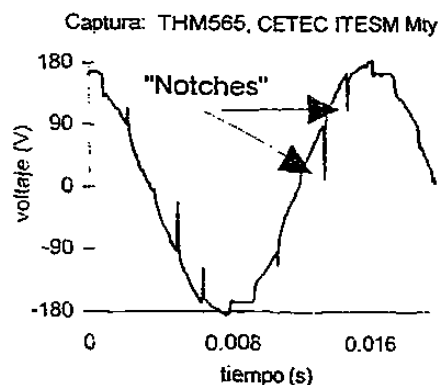
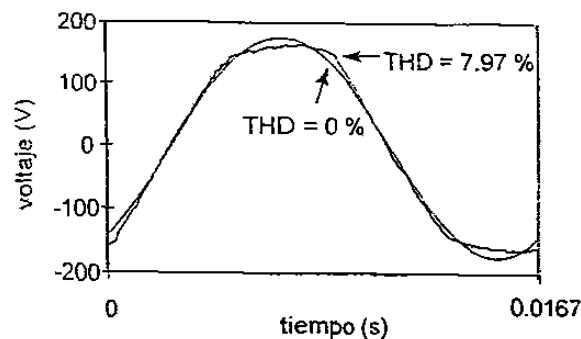


Fig.5 “Hendiduras”

Distorsión en el voltaje. El equipo electrónico moderno demanda la corriente en forma discontinua, este tipo de cargas son no lineales o no senoidales. La caída que esta corriente produce en el sistema de alimentación puede ocasionar que el voltaje se distorsione como se muestra en la figura 6. La mayoría de los equipos de cómputo toleran una distorsión de hasta el 5%.



Captura: THM565, regulador 2 julio de 1995. Fig. 6 Distorsión en el voltaje en un centro de cómputo.

“Sag”. Reducción en el valor efectivo del voltaje de alimentación con duración de medio ciclo a 3600 ciclos (de 8.333 ms a 60 s), figura 7.

“Undervoltage”. Reducción del valor efectivo del voltaje de alimentación con duración de más de un minuto. El “undervoltage” difiere del “sag” solo en que dura más.

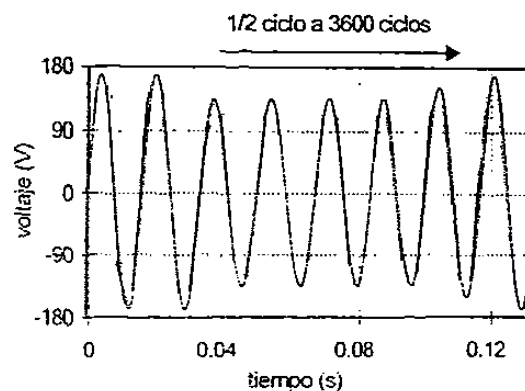


Fig. 7. “Sag”

“Swell”. Aumento en el valor efectivo del voltaje de alimentación con duración de medio ciclo a unos 600 ciclos (de 8.333 ms a 10 s), figura 8.

“Overvoltage”. Sobrevoltaje. Aumento en el valor efectivo del voltaje de alimentación con duración de más de diez segundos. El “overvoltage” difiere del “swell” solo en que dura más.

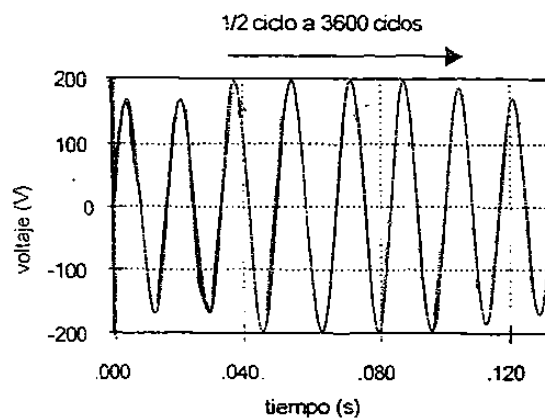


Fig. 8. “Swell”

Interrupción. La pérdida total de voltaje durante un período de tiempo.

Parpadeo o “Flicker”. Variación de voltaje con amplitud suficiente para que se aprecie en las fuentes luminosas. En algunos casos se aprecia el parpadeo en los monitores.

Las definiciones anteriores se basan en las referencias (1,2 y 3). Recientemente la IEEE publicó el estándar IEEE 1159-1995.

10.3. ¿Qué son las armónicas?

De acuerdo al Teorema de Fourier, una función que se repite cada T segundos (esto es, una función con período T) puede expresarse como una suma infinita de senos y cosenos, tal como se muestra a continuación.

$$f(t) = a_0 + a_1 \cos (1 \times \omega_1 t) + b_1 \sin (1 \times \omega_1 t) + a_2 \cos (2 \times \omega_1 t) + b_2 (2 \times \omega_1 t) \\ + a_3 \cos (3 \times \omega_1 t) + b_3 \sin (3 \times \omega_1 t) + a_4 \cos (4 \times \omega_1 t) + b_4 (4 \times \omega_1 t) \\ + \dots$$

Donde $\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$ es la frecuencia angular en rad.
s

La suma $a_1 \cos (1 \times \omega_1 t) + b_1 \sin (1 \times \omega_1 t)$ es la componente fundamental y tiene la misma frecuencia y el mismo período T que la función que deseamos descomponer en senos y cosenos.

Además de la componente fundamental, aparece una componente de valor constante, a_0 , ésta es el valor promedio o componente de corriente directa.

La suma $a_2 \cos (2 \times \omega_1 t) + b_2 \sin (2 \times \omega_1 t)$, es la segunda armónica y tiene una frecuencia igual al doble de la frecuencia de la función periódica $f(t)$. La suma $a_3 \cos (3 \times \omega_1 t) + b_3 \sin (3 \times \omega_1 t)$, es la tercera armónica y tiene una frecuencia igual al triple de la frecuencia de la función periódica $f(t)$. Las componentes de frecuencia mayor a ω_1 son las llamadas armónicas.

Resumiendo, tenemos que la suma del valor promedio, la fundamental (senoidal) y las armónicas (senoidales) resulta en una forma periódica que puede verse no muy senoidal.

Ejemplo: **Computadoras.** Se tiene una fuente de voltaje sin distorsión a una frecuencia de 60 hz, $v (w_1 \times t) = 127 \times \sqrt{2} \times \sin (w_1 \times t)$, donde $w_1 = 120 \times \pi$, rad. Un grupo de computadoras extrae 3 amp. Rms de corriente. Dicha corriente puede aproximarse utilizando la siguiente recete de fourier:

	% fundamental	% de total	Signo del sin
Fundamental	100.0 %	67.88	+
Tercera	80.1	54.37	-
Quinta	60.6	41.13	+
Séptima	37.0	25.12	-
Novena	15.7	10.67	+

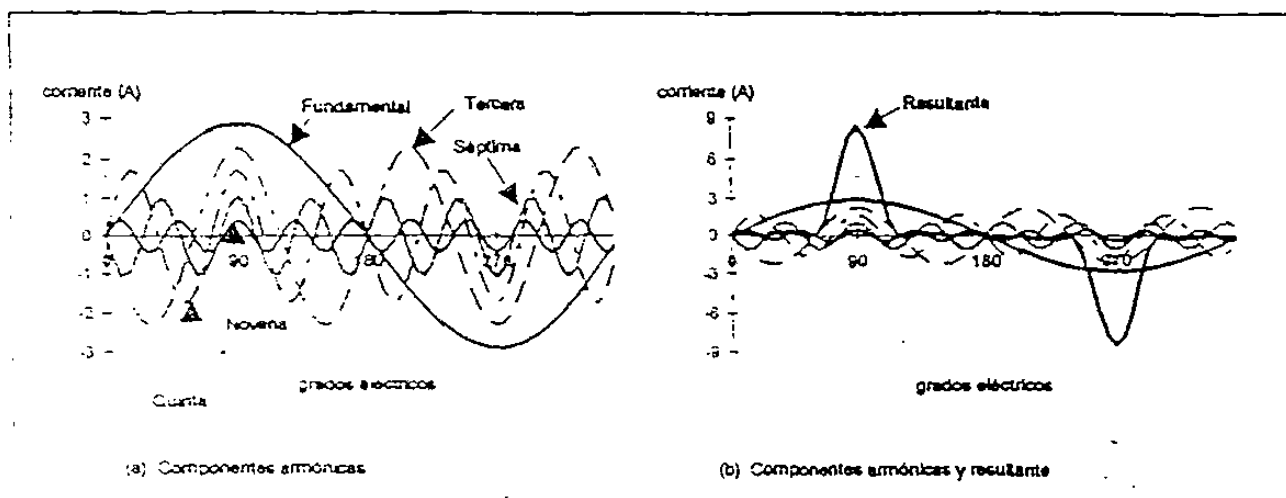
Aplicando la receta anterior tenemos lo siguiente:

De fundamental,	$i_1 (w_1 \times t) = 3 \times 0.6788 \times \sqrt{2} \times \sin (1 \times w_1 \times t), A$
De tercer armónica,	$i_3 (w_1 \times t) = - 3 \times 0.5437 \times \sqrt{2} \times \sin (3 \times w_1 \times t), A$
De quinta armónica,	$i_5 (w_1 \times t) = 3 \times 0.4113 \times \sqrt{2} \times \sin (5 \times w_1 \times t), A$
De séptima armónica	$i_7 (w_1 \times t) = - 3 \times 0.2512 \times \sqrt{2} \times \sin (7 \times w_1 \times t), A$
De novena armónica,	$i_9 (w_1 \times t) = 3 \times 0.1067 \times \sqrt{2} \times \sin (9 \times w_1 \times t), A$

La suma de fundamental y armónica es

$$\begin{aligned}
 i (w_1 \times t) = & + 2.88 \times \sin (1 \times w_1 \times t) - 2.31 \times \sin (3 \times w_1 \times t) \\
 & + 1.75 \times \sin (5 \times w_1 \times t) - 1.07 \times \sin (7 \times w_1 \times t) \\
 & + 0.45 \times \sin (9 \times w_1 \times t)
 \end{aligned}$$

Las gráficas de la corriente total (que casi llega a 9 amp), la fundamental y las armónicas se muestran a continuación:



En la gráfica anterior, la fundamental es una onda sinusoidal pura, i.e. no tiene distorsión. Lo mismo ocurre cuando consideramos individualmente a las armónicas. La onda resultante que se asemeja a la que toman las computadoras, las videocaseteras y los hornos de microondas, entre otros, tiene mucha distorsión. La receta anterior de corriente en computadoras está simplificada, pues no considera armónicas de alta frecuencia, además los ángulos de fase (dados por los signos) de las armónicas consideradas en la receta no son los exactos. La figura siguiente muestra una captura y la aproximación dada por la receta, ambas tienen el mismo ángulo de fase en componente fundamental y el mismo valor rms total.

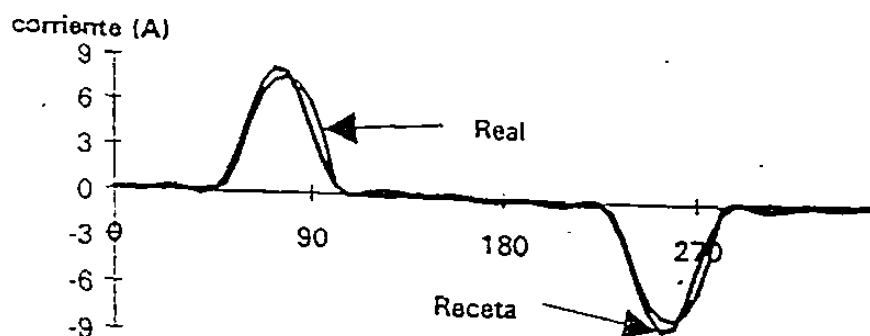
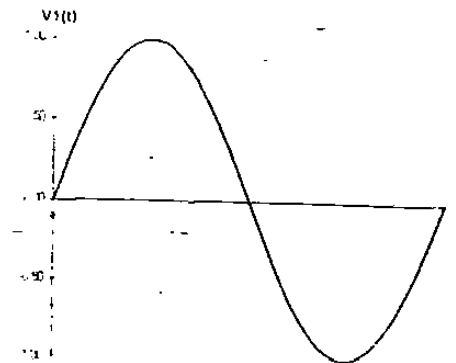


Figura: grados eléctricos

10.4. Bases teóricas

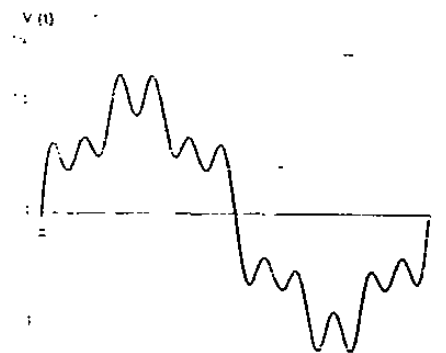
Ondas sinusoidales puras y distorsionadas (componentes armónicas)

La figura siguiente muestra una onda sinusoidal pura, tal como sería la onda de tensión proporcionada por un generador ideal o las ondas de tensión y de corriente que detectaríamos en los sistemas eléctricos si, además de estar alimentados por fuentes ideales de tensión o de corriente, contaran con cargas idealmente lineales.



Onda periódica (sinusoidal pura)

La figura siguiente muestra una onda distorsionada, tal como es común encontrar cuando se analizan las ondas de corriente o de tensión en los sistemas eléctricos actuales. En estos casos, recordando un conocido teorema de análisis matemático: teorema de Fourier, decimos que la onda viene "contaminada" con componentes armónicas.



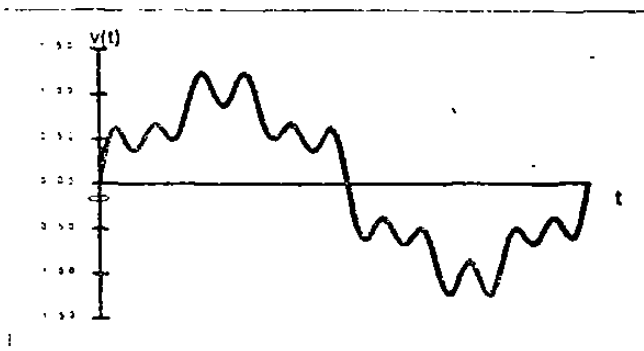
Onda periódica (distorsionada)

10.4.1. Descomposición de una onda periódica en componentes fundamental y armónicas

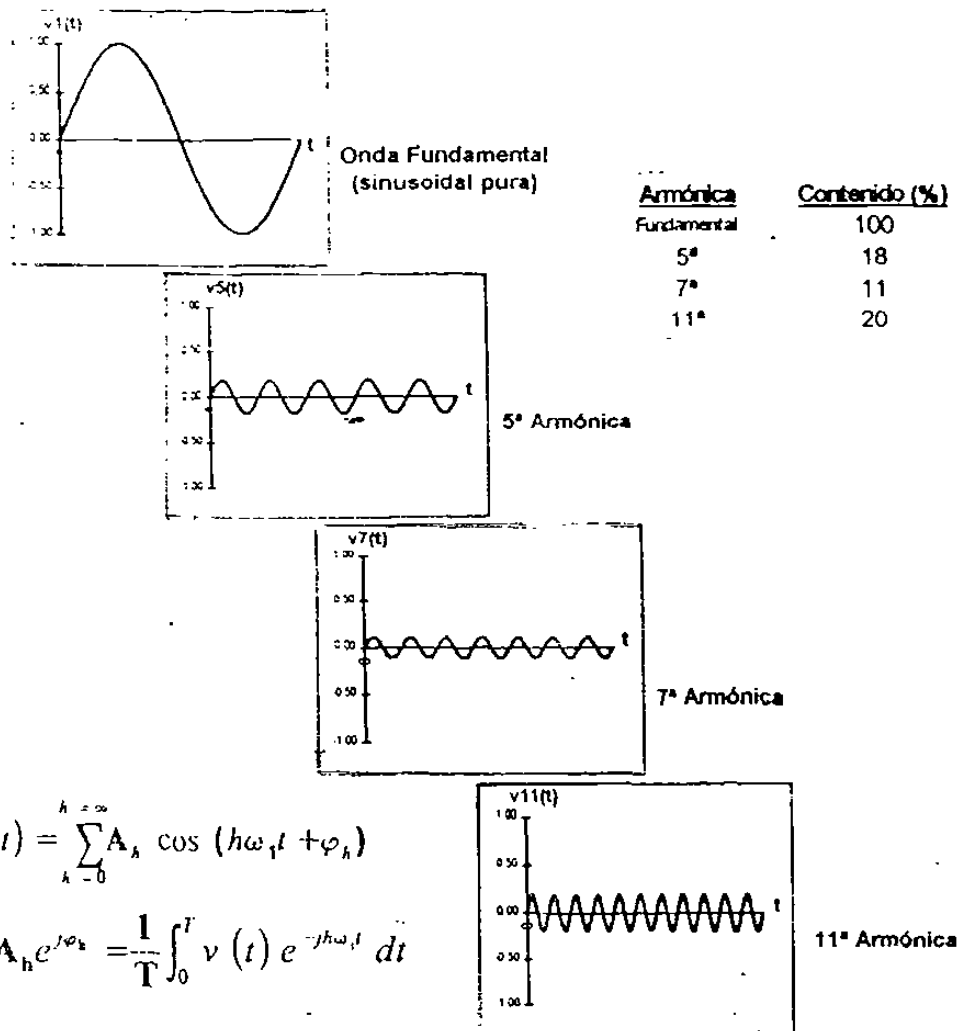
En la figura siguiente se muestra como una onda distorsionada con corrientes armónicas puede ser descompuesta en una onda sinusoidal pura (llamada onda fundamental) del mismo periodo que la onda original y una serie de ondas sinusoidales de frecuencias múltiplos exactos de la frecuencia de la onda fundamental (llamadas componentes armónicas), que sumadas entre sí y con la onda fundamental reproducen la onda distorsionada original.

Como veremos más adelante, la aplicación del teorema de Fourier que hemos mencionado anteriormente permite efectuar el análisis de la onda distorsionada original determinando las amplitudes y los desfases de cada una de las ondas sinusoidales que constituyen las armónicas, así como la amplitud de la onda sinusoidal fundamental y la posible presencia de una componente continua, determinada por una simple constante.

A la relación de órdenes de armónicas contenidas en la onda fundamental y sus amplitudes correspondientes se le denomina espectro de armónicas de la onda original distorsionada.



Onda periódica real (distorsionada).



10.4.2. Valores eficaces (rms)

En el desarrollo siguiente muestra la definición de corriente eficaz de una corriente sinusoidal, como la corriente directa que proporcionaría la misma pérdida calorífica (efecto Joule) aplicada a una resistencia pura que dicha corriente sinusoidal aplicada a la misma resistencia. Esta definición es la misma para cualquier tipo de onda de corriente.

En este desarrollo se muestra también el cálculo de la relación entre la corriente eficaz de una onda sinusoidal y la amplitud de la misma, así como la

definición de valor eficaz de una onda sinusoidal de tensión y la ley de Ohm generalizada a redes pasivas, relacionando entre sí valores eficaces (en notación fasorial) de tensión y de corriente.

Valores eficaces (rms)

Disipación de calor en una resistencia : $p(t) = R i^2(t)$

Energía media disipada en un ciclo : $P = \frac{R}{T} \int_0^T i^2(t) dt$

En caso de corrientes sinusoidales : $i(t) = I_m \cos(\omega t + \rho)$

$$i^2(t) = \frac{I_m^2}{2} [1 + \cos(2\omega t + 2\rho)]$$

De donde : $P = R \frac{I_m^2}{2}$

Se define : $I = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ [VALOR EFICAZ DE $i(t)$]

Por otra parte :

$$p_{ob}(t) = v_{ab}(t) i_{ob}(t)$$

y en caso de una resistencia pura :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p_{ob}(t) dt = \frac{1}{2} V_m I_m$$

Definiendo : $V = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ [VALOR EFICAZ DE $v(t)$]

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

Quedando la ley de Ohm generalizada a redes pasivas :

$$\bar{V} = \bar{Z}(j\omega) \bar{I}$$

siendo : $\bar{V} = \frac{\bar{V}_m}{\sqrt{2}}$

$$\bar{I} = \frac{\bar{I}_m}{\sqrt{2}}$$

10.4.3. Potencia activa y reactiva instantáneas

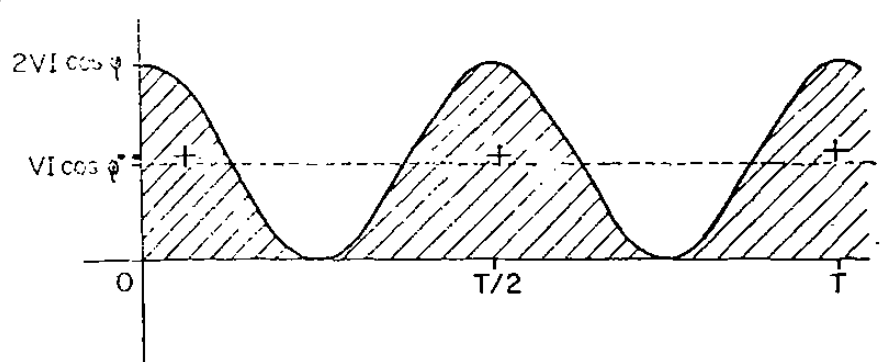
El siguiente desarrollo muestra en forma gráfica la forma de onda de las potencias activa y reactiva instantáneas entregadas a una red pasiva de dos terminales al aplicar a la misma una tensión sinusoidal $v_{ab}(t)$.

Puede verse como la potencia activa circular solamente en un sentido. Es decir, se trata de una energía que se está portando a la red en todo momento, mientras que la potencia reactiva instantánea cambia de sentido siguiendo una ley sinusoidal de frecuencia doble que la frecuencia de la onda de tensión aplicada a la red. Es decir, se trata de una energía que se aporta a la red cada cuarto de ciclo de la onda fundamental y se regresa a la fuente cada cuarto de ciclo siguiente. Por consiguiente, la energía reactiva va y viene sin consumirse en la red, mientras que energía activa se consume íntegramente en la misma, aunque en forma también fluctuante.

Potencia activa y reactiva instantáneas

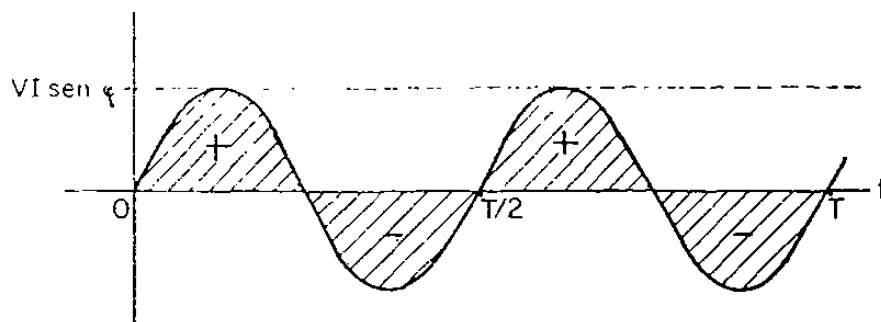
POTENCIA ACTIVA INSTANTANEA entregada a la red :

$$[p_{ab}(t)]_A = V I \cos \varphi [1 + \cos (2\omega t + 2\alpha)]$$



POTENCIA REACTIVA INSTANTANEA entregada a la red :

$$[p_{ab}(t)]_R = V I \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} (2\omega t + 2\alpha)$$

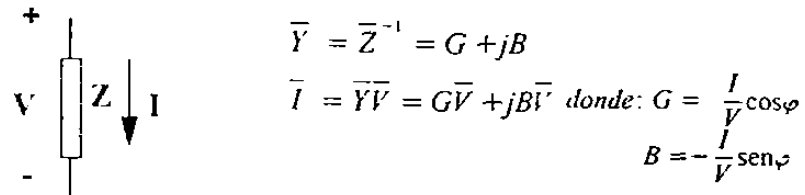


10.4.4. Potencias activa y reactiva integradas en un ciclo

El siguiente desarrollo muestra la integración en un ciclo de ambas potencia instantáneas activa y reactiva definiéndose como potencias activas y reactivas integradas a los módulos de estos dos tipos de potencia oscilantes. Se define también en el anexo el concepto de potencia aparente y la relación fasorial entre tensión aplicada, corriente activa, corriente reactiva, potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente.

Potencia activa y reactiva integradas en un ciclo

Potencia entregada a una red pasiva de dos terminales :



$$pab(t) = VI \cos \varphi [1 + \cos(2\omega t + 2\alpha)] - VI \sin \varphi \sin(2\omega t + 2\alpha)$$

Sustituyendo:

$$pab(t) = GV^2 [1 + \cos(2\omega t + 2\alpha)] + BV^2 \sin(2\omega t + 2\alpha)$$

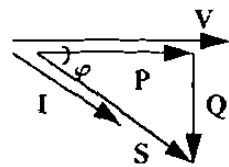
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T pab(t) dt = GV^2 = VI \cos \varphi \quad [\text{Potencia Activa}]$$

$$Q = BV^2 = -VI \sin \varphi \quad [\text{Potencia Reactiva}]$$

$$S = VI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad [\text{Potencia Aparente}]$$

$$\bar{S} = S e^{-j\varphi} \quad [\text{Potencia Compleja}]$$

Se tiene:



$$\begin{cases} P = R_e \bar{S} \\ Q = I_m \bar{S} \end{cases}$$

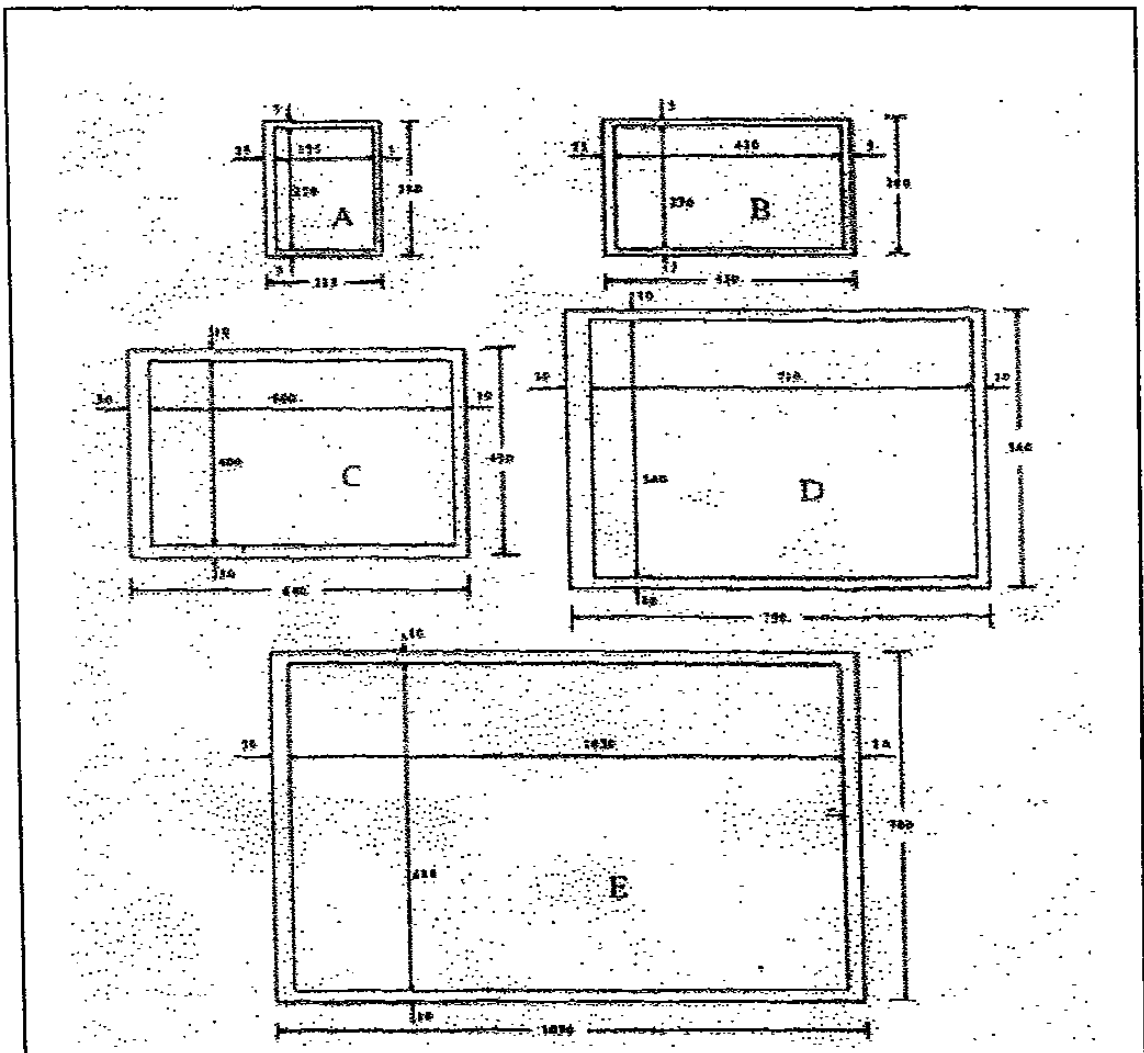
$$G\bar{V} = \frac{\bar{V}}{V} (I \cos \varphi) \quad [\text{Corriente Activa}]$$

$$B\bar{V} = \frac{\bar{V}}{V} (I \sin \varphi) \quad [\text{Corriente Reactiva}]$$

f). Todas las acotaciones de los dibujos de esta norma están indicadas en milímetros.

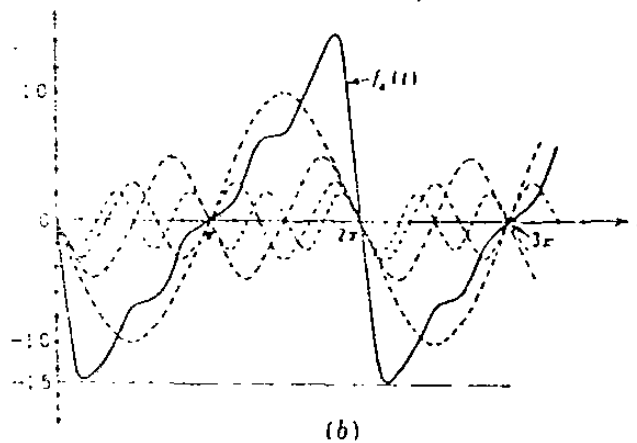
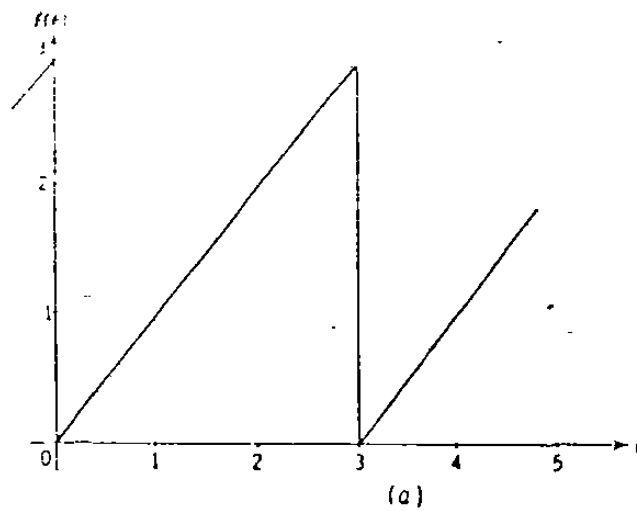
13.2 Tamaño de los planos.

Se identifican alfabéticamente como sigue:



Funciones periódicas.- ejemplo:

La función $f(t)$ es una función periódica de período $T = 3$



La función $f_a(t)$ está integrada por la suma:

$$f_a(t) = \frac{3}{2} - \frac{3}{\pi} \left(\sin \frac{2\pi}{3} t + \frac{1}{2} \sin \frac{4\pi}{3} t + \frac{1}{3} \sin \frac{6\pi}{3} t + \frac{1}{4} \sin \frac{8\pi}{3} t \right)$$

10.4.6. Onda fundamental y funciones armónicas

La función periódica $f_a(t)$, de pulsación $\omega = \frac{2\pi}{3}$ y período $T = 3$, del párrafo

anterior, está integrada por la suma algebraica de una constante : $3/2$ y de cuatro funciones sinusoidales:

$$\frac{3}{\pi} \operatorname{Sen} \frac{2\pi}{3} t$$

$$\frac{3}{2\pi} \operatorname{Sen} \frac{4\pi}{3} t$$

$$\frac{1}{\pi} \operatorname{Sen} \frac{6\pi}{3} t$$

$$\frac{3}{4\pi} \operatorname{Sen} \frac{8\pi}{3} t$$

La primera de pulsación $\omega_1 = \frac{2\pi}{3}$ y las otras de pulsaciones 2, 3 y 4 veces

(múltiplos), respectivamente, de la primera.

La primer función sinusoidal se llama onda fundamental y las siguientes son armónicas de la primera. También se dice que son componentes armónicas de la función $f_a(t)$.

LA FUNCIÓN $f_a(t)$ DEL PÁRRAFO ANTERIOR CONSTITUYE UNA APROXIMACIÓN DE LA FUNCIÓN $f(t)$ DE LA MISMA FIGURA.

10.4.7. Teorema de Fourier

El siguiente desarrollo ilustra el enunciado del teorema de Fourier mencionado en incisos anteriores y la definición de las llamadas series de Fourier.

TEOREMA DE FOURIER

Para cualquier función $f(t)$ periódica, de período T , no necesariamente continua:

$$f(t) = \sum_{h=0}^{h=\infty} A_h \cos(h\omega_1 t + \varphi_h)$$

Siendo:

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T} \text{ (pulsación de la onda fundamental)}$$

$$\frac{1}{T} = f_1 \text{ (frecuencia de la onda fundamental)}$$

$$\varphi_0 = 0$$

10.4.8. Potencias en una red con flujo de corrientes armónicas (cargas lineales)

En el desarrollo siguiente se muestra el cálculo de la potencia instantánea entregada a una red pasiva de dos terminales (carga lineal) cuando se le aplica una onda de tensión no sinusoidal, representada analíticamente por su desarrollo en serie de Fourier. El anexo muestra también el cálculo de la corriente eficaz circulante entre terminales, la potencia activa entregada a la red, la potencia reactiva instantánea circulante y las corrientes activas y reactivas resultantes.

$$\text{Suponiendo } V_{uh}(t) = \sum_{h=-\infty}^{\infty} \sqrt{2} V_h \cos(h\omega_1 t + \alpha_h) = \sum_{h=-\infty}^{\infty} \sqrt{2} \bar{V}_h e^{j h \omega_1 t}$$

$$\text{donde } \bar{V}_h = \frac{1}{2} V_h e^{-j\alpha_h} \quad \text{y} \quad \bar{V}_{-h} = \bar{V}_h^* \quad (\sqrt{2} \bar{V}_0 = V_0)$$

aplicada a una red pasiva de dos terminales, de admitancia $\bar{Y}(j\omega) = G + jB$, y la onda de corriente

$$\text{de respuesta } i_{uh}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sqrt{2} I_k \cos(k\omega_1 t + \beta_k) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sqrt{2} \bar{I}_k e^{j k \omega_1 t}$$

$$\text{donde } \bar{I}_k = \frac{1}{2} I_k e^{-j\beta_k} \quad \text{e} \quad \bar{I}_{-k} = \bar{I}_k^* \quad (\sqrt{2} \bar{I}_0 = I_0)$$

$$\text{Se define } \varphi_h = \alpha_h - \beta_h$$

Corriente eficaz:

$$I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i_{uh}^2(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\sum_{k=-\infty}^{\infty} \sqrt{2} \bar{I}_k e^{j k \omega_1 t} \right)^2 dt = \sum_{k=0}^{\infty} I_k^2$$

Potencia activa.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T V_{ab}(t) i_{ab}(t) dt = V_0 I_0 + \sum_{h=1}^{h=\infty} \left(\frac{V_h I_h}{2} e^{j\varphi} + \frac{V_h I_h}{2} e^{-j\varphi} \right) = V_0 I_0 + \sum_{h=1}^{h=\infty} V_h I_h \cos \varphi_h$$

Potencia entregada a la red pasiva de dos terminales, cuando $V_0 = 0$ e $I_0 = 0$.

Por el principio de superposición :

$$p_{ab}(t) = \sum_{h=1}^{h=\infty} \left\{ V_h I_h \cos \varphi_h [1 + \cos(2h\omega_1 t + 2\alpha_h)] + V_h I_h \sin \varphi_h \sin(2h\omega_1 t + 2\alpha_h) \right\}$$

De donde se deduce la misma expresion de P, calculada anteriormente.

10.4.9. Potencias en una red con flujo de corrientes armónicas (cargas no lineales)

En los párrafos siguientes se muestran el cálculo de la corriente eficaz y las potencias activa y reactiva entregadas a una carga no lineal cuando se le aplica una onda de tensión sinusoidal pura y se obtiene como respuesta una onda de comente distorsionada, representada en los anexos por medio de su desarrollo en serie de Fourier. En los párrafos anteriores muestra también la definición de potencia aparente extendida al caso de haber presencia de corrientes armónicas y demuestra que la potencia aparente en este caso, se relaciona en forma cuadrática con las potencias activa y reactiva, tal como sucede en una red lineal sometida a una onda de tensión y su respuesta en. corriente, ambas sinusoidales puras. Sin embargo, la potencia reactiva contiene ahora un término adicional llamado potencia reactiva de distorsión armónica, que da cuenta de la energía reactiva que fluye por la red no lineal, transportada exclusivamente por las corrientes armónicas.

Suponiendo $v_{ab}(t) = \sqrt{2} V \cos(\omega_1 t + \alpha_1)$

y con respuesta $i_{ab}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \sqrt{2} I_k \cos(k\omega_1 t + \beta_k)$

Corriente eficaz :

$$I = \frac{1}{T} \int_0^T i_{ab}(t) dt = \sum_{k=1}^{\infty} I_k^2$$

Potencia activa :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v_{ab}(t) i_{ab}(t) dt = VI_1 \cos \varphi_1$$

Potencia reactiva :

Siendo I_1 la única corriente que entrega potencia activa, las demás armónicas se comportan como si $\varphi_k = 90^\circ$, para $k > 0$.

Por consiguiente, la potencia reactiva circulante será :

$$q_{ab}(t) = VI_1 \sin \varphi_1 \sin(2\omega_1 t + 2\alpha_1) + \sum_{h=2}^{\infty} VI_h \sin 2h\omega_1 t$$

Esta energía es equivalente a la que entregaría una corriente :

$$[i_{ab}(t)]_R = \sqrt{2} I_1 \sin \varphi_1 \sin(2\omega_1 t + 2\alpha_1) + \sum_{h=2}^{\infty} \sqrt{2} I_h \sin 2h\omega_1 t$$

impulsada por una tensión V .

Esta corriente tiene como valor eficaz :

$$I_R^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [i_{ab}(t)]_R^2 dt = I_1^2 \text{sen}^2 \varphi_1 + I_2^2 + I_3^2 + \dots$$

Siendo la potencia reactiva equivalente :

$$Q = V \sqrt{I_1^2 \text{sen}^2 \varphi_1 + I_2^2 + I_3^2 + \dots}$$

O bien : $Q^2 = V^2 I_1^2 \text{sen}^2 \varphi_1 + V^2 (I_2^2 + I_3^2 + \dots) = Q_1^2 + D^2$

Siendo : $Q_1 = V I_1 \text{sen} \varphi_1$ [POTENCIA REACTIVA FUNDAMENTAL]

$$D = V \sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots} \quad \text{[POTENCIA DE DISTORSION ARMONICA]}$$

Potencia aparente :

Por definición : $S = V I$

Desarrollando : $S^2 = V^2 I_1^2 \cos^2 \varphi_1 + V^2 I_1^2 \text{sen}^2 \varphi_1 + I_2^2 + I_3^2 + \dots$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

resultando : $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

10.5. Fuentes emisoras de corrientes armónicas en plantas industriales

La norma LEEE 519-1992, relativa a "prácticas recomendadas y requerimientos para el control de armónicas en sistemas eléctricos de potencia" agrupa a las fuentes emisoras de corrientes armónicas en tres categorías diferentes:

- A. Dispositivos electrónicos de potencia (convertidores, rectificadores, etc.)
- B. Dispositivos productores de arcos eléctricos (hornos de arco, luz fluorescente, máquinas soldadoras, etc.).
- C. Dispositivos ferromagnéticos (transformadores, etc.).

A estas tres categorías podemos agregar una cuarta

- D. Motores eléctricos que mueven cargas de par torsor bruscamente variable (molinos de laminación, trituradores, etc.).

A continuación se presenta un listado, en forma más específica, de las fuentes emisoras de corrientes armónicas encontradas típicamente en plantas industriales. Son las siguientes:

- Motores de corriente directa
- Convertidores de frecuencia (variadores de velocidad)
- Traforrectificadores (en procesos químicos)
- Reactores controlados por tiristores (compensadores estáticos)
- Interruptores gobernados por tiristores
- Hornos de arco
- Equipos de soldar
- Transformadores sobreexcitados

- Molinos de laminación
- Molinos trituradores
- En general, cargas no lineales.

10.5.1. Motores de corriente directa

La siguiente figura muestra la secuencia de corrientes armónicas emitidas por motores de corriente directa y, en general, convertidores estáticos y rectificadores, dependiendo del número de pulsos p con que opera el rectificador y suponiendo que el dispositivo electrónico que controla los cortes de tensión funcione correctamente la expresión:

$$H = np \pm (n = 1, 2, 3, \dots \text{ etc.})$$

Da los diferentes órdenes de armónica h emitidas.

La expresión:

$$I_h = I_M / h$$

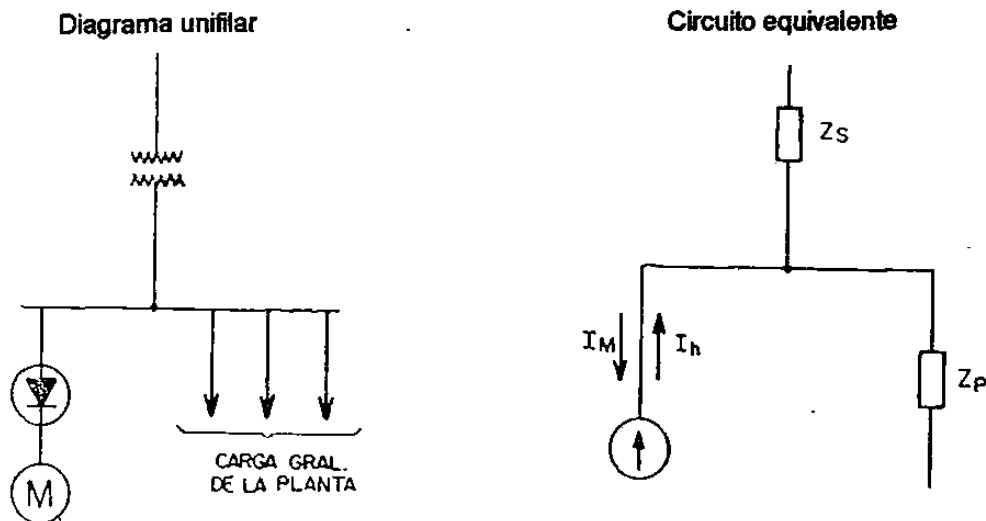
da la corriente I_h , emitida de cada armónica, en función de la corriente nominal del motor I_M , a frecuencia fundamental.

Es importante notar, para el análisis del flujo y distribución de estas corrientes a través del sistema eléctrico en que se están generando, que estas fuentes emisoras se comportan prácticamente como fuentes de corriente ideales, es decir, que la corriente emitida para cada armónica es la misma, independientemente de la impedancia que muestre la red en el punto donde está conectada la fuente emisora.

Para comprender el origen de la gran cantidad de energía que fluye por el sistema eléctrico, transportada por estas corrientes armónicas, es importante

notar que se trata de corrientes reactivas, del mismo tipo que la corriente que ocasiona el bajo factor de potencia a frecuencia fundamental, y que al estar defasadas noventa grados frente a la fuerza electromotriz (tensión) que las produce, transportan una energía que fluye de la fuente a la red eléctrica y viceversa, que no se consume más que por las pérdidas en calor generadas por el efecto Joule y efectos de histéresis y de corrientes parásitas.

Corrientes armónicas emitidas por motores de corriente directa y, en general, convertidores estáticos



$$h = n p \pm 1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots \text{etc.})$$

$$I_h = \frac{I_M}{h}$$

10.5.2. Convertidores de frecuencia (variadores)

Producen espectros similares en la onda de corriente a los producidos por los rectificadores que alimentan a motores de corriente directa, aunque la distorsión armónica total producida por variadores suele ser en la práctica de mayor intensidad que la producida por rectificadores de motores de corriente directa.

10.5.3. Traforrectificadores (en procesos químicos)

Producen la distorsión armónica típica de los rectificadores de seis o de doce pulsos.

10.5.4. Reactores controlados por tiristores (compensadores estáticos)

Producen la distorsión armónica típica de los rectificadores de seis pulsos.

10.5.5. Interruptores gobernados por tiristores

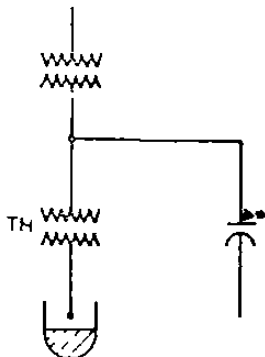
Producen la distorsión armónica típica de los rectificadores de seis pulsos.

10.5.6. Hornos de arco

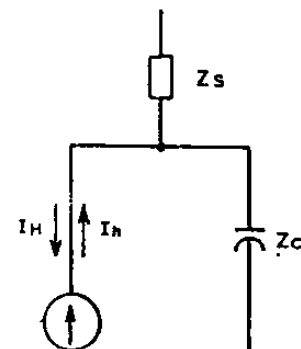
El siguiente diagrama muestra un espectro típico de las corrientes armónicas emitida por hornos de arco para fundición de acero.

Corrientes armónicas emitidas por hornos de arco para fundición de acero

Diagrama unifilar



Circuito equivalente



10.5.7. Equipos de soldadura

Producen fuertes distorsiones en la onda de corriente, con espectros variables según el modo de operación y la potencia de las máquinas soldadoras.

10.5.8. Transformadores sobreexcitados

Producen básicamente 3a. y 9a. armónicas en la onda de corriente.

10.5.9. Molinos de laminación

Producen espectros armónicos de forma aleatoria en la onda de corriente.

10.5.10. Molinos trituradores

Producen espectros armónicos de forma aleatoria en la onda de corriente.

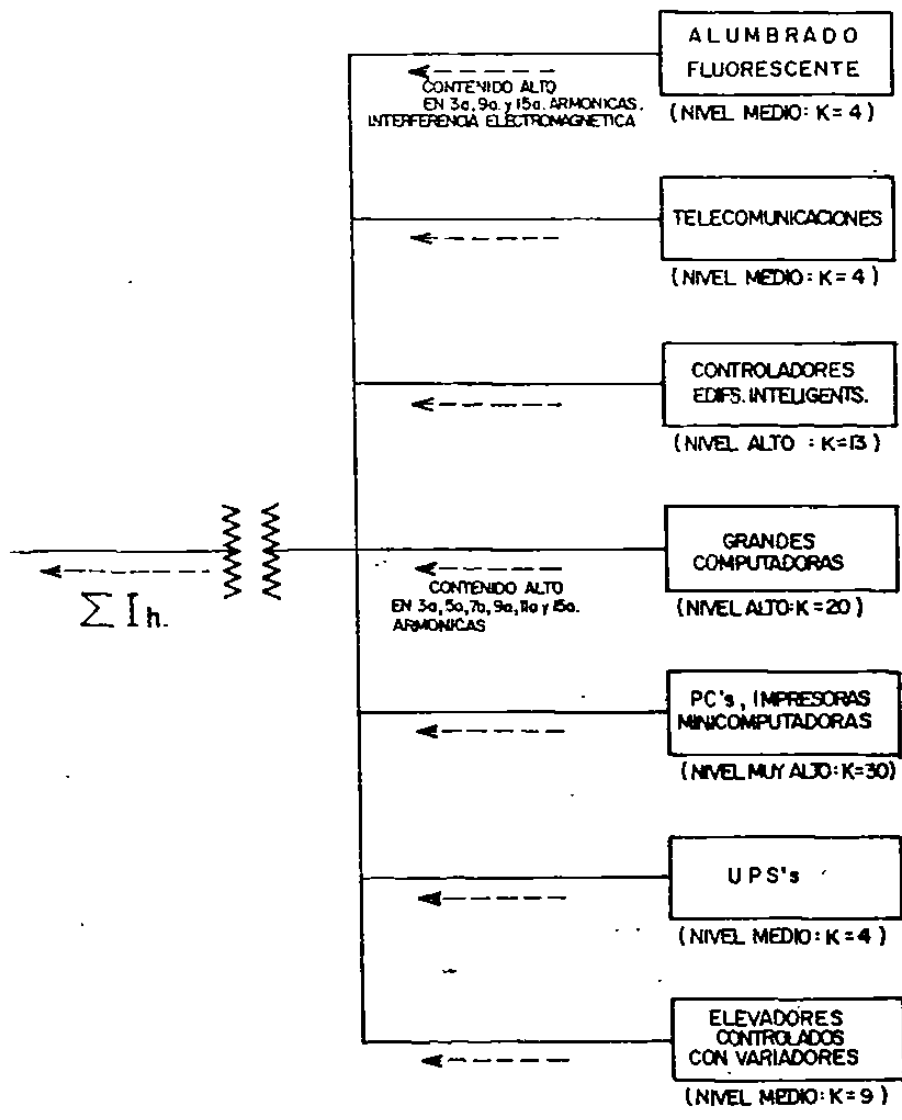
10.5.11. En general, cargas no lineales

Cualquier carga no lineal produce ondas de corriente distorsionadas con contenido de componentes armónicas, al aplicarle una onda de tensión, aunque ésta sea de forma sinusoidal pura.

10.6. Fuentes emisoras de corrientes armónicas en oficinas y otros edificios comerciales

El alumbrado fluorescente moderno y los equipos electrónicos de telecomunicaciones, controladores de energía, equipos de seguridad, alarmas, computadoras, elevadores controlados con electrónica de estado sólido.. .etc., instalados cada vez en mayores proporciones en los edificios modernos, provocan altos niveles de distorsión armónica que y es preciso tener en cuenta en la operación. mantenimiento y diseño de las redes eléctricas alimentadoras instaladas en los mismos. El contenido de 3a., 9a. y 15a. armónica que se viene encontrando ya en este tipo de instalaciones suele alcanzar niveles tan elevados que exigen la aplicación de técnicas apropiadas para su manejo y control, las cuales expondremos más adelante. Es de preverse que la situación empeore en años venideros, ya que se espera que el uso de este tipo de dispositivos electrónicos se quintuple en los cinco años faltantes par completar el siglo.

A continuación se muestra en forma de diagrama de bloques, un inventario de las fuentes emisoras de corrientes armónicas encontradas actualmente en oficinas y otros edificios comerciales pudiéndose incluir también otros como hospitales, hoteles.. .etc.



Factor K	Nivel de distorsión	Factor K	Nivel de distorsión
1	0	13	58
4	26	20	81
9	45	30	124

10.6.1. Alumbrado fluorescente

Produce niveles de distorsión armónica de hasta 26% en la onda de corriente.

La norma ANSI 62.4 1 recomienda valores máximos de 32%.

Los diseños eléctricos actuales presentan una gama muy variada de distorsión armónica e 1 onda de corriente, que oscila entre 5% y 30%, según el diseño.

En todos los casos, el espectro de éstas ondas muestra un alto contenido de 3a, 9a. y 15a armónicas.

Además, estos equipos pueden producir un alto grado de emisión magnética, tanto más importante cuánto más alta es su frecuencia de operación (las balastras electrónicas opera entre 20 y 40 KHz). Esto puede producir interferencias en equipos electrónicos lectores de barras, detectores de artículos en almacenes comerciales y bibliotecas, relojes, PL's... etc.

10.6.2. Equipos de telecomunicaciones

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 26% en la onda de corriente.

10.6.3. Controladores para edificios inteligentes

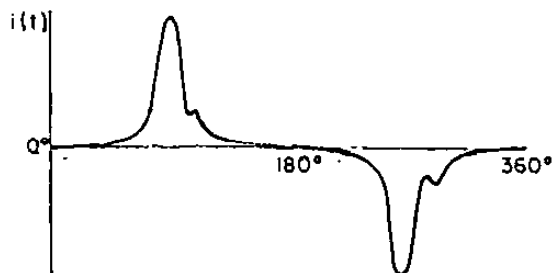
Producen niveles de distorsión armónica de hasta 58% en la onda de corriente.

10.6.4. Grandes computadoras

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 81% en la onda de comente. Enseguida se muestran la distorsión armónica típica provocada en la onda de corriente por diferentes diseños de fuentes de poder para computadoras.

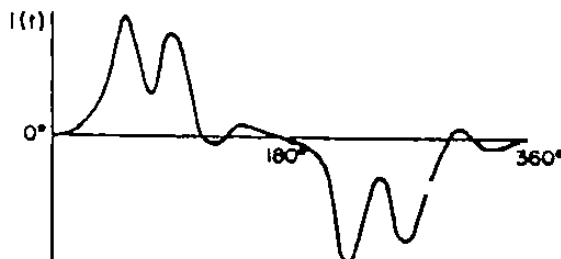
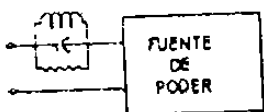
Distorsión armónica típica provocada en la onda de corriente por diferentes diseños de fuentes de poder para computadoras

Inductancia simple



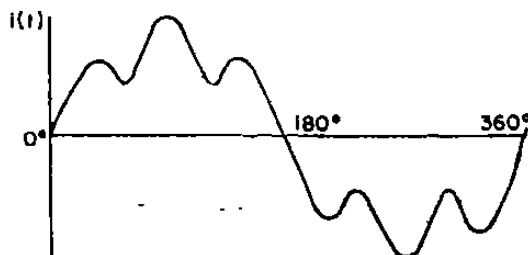
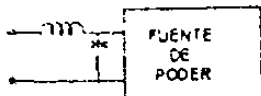
80% a 150% de distorsión
(muy alto contenido de 3ª, 9ª y 15ª armónica
junto con un alto contenido de 5ª, 7ª y 11ª armónica)

Resonancia paralelo



40% a 60% de distorsión
(alto contenido de 3ª, 5ª, 7ª, 9ª, 11ª y 15ª)

Resonancia serie



20% a 40% de distorsión
(contenido de 3ª, 5ª, 7ª, 9ª, 11ª y 15ª armónica)

10.6.5. PC's, impresoras, minicomputadoras, etc.

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 124% en la onda de corriente, con alto contenido en 3a., 5a., 7a., 9a., 11a. y 15a. armónicas.

10.6.6. Fuentes de energía ininterrumpida (UPS's)

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 26% en la onda de corriente.

10.6.7. Elevadores accionados por medio de control electrónico

Producen niveles de distorsión armónica de hasta 45% en la onda de corriente.

10.7. Distribución de las corrientes armónicas en las redes eléctricas

Cuando existen en una red eléctrica fuentes emisoras de corrientes armónicas de potencia significativa, se llegan a producir grandes flujos de este tipo de corrientes a través de la misma. que en primera instancia, ocasionan los mismos inconvenientes y perjuicios de las corrientes reactivas a frecuencia fundamental responsables del bajo factor de potencia. Adicionalmente, pueden producir otra serie de problemas graves que se tratarán más adelante.

El análisis de estos flujos de corriente se efectúa aplicando las leyes de Kirchhoff para cada componente armónica existente en la red y tomando en cuenta la variación de impedancia a diferentes frecuencias de los elementos componentes de la misma.

A cada una de las componentes armónicas I_h del espectro de emisión de la fuente de 1.2 MW. que fue analizado en los anexos 28 y 29, se le asigna 100% de contenido de amplitud a la salida de la fuente. El anexo 36 muestra cómo se distribuyen estas corrientes por el sistema eléctrico, de acuerdo a la ley de reparto proporcional a las admitancias que la corriente encuentra en cada nodo (2a. ley de Kirchhoff).

Al no existir capacitores en la red, el espectro de corriente se distribuye en los diferentes componentes de la misma sin variar su composición relativa, aunque sí su intensidad.

Todos los componentes de la red resultan sobrecargados con una parte de las corrientes armónicas emitida por la fuente, en distintas proporciones según sus admitancias respectivas.

10.7.2. Armónicas de tensión y corrientes de neutro

El mecanismo de generación de armónicas de tensión y corrientes de neutro.

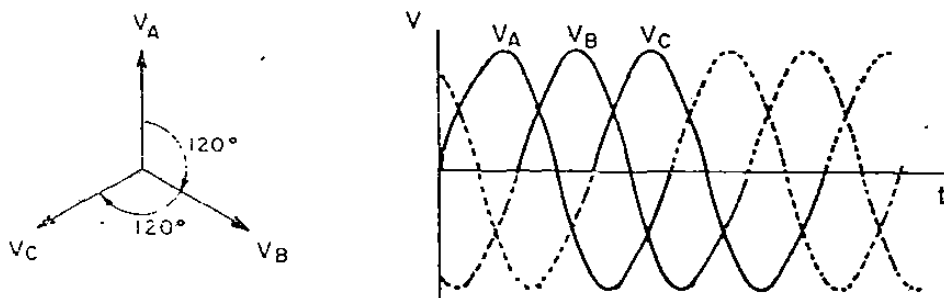
Las cargas no lineales producen corrientes armónicas $\sum I_{hc1}$ que fluyen por la línea de fase y neutro, provocando caídas de tensión en las impedancias de línea Z_L , de neutro Z_n e incluso impedancias internas Z_s de las fuentes de tensión de la red. Incluso pueden fluir por las redes de tierra si existe acoplamiento con la línea o neutro.

Estas caídas de tensión se combinan con la onda sinusoidal de la fuente V_s , resultando en fuentes de tensión distorsionada $\sum V_{hc2}$ para otras cargas lineales operando en paralelo.

10.7.3. Componentes simétricas en las corrientes armónicas

A continuación se explica el mecanismo por el que las armónicas de orden 4a., 7a., 10a., 13a. ...etc., se constituyen en corrientes de secuencia positiva, las armónicas de orden 2a., 5a., 8a., 11a... etc., se constituyen en corrientes de secuencia negativa y las armónicas 3a., 6a., 9a....etc., se constituyen en corrientes de secuencia cero.

El conocimiento de esta circunstancia ayuda a comprender el modo en que algunas corrientes armónicas tienden a fluir por la red eléctrica, como por ejemplo, la tendencia de las armónicas de secuencia cero a fluir por los hilos de neutro.



Orden de la armónica	Retraso total de V_{bh} respecto a V_{Ah}	Retraso efectivo de V_{bh} respecto a V_{Ah}	Secuencia
1	$1 \times 120^\circ$	120°	+
2	$2 \times 120^\circ$	240°	-
3	$3 \times 120^\circ$	0	0
4	$4 \times 120^\circ$	120°	+
5	$5 \times 120^\circ$	240°	-
6	$6 \times 120^\circ$	0	0
7	$7 \times 120^\circ$	120°	+

funcionamiento y fallos destructivos de equipos de potencia.

Efecto en cables y conductores: al circular corriente directa a través de un conductor se produce calentamiento como resultado de las pérdidas por efecto Joule, $I^2 R$, donde R es la resistencia a corriente esta dada por el producto de la densidad de corriente por el área transversal del conductor. A medida que aumenta la frecuencia de la corriente que transporta el cable (manteniendo su valor rms igual al valor de corriente directa) disminuye el área efectiva por donde ésta circula puesto que la densidad de corriente crece en la periferia exterior.

Por lo tanto, la resistencia a corriente alterna de un conductor es mayor que su valor a corriente directa y aumenta con la frecuencia, por ende también aumentan las pérdidas por calentamiento. A frecuencia de 60 Hz, este efecto se puede despreciar, no por que exista, sino porque este factor se considera en la manufactura de los conductores.

Sin embargo con corrientes distorsionadas, las pérdidas por efecto Joule son mayores por la frecuencia de las componentes armónicas de la corriente. La tabla siguiente muestra la razón entre la resistencia de alterna y la de directa producida por el efecto piel en conductores redondos, a frecuencias de 60 y 300 Hz.

Tabla 1. ejemplo de efecto piel en conductores

Tamaño del conductor	Resistencia AC / Resistencia DC 60 HZ	300 HZ
300 MCM	1.01	1.21
450 MCM	1.02	1.35
600 MCM	1.03	1.50
750 MCM	1.04	1.60

Efecto en transformadores: la mayoría de los transformadores están diseñados para operar con corriente alterna a una frecuencia fundamental (50 ó 60 Hz), lo que implica que operando en condiciones de carga nominal y con una temperatura no mayor a la temperatura ambiente especificada, el transformador debe ser capaz de disipar el calor producido por sus pérdidas sin sobrecalentarse ni deteriorar su vida útil.

Las pérdidas en los transformadores consisten en pérdidas sin carga o de núcleo y pérdidas con carga, que incluyen las pérdidas I^2R , pérdidas por corrientes de eddy y pérdidas adicionales en el tanque, sujetadores, u otras partes de hierro. De manera individual, el efecto de las armónicas en estas pérdidas se explica a continuación.

Pérdidas sin carga o de núcleo: producidas por el voltaje de excitación en el núcleo.

La forma de onda de voltaje en el primario es considerada sinusoidal independientemente de la corriente de carga, por lo que no se considera que aumenta para corrientes de carga no senoidales. Aunque la corriente de magnetización consiste de armónicas, éstas son muy pequeñas comparadas con las de la corriente de carga, por lo que sus efectos en las pérdidas totales son mínimos.

Pérdidas I^2R : si la corriente de carga contiene componentes armónicas, entonces estas pérdidas también aumentarán por efecto piel.

Pérdidas por corrientes de eddy: estas pérdidas a frecuencia fundamental son proporcionales al cuadrado de la corriente de carga y al cuadrado de la frecuencia, razón por la cual se puede tener un aumento excesivo de éstas en los devanados que conducen corrientes de carga no sinusoidal (y por lo tanto en también en su temperatura). Estas pérdidas se pueden expresar como:

donde:

$$P_e = P_{e,R} \sum_{h=1}^{h=h_{\max}} \left[\frac{I_h}{I_R} \right]^2 h^2$$

h = armónica

I_h = corriente de la armónica h , en amperes

I_R = corriente nominal, en amperes

P_e, R = pérdidas de eddy a corriente y frecuencia nominal

Pérdidas adicionales: estas pérdidas aumentan la temperatura en las partes estructurales del transformador, y dependiendo del tipo del transformador contribuirán o no en la temperatura más caliente del devanado. Se consideran que varían con el cuadrado de la corriente y la frecuencia, como se muestra en la ecuación.

$$P_{AD} = P_{AD,R} \sum_{h=1}^{h=h_{\max}} \left[\frac{I_h}{I_R} \right]^2 h$$

Donde:

$P_{AD,R}$ = pérdidas adicionales a corriente y frecuencia nominal.

Aunado a estas pérdidas, algunas cargas no lineales presentan una componente de corriente directa en la corriente de carga. Si este es el caso, esta componente aumentará las pérdidas de núcleo ligeramente, pero incrementarán substancialmente la corriente de magnetización y el nivel de sonido audible, por lo que este tipo de cargas se debe de evitar.

En el caso de transformadores conectados en delta-estrella (comúnmente de distribución) que suministran cargas no lineales monofásicas como pueden ser fuentes reguladas por conmutación, las armónicas "triplen" (múltiplos de 3) circularán por las fases y el neutro del lado de la estrella, pero no aparecerán en el lado de la delta (caso balanceado), ya que se quedan atrapadas en ésta produciendo sobrecalentamiento de los devanados. Se debe tener especial cuidado al determinar la capacidad de corriente de estos transformadores bajo condiciones de carga no lineal puesto que es posible que los volts-ampères medidos en el lado primario sean menores que el secundario.

Con el constante aumento de cargas no lineales, se han llevado a cabo estudios para disminuir la capacidad nominal de los transformadores ya instalados que suministran energía a este tipo de cargas; un ejemplo de este caso se puede encontrar en (12). Además, en el caso de transformadores que operarán bajo condiciones de carga no lineal, es conveniente en lugar de sobredimensionar el transformador, utilizar un transformador con un factor K mayor a 1. Estos transformadores son aprobados por UL (Underwriter's Laboratory) para su operación bajo condiciones de carga no senoidal, puesto que operan con menores pérdidas a las frecuencias armónicas. Entre las modificaciones con respecto a los transformadores normales están (14):

- a. El tamaño del conductor primario se incrementa para soportar las corrientes armónicas "triplen" circulantes. Por la misma razón se dobla el conductor neutro.
- b. Se diseña el núcleo magnético con una menor densidad de flujo normal, utilizando acero de mayor grado, y
- c. Utilizando conductores secundarios aislados de menor calibre, devanados en paralelo y transpuestos para reducir el calentamiento por efecto piel.

El factor K se puede encontrar mediante un análisis armónico de la corriente de la carga o del contenido armónico estimado de la misma. La ecuación que lo define es:

$$\text{factor K} = \sum_{h=1}^{h=h \text{ max}} [I_{h(\text{pu})}]^2 h^2$$

Donde:

h = armónica

$I_h(\text{pu})$ = corriente armónica en p.u. tomando como base la corriente I_{rms}

Con el valor del factor K de la corriente de la carga, se puede escoger el transformador adecuado. La tabla 2 muestra los valores comerciales de transformadores con factor K(7).

Tabla 2. Transformadores con factor K disponibles comercialmente.

K - 4
K - 9
K - 13
K - 20
K - 30
K - 40

En esta misma referencia se puede encontrar una lista del factor K estimado de un buen número de cargas no lineales comunes.

Efecto en interruptores (circuit breakers) [14]: Los fusibles e interruptores termomagnéticos operan por el calentamiento producido por el valor rms de la

corriente, por lo que protegen de manera efectiva a los conductores de fase y al equipo contra sobrecargas por corriente armónicas. Por otro lado, la capacidad interruptiva no se ve afectada por las componentes armónicas en los sistemas eléctricos puesto que durante condiciones de falla, las fuentes que contribuyen a la misma son de frecuencia fundamental.

Efecto en las barras de neutros(14): dado que este es el primer punto de unión de los neutros de las cargas monofásicas, en el caso balanceado, las corrientes (fundamental y armónicas) de secuencia positiva y negativa se cancelan aquí. Estas barras pueden llegar a sobrecargarse por el efecto de cancelación de los componentes armónicas de secuencia positiva y negativa entre los conductores neutros que sirven diferentes cargas.

En el caso de corrientes armónicas de secuencia cero (armónicas triplen), estas no se cancelarán en el neutro aun con condiciones balanceadas (13), por lo que estas barras se pueden sobrecargar por el flujo de estas corrientes. En la realidad, las barras de neutros transportan corrientes de secuencia positiva y negativa producidas por el desbalance de cargas más las armónicas "triplen" de secuencia cero, generadas por éstas. Por esta razón las barras que están dimensionadas para soportar la misma corriente de fase pueden sobrecargarse fácilmente en presencia de cargas no lineales.

En el caso de que están alimentando cargas no lineales, es recomendable que las barras de neutros tengan una capacidad de corriente igual al doble de la de las fases.

Efecto en los bancos de capacitores: el principal problema que se puede tener al instalar un banco de capacitores en circuitos que alimentan cargas no lineales, es la resonancia tanto serie como paralelo, como se muestra en la figura 2. A medida que aumenta la frecuencia, la reactancia inductiva del circuito equivalente del sistema de distribución aumenta, en tanto que la

reactancia capacitiva de un banco de capacitores disminuye. Existirá entonces al menos una frecuencia en la que las reactancias sean iguales, provocando la resonancia.

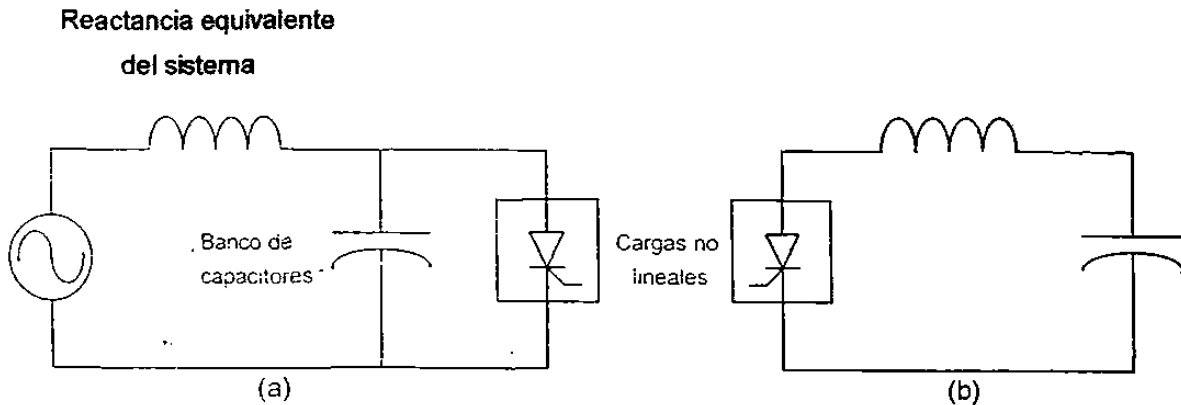


Figura. Circuitos que ejemplifican: (a) resonancia paralelo y (b) resonancia serie.

Resonancia paralelo. La figura 2 (a) muestra el circuito equivalente para el análisis de la resonancia paralelo en un sistema eléctrico. La carga no lineal inyecta al sistema corrientes armónicas, por lo que el efecto de dichas corrientes se puede analizar empleando el principio de superposición. De esta manera, el circuito equivalente a distintas frecuencias se puede dibujar como:

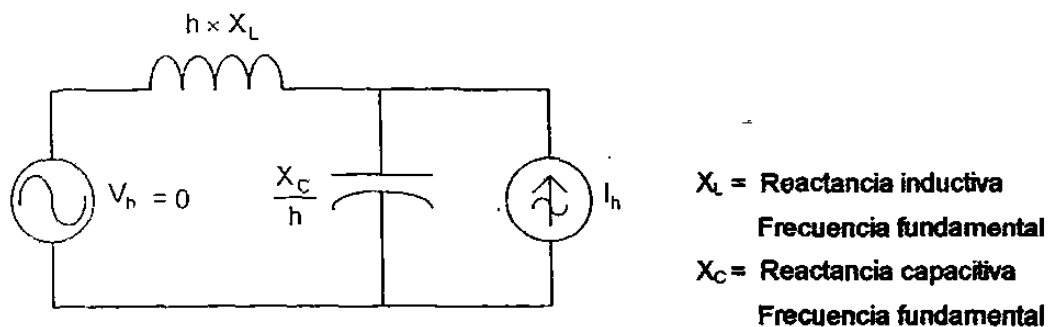


Figura 3. Circuito equivalente para el análisis del sistema a frecuencias armónicas.

En general, la fuente de voltaje V_h vale cero (corto circuito) puesto que solo presenta voltaje a frecuencia fundamental. Entonces a frecuencias, el circuito equivalente visto por la carga (fuente de corrientes armónicas) será una inductancia y capacitancia en paralelo, por lo que la frecuencia de resonancia se tendrá cuando:

$$f = f_1 \sqrt{\frac{X_C}{X_L}}$$

Donde:

f_1 = frecuencia fundamental

Si la carga inyecta una corriente armónica de una frecuencia igual o cercana a la frecuencia de resonancia paralelo del sistema, entonces las corrientes y voltajes experimentarán una amplificación puesto que la admitancia equivalente se acerca a cero (impedancia muy alta). Esto produce los problemas de calentamiento inherentes a las corrientes armónicas (en cables, transformadores, interruptores), la operación de fusibles, y el posible daño o envejecimiento prematuro de equipo.

Resonancia serie: esta resulta en un circuito como el mostrado en la fig. 2 (b). En este caso la expresión matemática de la frecuencia de resonancia es la misma que muestra la ecuación (4), la diferencia es que ahora el circuito presenta una trayectoria de baja impedancia a las corrientes armónicas (casi un corto circuito). Esta resonancia causará problemas similares a los que se tienen en el caso de la resonancia paralelo.

Una forma de minimizar los problemas de resonancia por la instalación de bancos de capacitores consiste en distribuir los mismos en diferentes puntos del sistema, para alejar la frecuencia de resonancia a valores más altos. También es importante considerar que los capacitores se deben conectar en delta y/o estrella no aterrizada (para evitar atraer las armónicas "triplen") en sistemas menores a 69kV (14).

Efecto en los motores de inducción: fundamentalmente, las armónicas producen los siguientes efectos en las máquinas de corriente alterna: un aumento en sus pérdidas y la disminución en el torque generado. Este ha sido el tema de análisis de muchos artículos (15, 16, 17, 18, 19) por su importancia en la industria y a continuación se mostrará un estudio simplificado de estos efectos en base a las referencias citadas.

Pérdidas en los motores de inducción: si el voltaje que se alimenta a un motor de inducción contiene componentes armónicas, entonces se incrementarán sus pérdidas $I^2 R$ en el rotor y estator, pérdidas de núcleo (eddy e histéresis) y pérdidas adicionales, en tanto que las pérdidas de fricción y ventilación no son afectadas por las armónicas. En forma más detallada, tenemos el siguiente análisis de las pérdidas.

1. **Pérdidas $I^2 R$ en el estator :** según IEEE (20), las pérdidas en el estator son determinadas utilizando la resistencia a corriente directa de la máquina, corregida a la temperatura especificada. Al operar la máquina de inducción con voltajes con contenido armónico no solo aumentan estas pérdidas por el efecto piel que incrementa el valor de la resistencia efectiva, sino que también aumenta el valor de la corriente de magnetización, incrementándose aún mas las pérdidas $I^2 R$.
2. **Pérdidas $I^2 R$ en el rotor:** éstas aumentan de manera más significativa que las anteriores, por el diseño de la jaula en los motores de inducción

que se basa en el aprovechamiento del efecto piel para el arranque. Esta resistencia aumenta en forma proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia y por ende las pérdidas.

3. **Pérdidas de núcleo:** estas pérdidas son función de la densidad de flujo en la máquina. Éstas aumentan con excitación de voltaje no senoidal puesto que se tienen densidades de flujo pico más elevadas, sin embargo su aumento es aún menor que el de las pérdidas mencionadas anteriormente e incluso son más difíciles de cuantificar.
4. **Pérdidas adicionales:** son muy difíciles de cuantificar aun bajo condiciones de voltaje senoidal. Al aplicar voltaje no senoidal, éstas aumentan en forma particular para cada máquina.

Torque en el motor de inducción: las armónicas de secuencia positiva producen en el motor de inducción un torque en el mismo sentido de la dirección de rotación, en tanto que las de secuencia negativa tienen el efecto opuesto. En caso de que se tenga conectado el neutro, el par producido por las armónicas "triples" es igual a cero. Dependiendo del contenido armónico del voltaje aplicado, el par promedio de operación puede verse disminuido considerablemente (15), sin embargo en la mayoría de los casos el efecto producido por las armónicas de secuencia negativa se cancela con el efecto de las de secuencia positiva, por lo que su efecto neto en el par promedio puede despreciarse.

La interacción de las corrientes armónicas del rotor con el flujo en el entrehierro de otra armónica resultan torques pulsantes en los motores, son sensibles a estas variaciones (8). Estos torques pulsantes también pueden excitar una frecuencia de resonancia mecánica lo que resultaría en oscilaciones que pueden causar fatiga de la flecha y otras partes mecánicas conectadas.

Por lo general la magnitud de estos torques es generalmente pequeña y su valor promedio es cero (16).

Efectos en otros equipos: equipos electrónicos sensitivos son susceptible a operación incorrecta a causa de las armónicas. En algunos casos estos equipos dependen de la determinación precisa del cruce por cero del voltaje u otros aspectos de la forma de onda del mismo, por lo que condiciones de distorsión pueden afectar su operación adecuada.

En lo que respecta a equipo de medición e instrumentación éstos son afectados por las componentes armónicas, principalmente si se tienen condiciones de resonancia que causen altos voltajes armónicos en los circuitos. Para el caso de medidores se pueden tener errores positivos o negativos, dependiendo del tipo de medidor y de las armónicas involucradas.

Capítulo 11 Supresores de sobrevoltajes transitorios

11.1 Calidad del suministro eléctrico, costo de los paros y necesidad de monitoreo.

Introducción

La calidad del suministro eléctrico o “power quality” de acuerdo al libro esmeralda 12] es:

‘el concepto de alimentar y poner a tierra equipo electrónico sensitivo de manera apropiada para la operación de dicho equipo’

La referencia [1] define “power quality problem” como:

‘cualquier problema manifestado en voltaje, corriente o desviaciones de frecuencia que resultan en falla o mal funcionamiento de equipo’

La misma referencia [1] establece que la calidad del suministro es igual a la calidad en el voltaje.

La misma referencia [1] establece que la calidad del suministro es igual a la calidad en el voltaje de alimentación. De tal manera que un voltaje de buena calidad tiene amplitud estable, frecuencia constante, poca distorsión armónica, no tiene ruido, no presenta muescas y/o transitorios y en el caso de voltajes trifásicos no hay desbalance.

Como ya se mencionó, la falla de un equipo crítico implica daño económico o

poner en riesgo ~ seguridad personal. Una falla de una planta mediana en Estados Unidos que le lleve 4 h restablecer producción representa un gasto de US\$ 10,000 en promedio [1].

El costo de una interrupción se puede determinar mediante la siguiente ecuación :

$$\text{Costo total de la interrupción} = E + H + I$$

Donde:

- E = costo de mano de obra de trabajadores afectados, en pesos
- H = desperdicios de producto de materia prima, en pesos
- I = costo del arranque, en pesos.

El valor de E, H e I se calcula como sigue:

$$E = AD (1.5B + C)$$

$$H = FG$$

$$= JK (B + O) + LG$$

Donde:

- A = número de empleados afectados
- B = salario base por hora de los empleados afectados, en pesos
- C = salario tiempo extra de los empleados afectados, en pesos
- D = duración de la interrupción, en horas
- F = unidades de desperdicio debido a la interrupción (80 varillas, por ejemplo)
- G = costo por unidad de desperdicio debido a la interrupción, en pesos
- J = tiempo de arranque, en horas
- K = número de empleados involucrados en el arranque
- L = unidades de desperdicio en el arranque.

Además del costo de la interrupción debe considerarse el costo del equipo dañado y el costo de oportunidad tal como el pago de intereses. El costo de los problemas relacionados con "power quality" en EEUU se estima en \$25 600,000,000 en dólares de 1987 [6].

En la tabla 5-1 del libro esmeralda se indica que un monitor de disturbios es el instrumento apropiado para detectar.

1. Bajo y sobre voltajes,
2. "sags" y 'swells",
3. transitorios,
4. muescas,
5. interrupciones,
6. ruido,
7. armónicas y
8. desviaciones de frecuencia

11.1.2 A estos se les conoce como "Power Quality Monitors"

Si no se tiene un monitor de los disturbios descritos anteriormente, solo podemos sospechar que el paro fue debido a un problema como un transitorio o un "sag", a menos de que exista evidencia de daño físico (en el caso de un impulso). Es por eso que consideramos necesario que tanto fábricas, como centros de cómputo y hospitales cuenten con equipo de monitoreo de disturbios en el suministro de equipo electrónico sensible. Cabe resaltar que no todas las fallas son originadas por problemas en el suministro eléctrico. Supongamos que hay una paro, que se cuenta con un monitor de disturbios eléctricos y que el monitor no detectó problema alguno, entonces podemos descartar rápidamente al suministro eléctrico como el causante del paro y concentrar nuestros esfuerzos en otras partes del sistema.

11.2. Conclusiones y recomendaciones

Los problemas ocasionados por disturbios en la alimentación pueden ser muy costosos. Por eso se recomienda lo siguiente:

Instalar supresores de sobre voltajes transitorios (TVSS = transient voltage surge suppressor) Es la opinión de los autores que el costo de los supresores de sobre voltajes transitorios (supresores de picos) es tan pequeño comparado con los daños que una descarga atmosférica o un transitorio anormal debido a maniobras con interruptores pueden ocasionar, que no hay razón para no instalarlos. Por ejemplo, un supresor de 600 V, con capacidad de 100 000 A y con contador de eventos cuesta menos de US \$3 000.

Uno de 100 000 A y con contador de eventos cuesta menos de US \$3 000.

Instalar monitores de disturbios con display gráfico. (Power Quality Monitors). Estos monitores muestrean las señales de voltaje y de corriente y cuando hay un disturbio las almacenan indicando la hora y el día en que ocurrieron así como el tipo de disturbio. Esta información es posible pasarla a una computadora para analizarla con más detalle y hacer reportes. El costo de estos va de US \$8 000 a US \$15 000. Es la opinión de los autores que las plantas que consumen energía eléctrica en grandes cantidades y usuarios con instalaciones críticas (como centros de computo, bancos y hospitales) deben contar con este tipo de instrumentos.

Los sobrevoltajes transitorios pueden originarse por maniobras de conexión o desconexión, descargas atmosféricas y descargas electrostáticas. Los transitorios eléctricos más severos son los ocasionados por las descargas atmosféricas. Éstas pueden dañar el aislamiento de transformadores, motores, capacitores, cables y ocasionar fallas en líneas de transmisión por la ionización del aire. La protección del aislamiento del equipo eléctrico se ha llevado a cabo tradicionalmente con apartarrayos y capacitores.

Los transitorios eléctricos ocasionados por maniobras con interruptores se deben a que el sistema debe pasar de una condición de estado estable a otra. Un ejemplos de maniobras con interruptores que dan lugar a sobrevoltajes transitorios es la conexión de capacitores. La energización de transformadores y de motores da lugar a sobrecorrientes transitorias. La desconexión de estas cargas inductivas también da lugar a sobrevoltajes transitorios. La conexión de capacitores y la desconexión de cargas inductivas se han llevado a cabo sin mayor daño al resto de las cargas convencionales. Pero las cargas sensibles empleadas en hospitales, centros de cómputo y en los controles industriales son más susceptibles a estos disturbios. De ahí la necesidad de los supresores de sobrevoltajes transitorios, estos protegen al equipo electrónico sensible dentro de límites de voltaje menores que los apartarrayos. El equipo electromagnético tolera sobrevoltajes transitorios hasta que su aislamiento se perfora; pero el equipo electrónico sensible puede dejar de funcionar o funcionar erráticamente antes de que ocurra daño visible. Mientras que el propósito de los apartarrayos es el de proteger el aislamiento de transformadores, motores y líneas de transmisión, el propósito de los supresores de sobrevoltajes transitorios es el de proteger al equipo electrónico sensible.

La Figura 1 muestra un sobrevoltaje transitorio ocasionado por la conexión de un capacitor en un tomacorrientes. Debido al *pico* que presenta en la captura de forma de onda del voltaje, en el idioma inglés se le conoce como "spike". Sin embargo, de acuerdo al libro esmeralda [1], el término "spike" se debe evitar ya que no tiene una definición técnica clara.

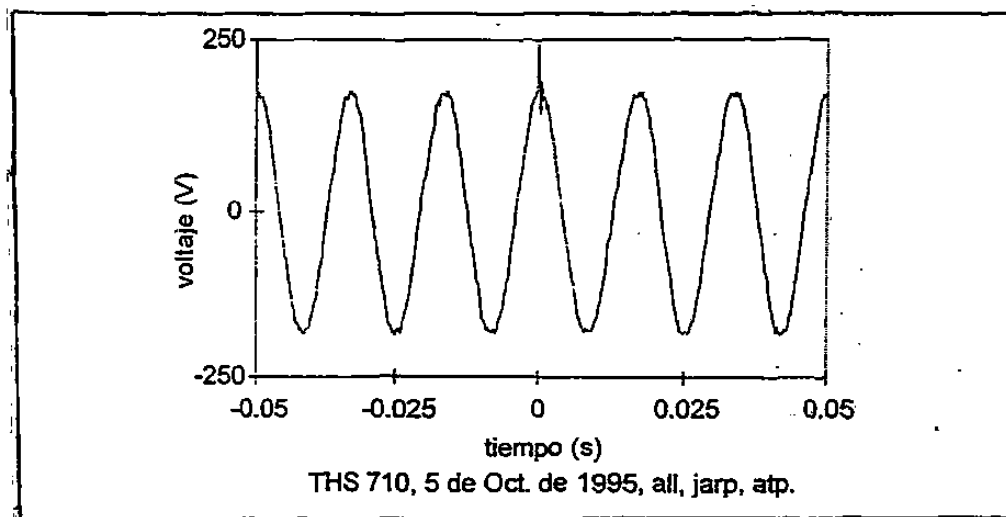


Figura 1 Sobrevoltaje transitorio

11.3 Clasificación de supresores de sobrevoltajes transitorios de acuerdo a la conexión con la carga.

Los supresores se pueden clasificar de acuerdo a la conexión con la carga que protegen. La conexión puede ser en *paralelo* o en *serie* con la carga, la conexión paralelo es la más común. El tamaño de los supresores paralelo no depende del tamaño de la carga, depende de la cercanía a la acometida y la corriente que pueden tolerar. El supresor de sobrevoltajes transitorios conectado en paralelo y el apartarrayos tienen el mismo principio de operación, cuando el voltaje en terminales de estos aumenta, la resistencia del elemento de protección disminuye, dejando pasar más corriente.

Los dispositivos paralelo se pueden a su vez clasificar en dos tipos:

- Sujetadores de voltaje, "voltage clamping devices",
- Dispositivos de arco, "crowbar devices"

Ambos tipos de protectores paralelo drenan corriente cuando el voltaje aumenta por arriba del valor de ruptura; los sujetadores de voltaje recuperan el

estado de circuito abierto cuando el voltaje disminuye por debajo del nivel de ruptura, mientras que los de arco entran en conducción cuando el voltaje está muy por arriba del voltaje de arco (digamos un 50% por arriba de dicho voltaje), una vez en conducción el voltaje en terminales cae repentinamente a ese voltaje de arco y se mantiene casi constante. Entre los dispositivos sujetadores de voltaje se tienen los siguientes:

- MCV, varistor de óxido metálico,
- Celdas de Selenio
- Diodos de avalancha, protectores zener.

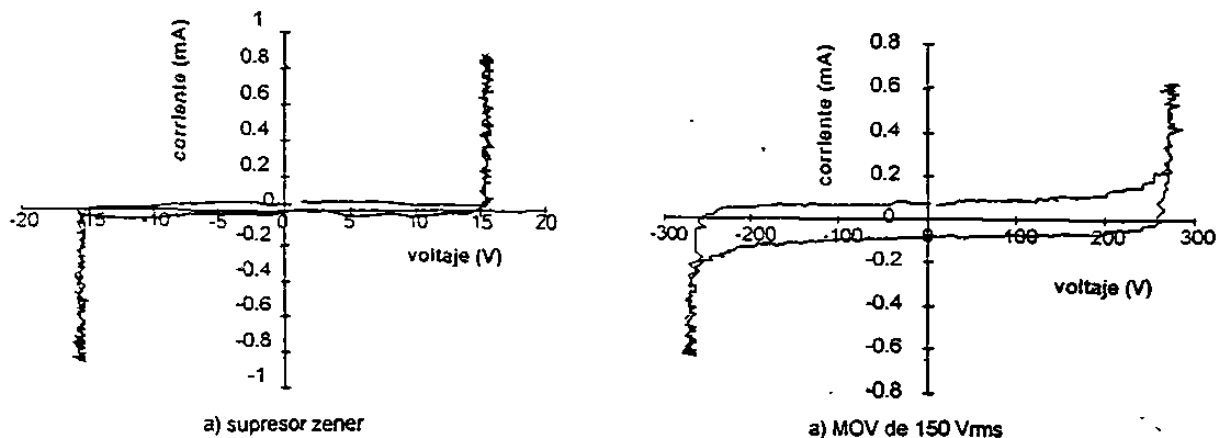


Figura2. Característica $i-v$ de un supresor zener bipolar y de un MOV de 150 Vms

La Figura 2-a muestra la característica corriente - voltaje de un supresor zener con voltaje de ruptura nominal de 15 y a 1 ma. Obsérvese que la corriente es casi cero cuando el voltaje en terminales del supresor es inferior a 15 y y la corriente crece rápidamente cuando el voltaje excede un valor cercano al nominal. La Figura 2-b corresponde a la característica corriente - voltaje de un MCV de 150 V rms. La corriente es prácticamente cero para voltajes inferiores a 260 V y para voltajes superiores la corriente crece rápidamente.

- * Puntas de carbón con separación pequeña
- * Tiristores
- * Tubo de gas
- * Puntas metálicas con una separación pequeña, entrehierros

Estos dispositivos tienen la capacidad de manejar grandes corrientes ya que el voltaje en sus terminales disminuye en forma importante cuando están en estado de conducción. Se utilizan frecuentemente en protectores telefónicos y en protectores de líneas de datos. No se pueden utilizar fácilmente en protectores de alimentación de CA, en esa aplicación son preferibles los sujetadores de voltaje. La Figura 3 muestra la característica corriente - voltaje de un tubo de gas, el voltaje de arco es de 60 V; pero el voltaje en terminales debe llegar a casi 100 V para que entre en conducción, cuando el voltaje cae por debajo de 60 V la corriente se hace cero.

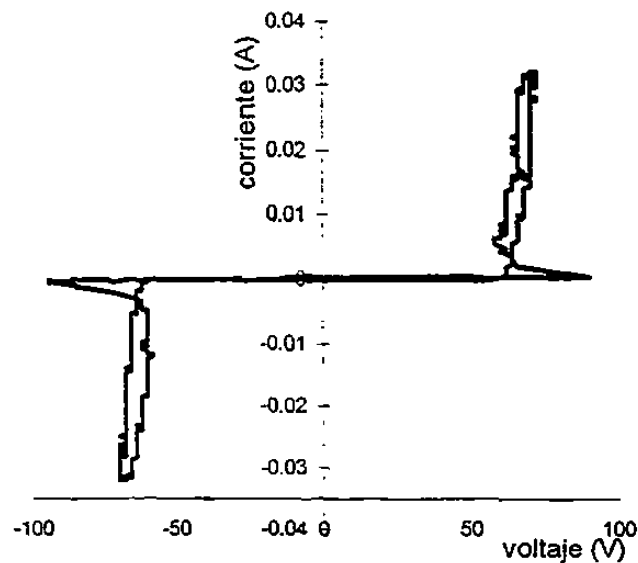


Figura 3 Característica corriente - voltaje de un tubo de gas.

Los supresores **serie** utilizan elementos de protección como los utilizados en los protectores paralelo; pero incorporan un inductor o un resistor serie, debido a esto pueden limitar mucho mejor los sobrevoltajes transitorios. Los elementos serie deben ser capaces de conducir la misma corriente que la carga, de ahí que las dimensiones y el costo de éstos sean dependientes de la carga. La Figura 4 muestra un supresor de línea de datos que tiene elementos serie, este tipo de supresores de línea de datos recomendado en el libro esmeralda [1], en la página 221.

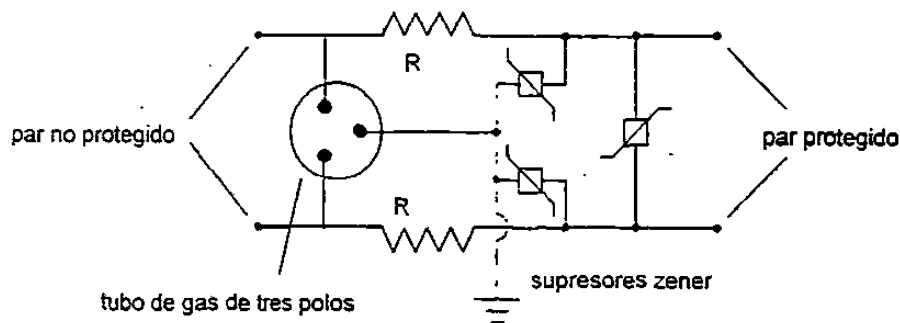


Figura 4 Supresor de sobrevoltajes transitorios para línea de datos.

11.4 Categorías de ubicación de acuerdo a IEEE.

Los supresores de sobrevoltajes transitorios también se pueden clasificar de acuerdo a su ubicación. De acuerdo al "IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits", [2] se tienen las categorías A, B y O, la Figura 5 ilustra la ubicación de las tres categorías.

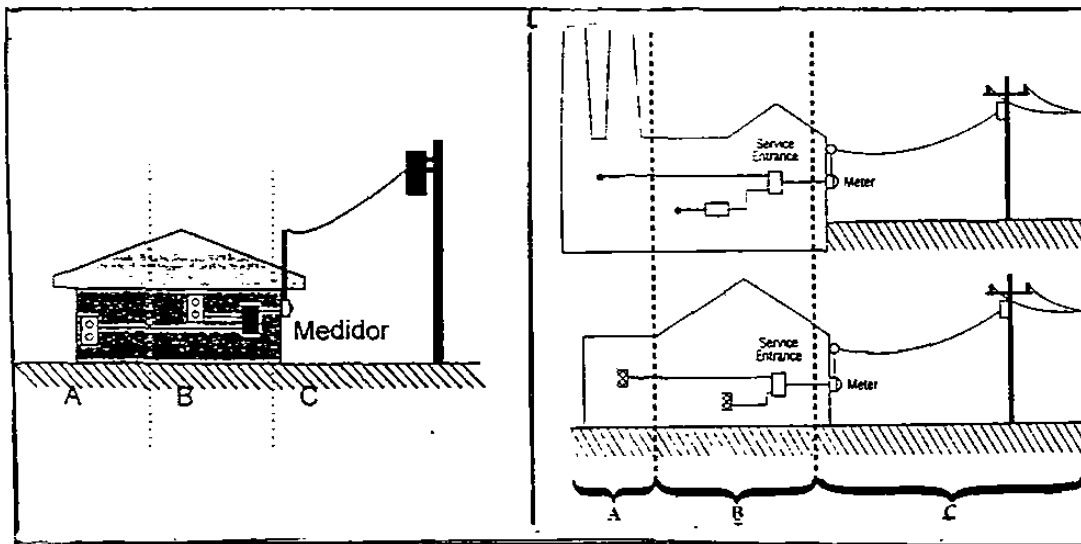


Figura 5 Ubicación de los supresores

La categoría C corresponde a las siguientes ubicaciones:

- instalación exterior y acometida
- circuitos que van del wattorímetro Acometida al medio de desconexión principal.
- cables del poste al medidor.
- líneas aéreas a edificios externos y líneas subterráneas para bombas.

La categoría B corresponde a las localidades siguientes:

- alimentadores y circuitos derivados cortos,
- tableros de distribución.
- barrajes y alimentadores en plantas industriales
- toma corriente para aparatos grandes con cableados cercanos a la acometida.
- sistemas de iluminación en edificios comerciales.

La categoría A corresponde a las ubicaciones siguientes:

- tomacorrientes y circuitos derivados largos,
- todos los tomacorrientes que estén a más de 10m de categoría B con hilos #14 - #10,
- todos los tomacorrientes que estén a más de 20 m de categoría O con hilos #14 - #10.

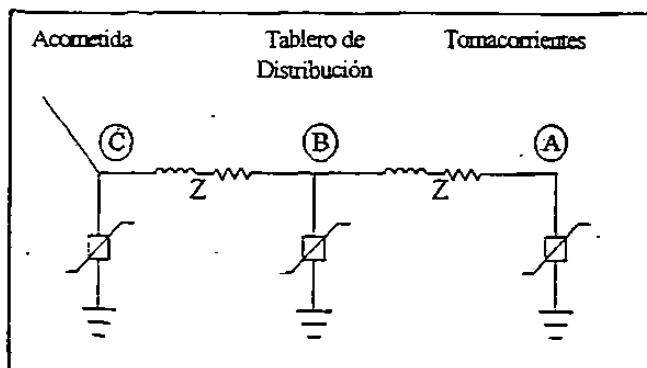


Figura 6 Impedancia del alambrado actuando como supresor serie

Esta clasificación es el resultado de un compromiso entre dos extremos: a) proteger en forma sobrada sin importar la inversión inicial y b) no proteger evitando así la inversión inicial. Entre estos extremos, el estándar recomienda que los protectores de categoría O deben ser capaces de tolerar mayores corrientes que los de categoría A y B, mientras que el B debe soportar mayores corrientes que los de categoría A. Es por esto que, en general, los de categoría O son más robustos y más costosos. La clasificación también sugiere que los de categoría A tengan un voltaje de sujeción menor, de esta manera los de clase B y O se encargan de manejar altas energías y los de categoría A se encargan de restringir las excursiones del sobrevoltaje transitorio para evitar disturbios en la operación del equipo sensible [3]. La Figura 6 muestra que la impedancia del alambrado actúa como un supresor serie.

11.5 Principio de operación de los supresores

A los supresores de sobrevoltajes transitorios se les conoce como supresores de picos. La acción de estos protectores es exactamente ésta, la de recortar los sobrevoltajes transitorios, drenando corriente en el caso de los tipo paralelo, presentando una impedancia serie grande en el caso de los tipo serie. La explicación que sigue ha sido adaptada del libro de Greenwood [4]. Como ya se mencionó, los apartarrayos y los supresores paralelo drenan corriente para sujetar los sobrevoltajes transitorios. Cuando el voltaje debido al disturbio excede cierto valor el dispositivo de protección permite el paso de la corriente ocasionando una caída de potencial en la impedancia de la fuente La Figura 7 ilustra la forma en que un dispositivo sujetador de voltaje lleva acabo su labor de protección. En la parte superior izquierda se presenta la forma del voltaje si el supresor no estuviera presente. El parte superior derecha se muestra la característica voltaje - corriente del supresor y las líneas voltaje - corriente de la fuente del disturbio. La intersección con el eje vertical es el voltaje de circuito abierto mientras que la intersección con el eje horizontal es la corriente de corto circuito, esto es, la corriente que habría si se presentara un corto a la fuente. El voltaje y la corriente resultantes son la intersección de estas dos características $v-i$, la del supresor y la de la fuente. En la parte inferior derecha aparece el voltaje resultante cuando se tiene el supresor. El voltaje resultante depende de dos impedancias: a) la del supresor en la zona de conducción y b) la de la fuente. Cabe recalcar que las fuentes de impulsos empleadas para probar los supresores categoría O tienen una impedancia menor que las de las fuentes empleadas para probar categorías A y B.

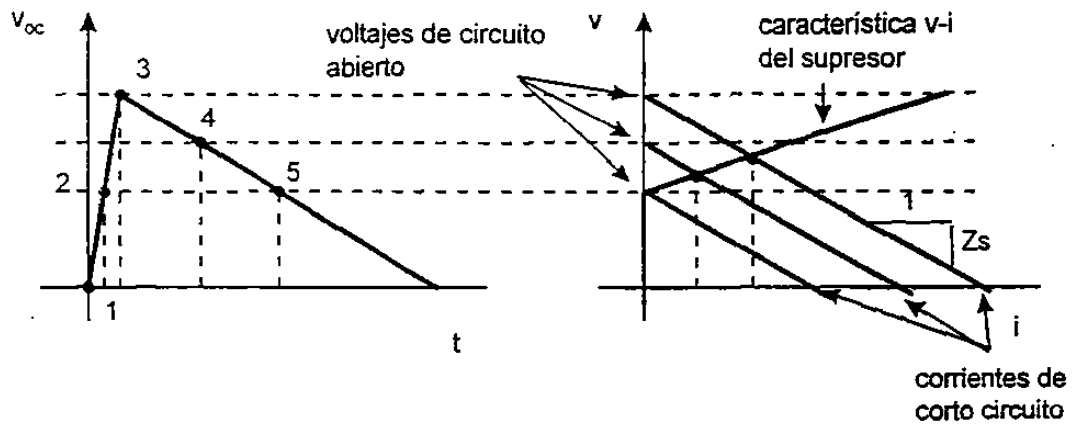
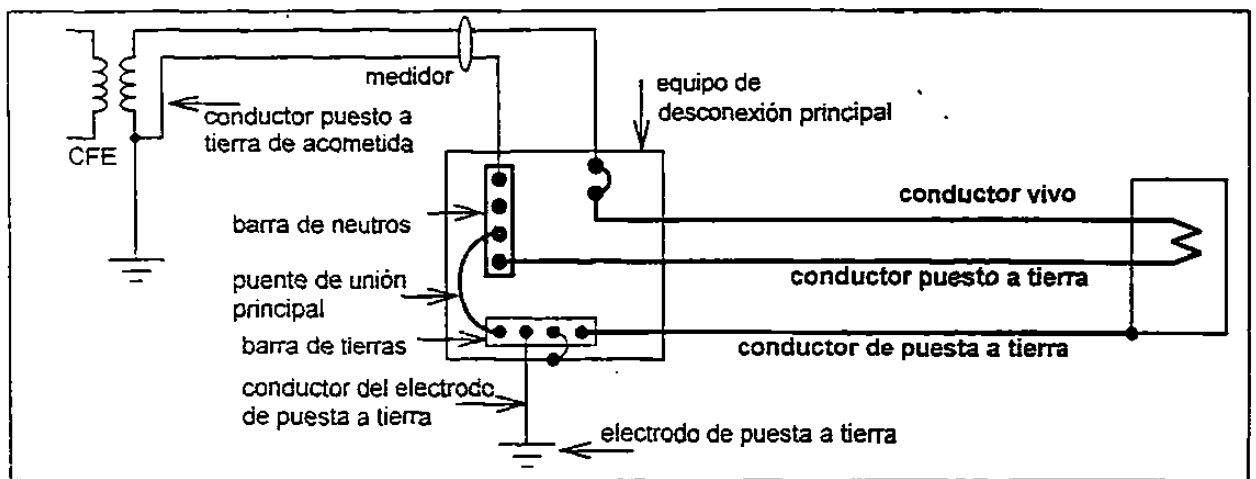


Figura 7. Sujeción de sobrevoltajes transitorios

11.6 Transitorios de modo común y de modo diferencial

Consideremos un suministro monofásico de 120 Vrms, 60 Hz como el mostrado en la Figura 8. Los conductores que normalmente llevan corriente son el vivo y el neutro. El conductor de puesta a tierra no lleva corriente sino bajo condiciones de falla o cuando hay errores de alambrado.



La Figura 9 a) muestra un transitorio de modo diferencial. El modo diferencial se hace presente entre los dos conductores que normalmente llevan corriente, en este caso esto corresponde a un transitorio entre vivo y neutro (o línea y neutro). El voltaje entre neutro y tierra no presenta transitorio alguno, el voltaje es cero. La Figura 9 b) ilustra un transitorio de modo común, ahora los dos conductores del circuito, el vivo y el neutro se desplazan con respecto al conductor de puesta a tierra. Aunque los transitorios más comunes son los de modo diferencial, la recomendación del Libro Esmeralda 11] es que se cuente con protección de vivo a neutro, de vivo a tierra y de neutro a tierra.

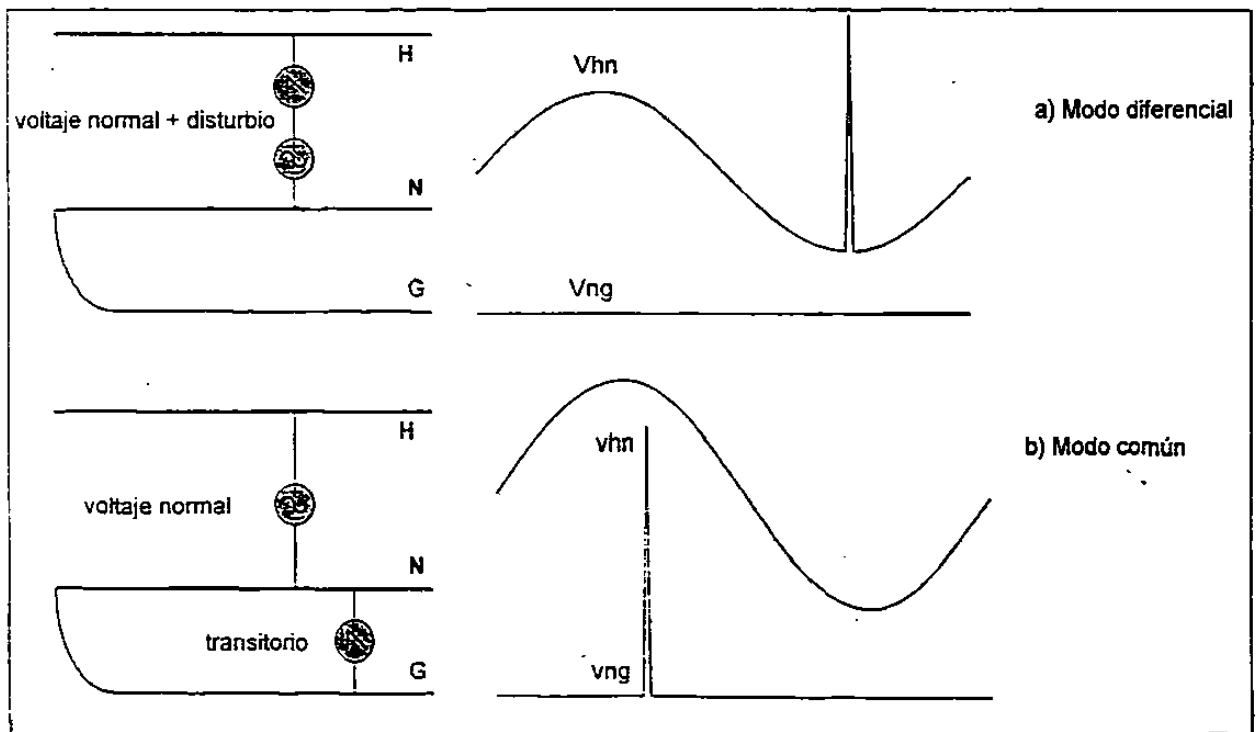


Figura 9 Transitorios de modo diferencial y de modo común

11.7 Instalación de los supresores de sobrevoltajes transitorios

- Es muy importante que el supresor de transitorios esté cerca de la carga a proteger. En caso de que el supresor esté retirado de la carga y se presente un transitorio con frente de onda muy pronunciado es posible que un pico llegue al equipo sensible.

- Es importante respetar las Categorías de Ubicación para los supresores de transitorios en circuitos de alimentación de baja tensión. Por ejemplo, en la acometida debe emplearse uno de Categoría C.
- Es importante que los supresores cuenten con protección en modo diferencial y en modo común. La protección de modo diferencial es indispensable pero no es suficiente, se requiere de protección de modo común. El supresor de la Figura 4 cuenta con protección en los dos modos.
- Con el propósito de evitar distancias eléctricas importantes es necesario que los supresores de transitorios se conecten con conductores tan cortos como sea, sin lazos, sin trenzados y sin curvas pronunciadas.
- Los supresores de transitorios no realizarán su función si no se instalan en forma adecuada. Por ejemplo, no podrán proteger contra disturbios de modo común si no están conectados a un conductor de puesta a tierra, de ahí que sea indispensable seguir las instrucciones de instalación del fabricante.
- El Libro Esmeralda [1] recomienda que el conductor de puesta a tierra de los supresores no sea uno de tipo aislado sino uno de puesta tierra de equipo normal.
- La misma referencia [1] recomienda que se instalen supresores categoría B a la entrada de un UPS y a la entrada de los circuitos asociados de bypass». Esto requiere de énfasis pues se tiene la idea errónea de que un UPS es la solución última a los problemas de calidad de energía.
- La instalación de supresores en las líneas de datos que entran y salen del edificio es de suma importancia. Un ejemplo de un supresor de línea de datos aparece en la Figura 4. Los supresores de línea de datos debe ser de acuerdo a la línea de datos a proteger, esto es, se requiere de uno especial para un RS-232, de uno especial para 'Ethernet' y de uno especial para ~'Token-Ring', no son intercambiables.

11.8 ¿Por que usar equipos TVSS (Transient Voltage Surge Supression)?

Un Sistema de Fuerza Ininterrumpible no constituye la protección total para una carga crítica, ya que contiene elementos digitales con uniones de semiconductores son sensibles al ruido de alta frecuencia y sobre todo a los transitorios de alto voltaje, Estos fenómenos transgreden constantemente la protección del UPS (a~n cuando éste sea doble conversión (true On-line) y alcanzan los circuitos y microprocesadores de las cargas, pudiendo desde degradar su funcionamiento hasta quemar los componentes, según su magnitud.

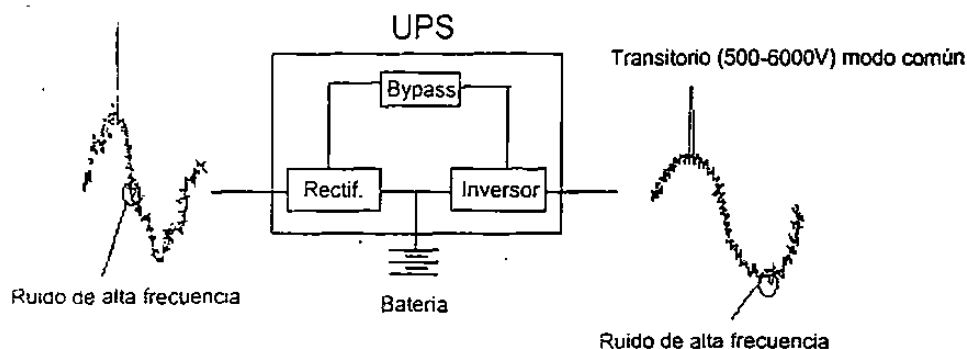
Las cargas electrónicas / eléctricas sensibles fallan principalmente por tres razones:

- * Sobrevoltaje
- * Sobrecorriente
- * Exceso de temperatura

11.8.1 UPS's

Un Sistema de Fuerza Ininterrumpible no constituye la protección total para una carga crítica. Tanto la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer) como grupos, instituciones y estudiosos de "POWER QUALITY" (que en los últimos tres años han generado una gran atención), demuestran contundentemente esta realidad.

Los fenómenos Transitorios de Voltaje y Ruido de Alta Frecuencia transgreden constantemente la protección del UPS aún cuando éste sea doble conversión, "true On-line", y alcanzan a las Cargas Electrónicas Sensibles.



El UPS contiene elementos digitales con uniones de semiconductores que también son sensibles al ruido de alta frecuencia y sobre todo a los transitorios de alto voltaje, cuyos efectos incluyen desde degradar su funcionamiento hasta quemar los componentes, según la magnitud del transitorio.

El punto anterior conlleva al hecho que ya no son las prácticas de Proyecto e Instalación eléctricos de hoy, iguales a las que solían ser en el pasado. La práctica del "POWER QUALITY" para cargas electrónicas sensibles, exige el diseño de Instalaciones Grado Computador, irremisiblemente asociadas a la aplicación de productos TVSS.

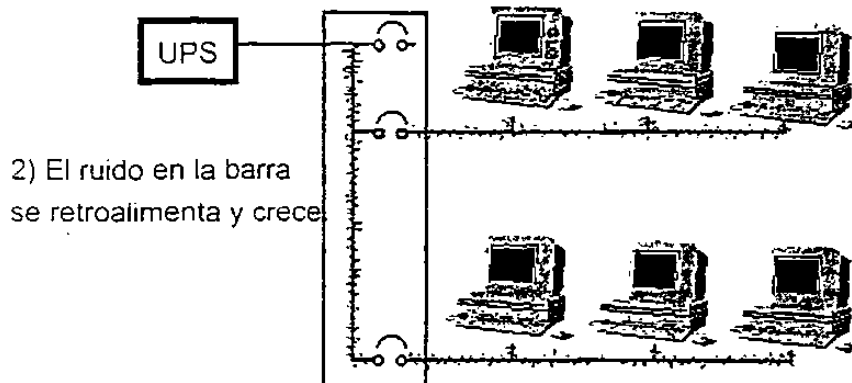
11.8.2 Ruido de Alta Frecuencia

El ruido de alta frecuencia se genera en su mayoría internamente, es decir, dentro de las instalaciones del cliente. Balastras, motores de velocidad variable, sistemas de calefacción, y especialmente las computadoras generan este tipo de ruido.

Los productos (computadoras p.ej.) que proporcionan competitividad a las organizaciones demandan energía de manera tal (alta distorsión armónica, transitorios, ruido) que generan problemas internamente, afectando al medio circundante. De ahí que los productos no sólo se protejan contra fenómenos

externos sino también, y cada día más, contra los que provocan las cargas propias de los usuarios.

1) El ruido viaja a través de la línea hasta la barra del tablero



2) El ruido en la barra se retroalimenta y crece

3) El ruido regresa amplificado a las cargas.

El ruido de alta frecuencia transgrede la protección del UPS. Además el ruido de alta frecuencia se genera en su mayoría por las mismas cargas. Este ruido viaja a través de la línea hasta la barra del tablero más cercano, en donde se suma con el demás ruido, haciéndose más grande y afectando a las máquinas en su camino de regreso. Es necesario filtrar este ruido en el tablero de distribución.

Cualquier dispositivo con "cerebro" (lógica digital o microprocesadores) es sensible al ruido de alta frecuencia. Durante su estado digital de "1" o "0" lógico, el dispositivo es muy estable. En el momento de transición entre estados, se vuelve un amplificador retroactivo (feedback) que aumenta el ruido de alta frecuencia montado en la señal, teniendo la salida un 50% de posibilidad de ser errónea.

No está por demás mencionar que este mercado en los EUA crece a un ritmo cuatro veces superior al de UPS's, y tienen un valor absoluto en dólares del equivalente a 30% de este mismo. Las instalaciones grado computador y los productos TVSS son una necesidad, no una argucia de mercado para provocar demanda.

Protegen contra fallas catastróficas (rayos y transitorios, que ambos se han dado y solucionado ya con clientes en México) y contra perturbaciones en los Sistemas de Procesamiento que aparentemente no tienen origen ni motivo alguno.

11.8.3 Instalaciones Grado Computador

El libro esmeralda de la IEEE es la publicación que contiene las recomendaciones para una instalación grado computador. En éste, se indica la aplicación de sistemas TVSS, así como los siguientes puntos:

Para cualquier instalación de cargas críticas grado computador, es necesario que la carga cuente con un contacto IG (tierra aislada) para evitar que el ruido eléctrico de alta frecuencia (ring wave) generado por las fuentes internas de las computadoras (Switch power mode supply) se retroalimente a la carga.

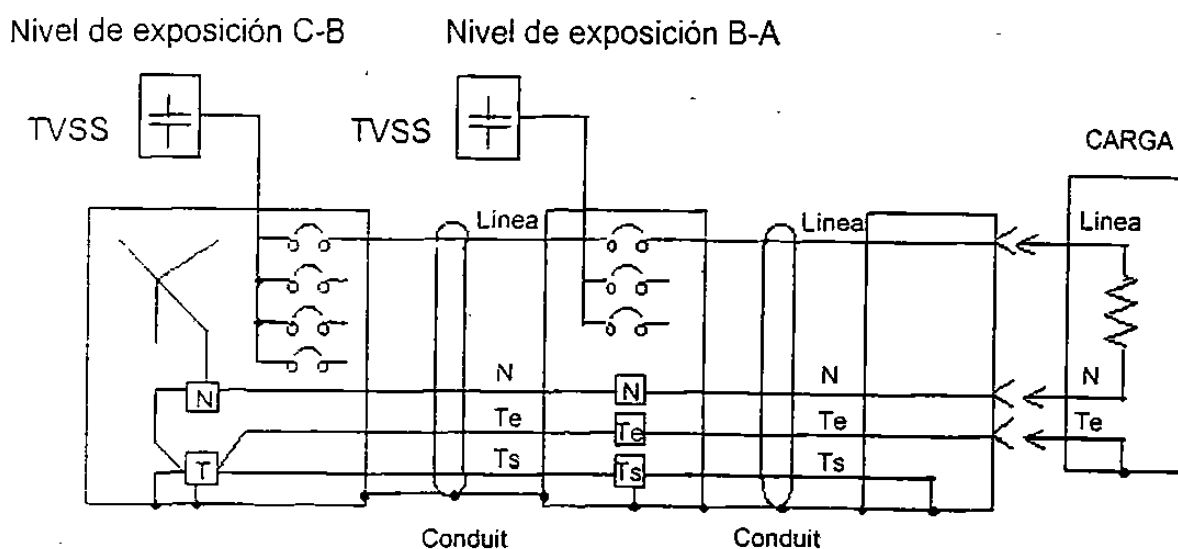
A continuación se muestra el diagrama a bloques del standard IEEE 1100-1992 para alimentación de cargas críticas. El bloque representado como carga no necesariamente es la computadora, sino cualquier UPS o carga que contenga tarjetas impresas y circuitos impresos, el cual debe tener referencia aislada a tierra.

Las instalaciones grado computador se realizan bajo standard IEEE 1100-1993 libro esmeralda. Para lograr una instalación grado computador la IEEE estipula en su publicación:

- Tierra Electrónica aislada dedicada T.E.
- Tierra de seguridad desnuda T.S.
- Para cargas monofásicas no lineales dimensionar el neutro al doble para soportar las armónicas.
- Contactos IG

- Sistemas TVSS en por lo menos nivel de exposición "A" y "B" debido a que en un transitorio externo deber ser atenuado desde la acometida para evitar que genere
- Inducción de potencial en Neutro y Tierra.

El diagrama de la IEEE lo muestra como sigue:



11.9 ¿. Como debemos aplicar estos productos?

Dependiendo en qué lugar de la cuenta:

ALTA (MP):

Instalación del cliente, son cuatro tipos de Exposición con los que se Se coloca siempre en la acometida, cuando se trata de una subestación grande.

ALTA A MEDIAND (DP):

Para ser instalado en Subestaciones pequeñas (hasta 225-300kVA) o en Tableros de Distribución de Fuerzas pincipales.

MEDIANA (SBA>:

Se ubica en Tableros de Distribución de Fuerza Secundarios, no en acometidas.

MEDIANA A BAJA (DPA y EGP):

Para Tableros de Fuerza pequeños o Cargas importantes.

BAJA (BPA):

Para Tableros tipo alumbrado más adentrados en la Distribución o cargas Sensibles significativas.

Se debe colocar por lo menos un equipo de exposición Alta-Mediana en el tablero principal de distribución, y equipo de exposición Mediana-Baja en los tableros de distribución, que alimentan directamente a las cargas. De ésta forma un transitorio de alto nivel será atenuado a la entrada y no aprovechará la impedancia de todo el sistema eléctrico para inducir tensión en Neutro y Tierra. El equipo de exposición baja terminará de suprimir pico y filtrará el ruido de alta frecuencia.

La siguiente tabla es de utilidad como guía:

Nivel de protección	Equipo Comercial	Equipo Industrial	Capacidad de supresion
ALTA	MP	IND5000	350,000Amp.
ALTA – MED.	DP	IND4000	250,000Amp.
MEDIA	SBA	IND3000	200,000Amp.
MEDIA – BAJA	DPA y EPG	IND2000	160,000Amp.
BAJA	BPA	IND1000	100,000 Amp.

A continuación se presenta un cuadro comparativo que involucra la utilización de diversas tecnologías para lograr una protección TOTAL a través de equipos e instalación grado computador, que nuestros ingenieros diseñarán de acuerdo a sus necesidades. Se debe observar que el UPS no representa la protección total del sistema, se requiere además de sistemas de acondicionamiento TVSS para la supresión de transitorios y ruido de alta frecuencia.

11.10 Conceptos básicos

1.- ¿Qué es un transitorio eléctrico?

- Sobretensión y sobrecorriente
- miles de volts (20KV)
- miles de amperes (IOKA)

* Eventos aleatorios

*Rápida ascensión de onda

- +duración de microsegundos
- +Aparecen aleatoriamente
- +Energía Irregular

¿Que los causa?

•Transitorios externos

- +rayos
- +viento
- +equipo para corrección del factor potencia
- +operación de las redes de la CFE
- +accidentes

•Transitorios internos

- +fenómenos intrínsecos a los transformadores
- +motores
- +controles de velocidad variable

- +interruptores de transferencia automática (transfers)
- +ventrada y salida de cargas
- +aire acondicionado, ventilación y calefacción

Se ha podido determinar que aproximadamente el 80% de los transitorios que atacan una instalación son generados internamente. El 20% son externos, aún cuando son los de mayor capacidad.

2.- ¿Qué es el ruido de Alta Frecuencia?

O Definido por la IEEE como menor a 2 veces el valor pico nominal 0100Khz a 100 Mhz

- + Muchas veces más rápido que las armónicas
- +Se mide en microsegundos
- +Ruido eléctrico que daña los equipos

¿Qué lo causa?

O Fuentes de poder tipo Switching.

•Balastras de iluminación.

•Rayos X, autoclaves.

•Control de velocidad variable.

•Oscilaciones de tensión posteriores a transitorios (ringing).

O Impresoras láser.

b) Tres niveles de Exposición a Transitorios y ruido de Alta Frecuencia según la IEEE

Catalogo	Nivel de exposición	Ubicación	Voltaje típico de transitorio	Corriente típica de transitorio
A	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> - Paneles auxiliares - Salidas y paneles auxiliares lejanos 	6K – 2 KV.	200 A – 70 A
B	Medio	<ul style="list-style-type: none"> -Alimentadores y paneles auxiliares cercanos - Componentes de paneles de distribución - Alimentadores de plantas industriales y barra de conexiones - Sistemas de iluminación de edificios inteligentes - Componentes industriales pesados 	6KV– 2 KV	3 KA – 1 KA
C	Alto	<ul style="list-style-type: none"> -Acometidas - Distancias entre medidores y tableros de distribución - Líneas subterráneas a sistemas 	20KV-6KV	10KA-3KA

c) ¿Cómo se dimensionan dentro de una instalación?

Para el correcto dimensionamiento de los equipos TVSS se requiere de:

UNIFILAR Esquemático : No es necesario que el unifilar contenga todo el detalle de la instalación y que se encuentre en Autocad. Sólo se requiere diagrama a bloques en donde se identifique el recorrido desde la fuente (subestación o acometida) hasta la carga, con la siguiente información:

Elementos del sistema	Subestación, tableros, plantas de emergencia, transfer, ups, transformadores, etc.
Distancias	En metros del cableado de los elementos a los elementos
Capacidad	De la fuente, transformadores, plantas, ups. En kva o ampere y conocer las tensiones de alimentación en todos los puntos del sistema
Carga a proteger	Conocer el tipo de carga a proteger para poder discernir que tan crítica es la continuidad de su operación y el monto de inversión que se desea proteger, así como la ubicación de la misma en el inmueble y en el unifilar
Nivel de conflicto	Conocer el nivel de conflicto de la zona referente al nivel isoqueráunico (incidencia de rayos) y si la zona es industrial o residencial

11.11 Concepto general

En general, la idea es utilizar elementos de supresión de alto nivel en la acometida normalmente y dependiendo del presupuesto del cliente utilizando selenio de forma que al recibir los impactos de mayor fuerza no se degraden los elementos. Estos equipos se encargan de recibir los transitorios externos y atenuar su magnitud dejando pasar un rizo manejable para los demás elementos de supresión. Adentrándose en la instalación, se busca proteger:

- Los equipos UPS colocando un equipo a la entrada del mismo.
- Los tableros que en nivel medio alimentan cargas críticas como PLO's, etc.

Por último se colocan equipos de nivel bajo en los tableros terminales que alimentan a las cargas buscando sobretodo el filtrado de ruido de alta frecuencia.

Impulsos, picos de sobretensiones

Problema:

Daños en equipos eléctricos y electrónicos, deterioro de aislamiento y salidas de servicio causadas

por descargas atmosféricas, switcheo de interruptores y capacitores, rechazo de carga, etc.

Que hacemos:

Realización de mediciones en instalaciones a la intemperie y en acometidas a instalaciones industriales, comerciales y residenciales, así como en terminales de equipo vulnerable. Realización de análisis y dimensionamiento de dispositivos supresores de sobretensiones y picos de acuerdo a sus magnitudes.

Beneficio:

Reducción de los daños de equipo en operación y salidas de servicio eléctrico mejorando con ello la calidad de la energía suministrada y recibida.

Distorsión armónica**Problema:**

Deformación de las formas de onda senoidal de voltaje y corriente por la operación de equipo con electrónica de potencia y otras cargas no lineales, que repercuten en la operación errónea de algunos equipos sensibles con las formas de onda, daño en capacitores, pérdidas adicionales, calentamiento en aislamiento.

Que hacemos:

Monitoreo en campo de la distorsión armónica e identificación de las fuentes generadoras. Análisis y diseño de filtros para eliminar su efecto. Aplicación de las normatividades para la especificación de criterios que permitan controlar la aplicación de cargas no lineales y equipo generador de armónicas.

Beneficio:

Reducción de pérdidas por efecto Joule, se mejora la operación de equipo sensible que opera con ondas senoidales puras, se reducen los costos por daños y reemplazo en capacitores, etc.

Ruido eléctrico**Problema:**

Perturbaciones en el voltaje que se presentan entre conductores de las fases a tierra producidas por la conexión y desconexión de condensadores, hornos de arco y equipo de rectificación, alumbrado de arco, equipo de soldadura.

Que hacemos:

Realizamos mediciones y análisis en sitio de las fuentes generadoras, con base en su magnitud.

Especificación de medidas correctivas con base en blindaje electromagnético y transformadores de aislamiento.

Beneficio:

Se logra tener un voltaje libre de señales parásitas de alta frecuencia que alteran la visibilidad en los sistemas de iluminación.

Sobre voltaje o bajo voltaje**Problema:**

Sobrevoltaje: Deterioro acumulado y calentamiento en los aisladores de equipo eléctrico (ejemplo: transformadores, motores, reactores) y cables.

Bajo voltaje: Demanda fuerte de reactivos ocasionando pérdidas en equipo eléctrico y sistemas de cables.

Que hacemos:

Utilizando equipo de medición específico (ejemplo: PQNODE) se realizan en campo una serie de mediciones en tiempo programado (desde un minuto hasta varias semanas) que permiten mediante sus análisis determinar las magnitudes correspondientes del alto y bajo voltaje.

Beneficio:

Se puede con esto establecer medidas correctivas para reducir su efecto en la operación de los equipos. Se incrementa la vida útil del sistema de cableado.

Depresión de voltaje**Problema:**

Depresión momentánea en el voltaje nominal sin que llegue a ser una interrupción, sin embargo es suficiente para alterar la operación de los sistemas

electrónicos principalmente.

Que hacemos:

Monitoreo en línea para localizar la causa de la depresión de voltaje, utilizándose equipo especializado. Al conocer la magnitud como la duración del disturbio se dan las soluciones adecuadas.

Beneficio:

Se disminuye la productividad por paros innecesarios en los procesos que implican manufactura continua y se disminuye el costo de manejo o pérdida de material no procesado.

Transitorios

Problema:

Los transitorios generados por descargas atmosféricas y operaciones de maniobra (interruptores, capacitores, etc.) provocan sobreesfuerzos eléctricos que pueden ocasionar daños irreversibles en los aislamientos de equipo eléctrico y electrónico, cuando se ven afectados por este fenómeno.

Que hacemos:

Se realizan mediciones en acometidas y en terminales de los equipos más vulnerables a los transitorios (ejemplo: subestaciones, sistemas UPS, transformadores, bancos de reactores, equipo electrónico). Dichas mediciones permiten dimensionar los apartarrayos y los supresores de picos requeridos para drenar a tierra las sobretensiones producidas por este fenómeno.

Beneficio:

Se reducen en gran medida los daños a los equipos mencionados, se mejora la continuidad del servicio y se evita la interrupción de los procesos.

Interrupción**Problema:**

Es la pérdida de energía eléctrica momentánea o permanente, producida por una serie de fenómenos tales como: descargas atmosféricas, contacto de ramas de árbol con cables, cortocircuitos, caída de postes, rotura de cables y otras fallas.

que hacemos:

Se dimensionan sistemas de respaldo mediante generación propia y de sistemas de energía ininterrumpible, utilizando además dispositivos de transferencia automática.

beneficios:

Continuidad de los procesos y reducción de costos por pérdidas de horas hombre y daños en equipos.

12. TIERRAS ELÉCTRICAS

12.1. INTRODUCCIÓN

Se explican las razones de poner a tierra haciendo distinción entre el aterrizaje del sistema y el aterrizaje del equipo. Se presentan y se ilustran las definiciones de los siguientes términos: tierra eléctrica, aterrizado o puesto a tierra, efectivamente aterrizado, conductor puesto a tierra, conductor de puesta a tierra de equipo, equipo de desconexión principal, conductor del electrodo de aterrizaje, puente de unión principal y sistema derivado separadamente. Estas definiciones son de acuerdo al NEC 1996 [1]. Se describen los electrodos naturales y los artificiales, ilustrando el concepto de cuerpo de tierra del electrodo. Se muestran dos de los problemas ocasionados por el uso de electrodos de aterrizaje aislados. Se muestra la necesidad de unir todos los electrodos en un edificio.

12.2. Objetivo.

La puesta a tierra nos brinda la protección contra falla a tierra, la protección la brinda por medio del Bonding y la continuidad eléctrica de nuestra canalización (art. 250 de la NORMA OFICIAL MEXICANA).

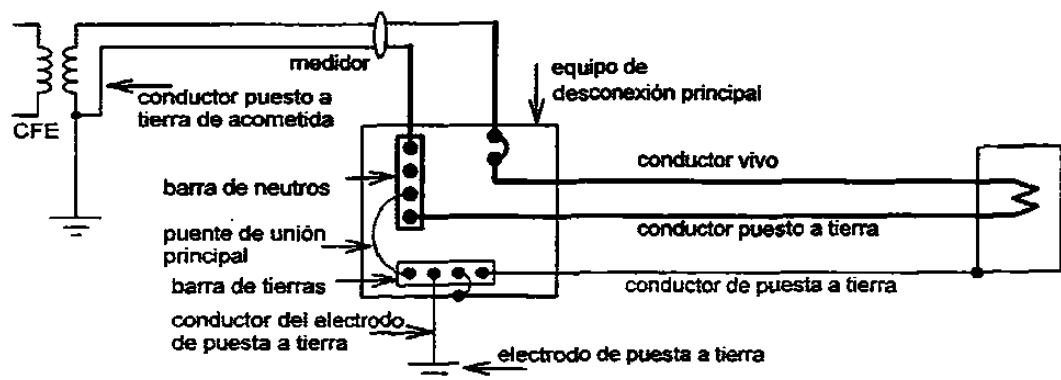
12.3. Definiciones

Tierra eléctrica (“ground”): Una conexión conductora, intencional o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y la Tierra (“earth”) o un cuerno conductor que sirve en lugar de ella. En el idioma inglés se tienen “ground” y “earth”, mientras que en el español se tiene tierra, para evitar confusiones conviene emplear la expresión tierra eléctrica.

Puesto a tierra o aterrizado (“grounded”): Conectado a la Tierra o a algún cuerno conductor que sirva en lugar de ella.

Efectivamente aterrizado (“effectively grounded”): Conectado intencionalmente a tierra por medio de conexiones de baja impedancia y con capacidad de corriente suficiente para prevenir la formación de sobrevoltaje transitorios que pudieran resultar en riesgos indebidos al equipo o a las personas.

Conductor puesto a tierra o conductor aterrizado (“grounded conductor”): Un conductor del sistema de alimentación eléctrica que intencionalmente se pone a tierra.



Conductor puesto a tierra, conductor de puesta a tierra y puente de unión principal

Conductor de puesta a tierra de equipo (“equipment grounding conductor”): Conductor que conecta las partes metálicas no destinadas a transportar corriente (carcasas, gabinetes, charolas y tuberías) con el conductor

puesto a tierra, con el conductor del electrodo de aterrizaje o con ambos en el equipo de desconexión principal o en la fuente de un sistema derivado separadamente.

Conductor del electrodo del aterrizaje. (“grounding electrode conductor”). El conductor empleado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos en el equipo de desconexión principal o en la fuente de un sistema derivado separadamente.

Equipo de desconexión principal (“service equipment”). Equipo requerido para formar el control principal y medio de desconexión del suministro, usualmente consiste en un interruptor termomagnético o un interruptor de cuchillas y fusibles y sus accesorios, se localiza cerca del punto de entrada de los conductores de alimentación a un edificio.

Puente de Unión Principal (“main bonding jumper”). La unión o conexión del conductor puesto a tierra con el conductor de puesta a tierra en el equipo de desconexión principal.

La figura 3 ilustra las definiciones anteriores. Tanto el conductor vivo como el conductor neutro portan corriente cuando la carga es alimentada. Bajo condiciones normales de operación la corriente por el conductor de puesta a tierra, por el conductor del electrodo de aterrizaje y por el puente de unión principal es cero; solo hay corriente en estos conductores en presencia de falla a tierra.

Sistema derivado separadamente. Sistema de alimentación ubicado dentro de la propiedad en el cual la potencia se deriva de un generador, de un transformador o de los devanados de un convertidor y no hay conexión directa,

incluyendo un conductor sólidamente puesto a tierra, a los conductores de alimentación de otro sistema.

En transformadores son los siguientes: Los secundarios a) delta - estrella, b) delta - delta, c) monofásico de tres hilos, d) monofásico de dos hilos. Estas conexiones se muestran en la figura .

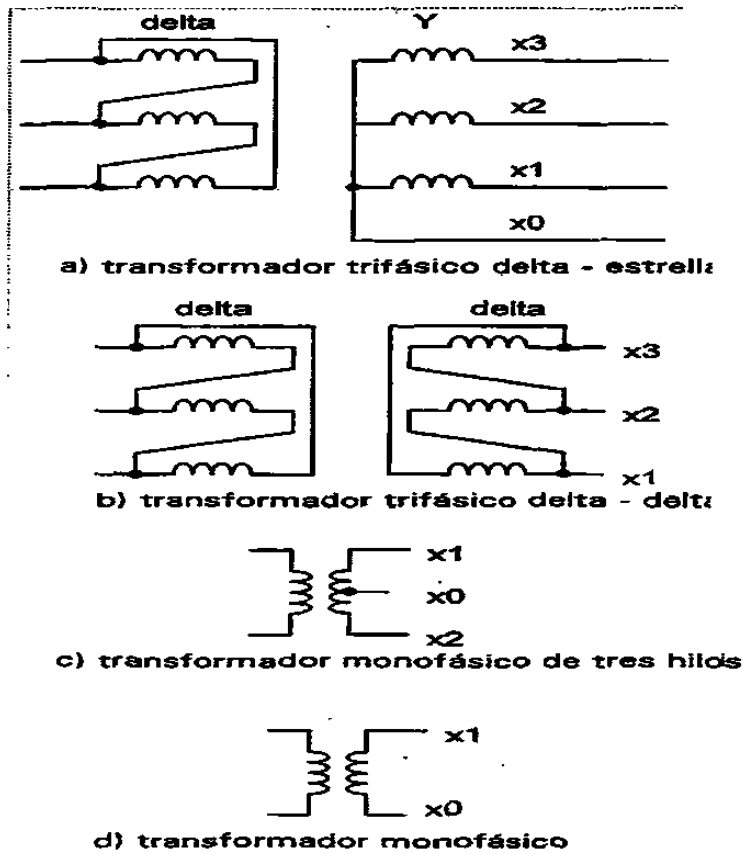


Figura 4 Conexiones más comunes de transformadores

12.4. Justificación de las puestas a tierra

El NEC 100 define tierra eléctrica "ground como una conexión entre el circuito eléctrico y tierra (puesta a tierra del sistema) o entre Equipo), en caso de

incluyendo un conductor sólidamente puesto a tierra, a los conductores de alimentación de otro sistema.

En transformadores son los siguientes: Los secundarios a) delta - estrella, b) delta - delta, c) monofásico de tres hilos, d) monofásico de dos hilos. Estas conexiones se muestran en la figura .

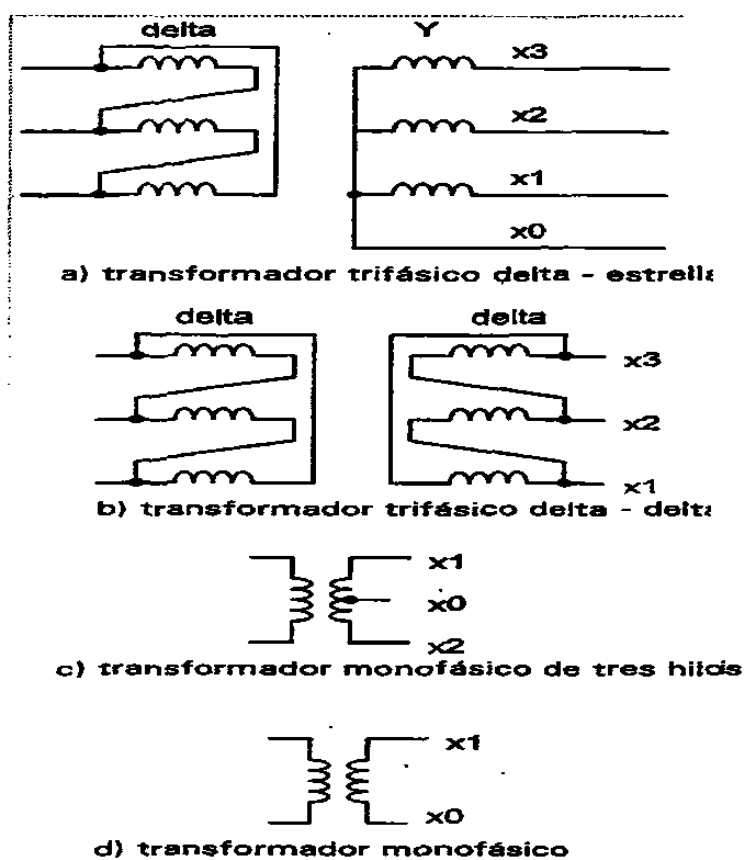


Figura 4 Conexiones más comunes de transformadores

12.4. Justificación de las puestas a tierra

El NEC 100 define tierra eléctrica "ground como una conexión entre el circuito eléctrico y tierra (puesta a tierra del sistema) o entre Equipo), en caso de

que la tierra no esté disponible, la unión es con algún otro elemento conductor que sustituya a la tierra (en el caso de un automóvil la "tierra" es el chasis). Conviene distinguir entre la puesta a tierra del sistema de alimentación y la puesta a tierra del equipo. La puesta a tierra del sistema de alimentación eléctrica consiste en unir al sistema de electrodos uno de los conductores de la acometida o uno de los conductores que salen del secundario de un transformador; a este conductor se le conoce como conductor puesto a tierra. La figura 1-a) muestra un sistema de alimentación no puesto a tierra, la figura 1 b) corresponde a un sistema de alimentación eléctrica puesto a tierra. El puente de unión principal estabiliza la diferencia de potencial entre el sistema de alimentación y tierra. El conductor puesto a tierra tiene un voltaje cero o de unos cuantos volts con respecto a tierra y esa es precisamente la función de la puesta a tierra del sistema de alimentación.

De acuerdo al NEC 250-1, FPM No. (FPM = "Fine Print Note"). Los sistemas de alimentación se ponen a tierra para a) limitar los sobrevoltajes transitorios debidos a descargas atmosféricas, a maniobras con interruptores, b) para limitar los voltajes en caso de contacto accidental del sistema de alimentación con líneas de voltaje superior y para estabilizar el voltaje del sistema de alimentación con respecto a tierra.

12.5. Clasificación del tipo de tierras eléctricas de protección:

El presente tema tiene como principal enfoque, el definir los diferentes tipos de puesta a tierra que se utilizan en una instalación completa y el uso de cada una de ellas, lo que determinará el diseño, atendiendo así a las necesidades prioritarias de cualquier empresa o instalación.

Un sistema de tierras debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Impedancia baja y permanente a tierra.

- b) Acoplamiento del campo electromagnético (entre masas).
- c) Funcionamiento equipotencial.
- d) Efectiva disipación de corrientes indeseables.
- e) Bajo voltaje de paso y de toque.
- f) Definición correcta del funcionamiento, sin interferencias (interferencias de radio frecuencia 'RFI" e interferencia electromagnética "EMI") y con compatibilidad de funcionamiento entre la fuente de alimentación y las cargas mas delicadas y susceptibles.

Ante estas estrictas condicionantes, a través de su desarrollo tecnológico se ha definido la separación de tierras de funcionamiento, especificando el uso y servicio de cada una de ellas bajo el siguiente criterio técnico.

12.5.1. Tierra de protección contra corrientes de falla, descargas electrostáticas, electromagnéticas, (tierra física).

La operación clara y definida de esta tierra física, se concibe como el conductor de puesta a tierra para otorgar protección y seguridad a seres humanos, animales útiles y al propio equipo.

Se deberá conectar a:

- a) Botes y carcasas de transformadores y motores.
- b) Gabinetes, charolas, soportes, anaqueles, estantes, tuberías.
- c) Chasise y marcos metálicos.

d) La red de tierra de protección por conexión equipotencial (ver 2.1.4).

12.5.2. Tierra de funcionamiento (retorno)

Este sistema es la protección que se requiere para los sistemas de potencia, drena las corrientes indeseables, al presentarse un evento transitorio de falla por corto circuito entre fases o fase(s) a tierra.

El conductor que debe conectar el equipo o sistema a proteger y el electrodo o dispositivo de disipación de energía, (eje vertical del sistema Faragauss) se conectará directamente a los siguientes puntos:

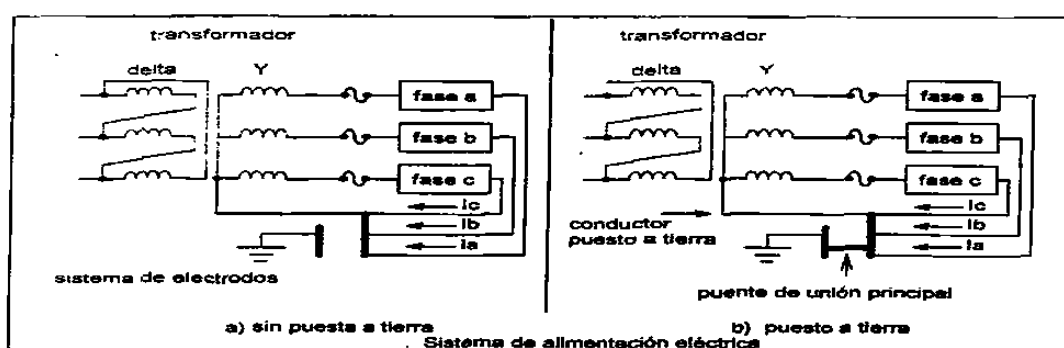
- a) "XO" de los devanados secundarios en estrella de los transformadores de potencia.
- b) "XO" de los devanados primarios de un transformador cuando su conexión sea estrella-estrella.
- c) En el punto de aterrizaje de neutros o "XO" que se realicen a través de bancos o impedancias de resistencias limitantes de corriente de fallas a tierra.
- d) En neutros o neutrales de centros de carga de alguna instalación que no tenga transformador de potencia propio.
- e) En la barra de neutros de tableros de fuerza o distribución, evitando la conexión directa entre barras de neutros y barras de tierra de protección.

12.5.3. Puesta a tierra de equipos.

Los materiales conductores (tubería y gabinetes metálicos) que contienen conductores y equipo eléctricos se ponen a tierra para limitar el voltaje a tierra entre estos materiales (NEC 250-1, FPN No.2). Los conductores de puesta a tierra de equipo

Proporcionar una trayectoria de baja impedancia a la corriente de falla, lo que

facilitará la operación de las protecciones de sobrecorriente bajo condiciones de falla a tierra. La puesta a tierra de equipos tiene dos propósitos: a) limitar el voltaje de los materiales metálicos no portadores de corriente con respecto a tierra y b) que en caso de falla a tierra, opere la protección de sobrecorriente. Las figuras 2 a) y b) ilustran un alambrado correcto y la forma en que opera la protección de sobrecorriente evitando que el chasis se ponga a un voltaje peligroso. La figura 2 c) muestra la forma en que la falta de la puesta a tierra

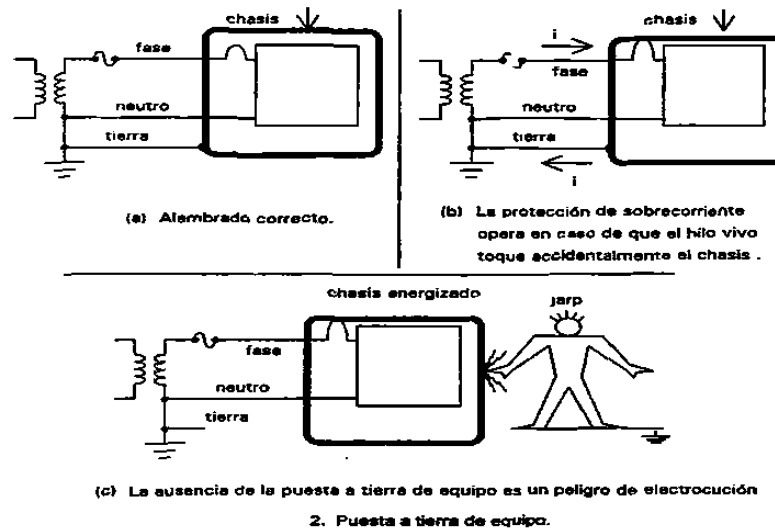


pone en riesgo la vida.

12.5.4. Tierra de protección para equipo electrónico que debe tener un cero de potencial o referencia "0" (cero) lógico.

Para hacer funcionar esta importante tierra de protección, el eje vertical del sistema Faragaus debe conectarse exclusivamente en:

- a) Barra de tierra física de protección de los gabinetes o tableros de control electrónico, UP'S, PLC'S, computadoras, redes, nodos, servidores, centrales telefónicas, etc.
- b) No se debe conectar a esta barra conductores que drenen corriente como pueden ser neutros o retornos, gabinetes, carcasas de motores, tierras de pararrayos, apartarrayos de potencia, o bien todo lo que se defina como "MASA".



12.5.5. Tierra de protección por conexión equipotencial.

Esta tierra se define como la conducción de corrientes indeseables a tierra, que se presentan en las partes metálicas no energizadas, y tienen como fundamental función proteger al personal humano.

Esta conexión de masas tiene como objetivo evitar diferencias de potencial así como minimizar las descargas electrostáticas.

Estas conexiones se realizan de tres maneras o métodos los cuales son:

- a) Protección de masa centralizada por conexión en serie.
- b) Protección de masa centralizada por conexión en paralelo.
- c) Protección de masa centralizadas por conexión distribuida.

12.5.6. Protección de masa centralizada en serie

Este tipo de interconexión es común en las instalaciones tanto en los equipos eléctricos como electrónicos, sin embargo tiene problemas de acoplamiento por las impedancias comunes en todas las líneas de masa, así mismo no garantiza una buena reducción del efecto de interferencias electromagnéticas y disminución de descargas electrostáticas, por otro lado resulta ser el mas sencillo y económico.

A continuación se presenta un esquema simplificado de esta conexión, figura 3:

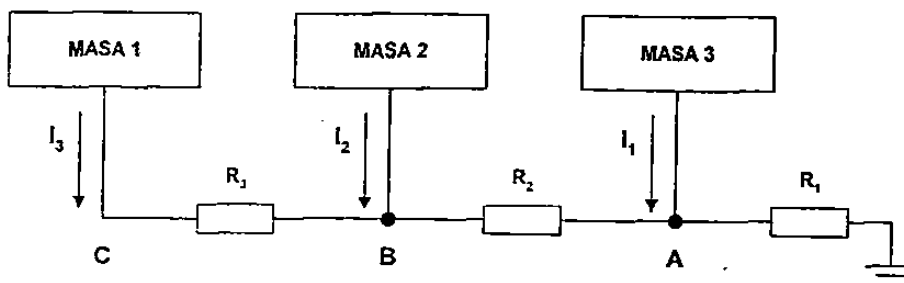


Fig. 3

De la figura anterior se tiene que:

$$V_A = (I_1 + I_2 + I_3)R_1$$

$$V_B = (I_1 + I_2 + I_3)R_1 + (I_2 + I_3)R_2$$

$$V_C = (I_1 + I_2 + I_3)R_1 + (I_2 + I_3)R_2 + I_3R_3$$

Como podemos apreciar se ve una clara interacción en las masas de los diferentes equipos, por lo que no es recomendable realizar estas conexiones en las siguientes condiciones:

- a) Cuando se tienen equipos electrónicos de alta rapidez de respuesta.
- b) Cuando se tiene circuitos que trabajen en forma compatible y con niveles de alimentación (voltaje) de gran diferencia, ejemplo: circuitos de potencia y mando (control).

12.5.7. Protección de masa centralizada por conexión en paralelo

En este sistema la interconexión se realiza de tal manera que cada conexión de las masas a interconectar se concentra en un solo punto de drenaje eléctrico, figura 4.

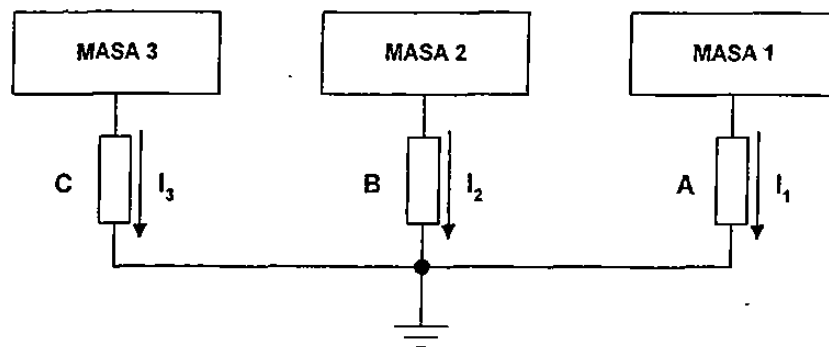


Figura 4.

En el arreglo1o esquemático se eliminan las impedancia comunes en las líneas de masa, obviamente requiere mayor cantidad de conductor y en la practica es de mayor complejidad efectuándolo se tiene una mala distribución estratégica dentro de la distribución del equipo (LAY - OUT).

Cuando este método, los equipos se respetan entre sí, no se interfieren entre ellos, por lo que únicamente estarán susceptibles a su propia perturbación que generan de acuerdo a su propio diseño.

Las tensiones en los diferentes puntos, indicados y referidos a la figura anterior serian:

$$V A = I_1 R_1$$

$$V B = I_2 R_2$$

$$V C = I_3 R_3$$

De acuerdo a los valores anteriores de tensión, podemos definir que las variaciones de las corrientes de un punto no afectan a los otros puntos, lo que dependería únicamente de la impedancia de su propia masa y conductor. Por lo tanto este arreglo resulta mas favorable cuando las impedancias son dominadas por un alto valor resistivo, sobre todo cuando se tienen interferencias de operación a bajas frecuencias.

Cuando la operación de cualquier sistema se encuentra bajo un valor de interferencia de altas frecuencias dominante, la longitud de los conductores de masa a tierra llegan a ser importantes en lo que respecta a los efectos inductivos inclusive se pueden producir acoplamiento del tipo tanto inductivo como capacitivo entre conductores adyacentes. Considerando lo anterior y evitando que un conductor de cierta longitud llegara a comportarse como una antena, es importante limitar esta longitud a un valor menor a 1/20 de longitud de onda de la frecuencia de trabajo máxima, evitando radiación y disminuyendo la impedancia.

12.5.8. Protección de masa centralizada por conexión distribuida.

En el sistema de masa centralizada por conexión distribuida se utilizan varias referencias de conexión con varios circuitos interconectados y con longitudes cortas.

Este método es una combinación de las conexiones serie y paralelo, pero con las siguientes ventajas.

- a) Se minimizan las impedancias individuales de masa.
- b) En los circuitos que se interconectan, presentan baja resistencia e inductancia.
- c) En circuitos de alta frecuencia, se deben utilizar planos o puntos de conexión a tierra cortos, para eficientizar el efecto de apantallamiento electrostático.

Esta conexión tiene como uso efectivo, cuando se requiere aterrizar varios chasis o masas (carcazas) que por razones de seguridad es indispensable, figura 5.

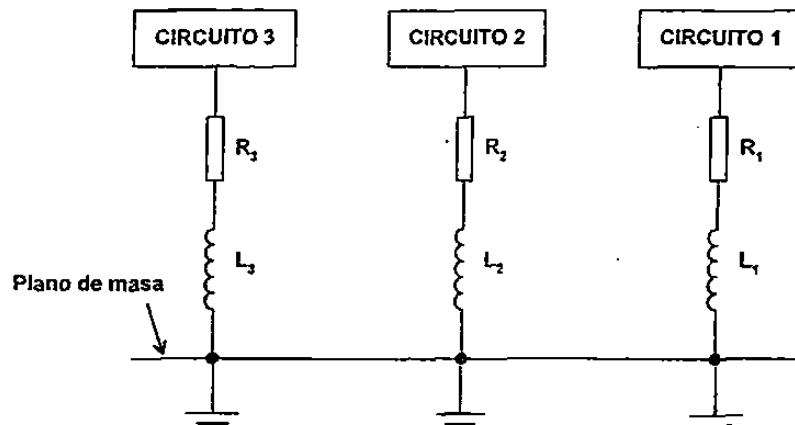


Figura 5.

12.5.9. Tierra de protección para descargas atmosféricas.

La conducción de las descargas atmosféricas resulta importante y vital para cualquier instalación eléctrica, ya que el daño que origina la presencia de un impulso electromagnético de magnitudes variables e impredecibles, pueden causar destrucciones impredecibles.

Actualmente se tiene que cumplir con una serie de requisitos, que dependen de las dimensiones en longitud y de las trayectorias de la interconexión entre los componentes de un sistema de descargas atmosféricas.

Considerando que el medio de orientación o incidencia de una descarga atmosférica se representa por la punta pararrayo, es importante considerar lo siguiente:

- a) La punta pararrayo se deberá instalar en la parte de mayor nivel que se tenga, ya sea edificios, estructuras o equipos.
- b) La trayectoria del cableado aislado entre la punta pararrayo y el Coplagauss deberá ser lo mas aproximado a una línea recta (no se aceptan cambios de dirección mayor de 450)
- c) Se deberá respetar el modelo Faragauss recomendado, el modelo único de Coplagauss, el calibre y tipo de conductor aislado y las longitudes máximas y mínimas permitidas (para mayor información leer al tomo de la norma oficial en el capítulo de método faragauss).
- d) El eje vertical de conexión del sistema Faragauss se debe conectar únicamente a la punta pararrayo, ya que este sistema por su diseño propio y seguridad de operación, no acepte derivaciones en su eje vertical para conexión a otro que no sea exclusivamente para descargas.

12.5.10.Tierra de protección catódica.

Se establece la protección catódica por la oferta de la energía catódica a masas específicas como tanques de almacenamiento, tuberías o superficies metálicas, por uno o varios conductores provenientes de uno o mas Coplagauss Y estos con trayectoria efectiva a uno o mas electrodos magnetoactivos

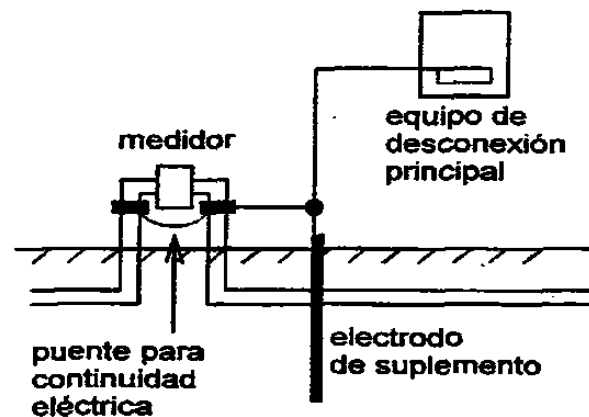
Faragauss, utilizando en su eje vertical invariablemente un conductor aislado. El propósito del suministro catódico, es el convertir la masa metálica en un volumen equipotencial, cancelando gradientes de potencial en ella *que* originen efectos galvánicos y propicien la oxidación, corrosión y degradación de metales

12.5.11. Sistema de Electrodo de puesta a tierra.

Los electrodos pueden ser naturales o artificiales.

Electrodos naturales, NEC 250-81

A) **Tubería metálica de agua.** Tubería metálica de agua en contacto directo con la tierra. Debe cumplir con lo siguiente:

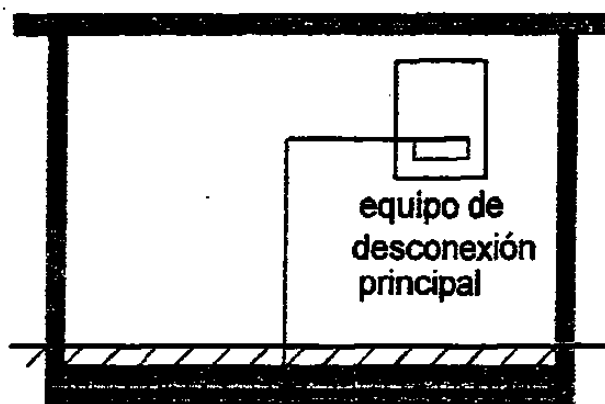


la tubería de agua debe estar por lo menos 3 m en contacto con la tierra

Tubería metálica de agua

- I. De 3 mts o más,
- II. Debe tener como suplemento otro electrodo natural o uno artificial
- III. Debe ser eléctricamente continua, no se debe depender del medidor o del filtro para la continuidad. Deben instalarse puentes en el medidor y el filtro.

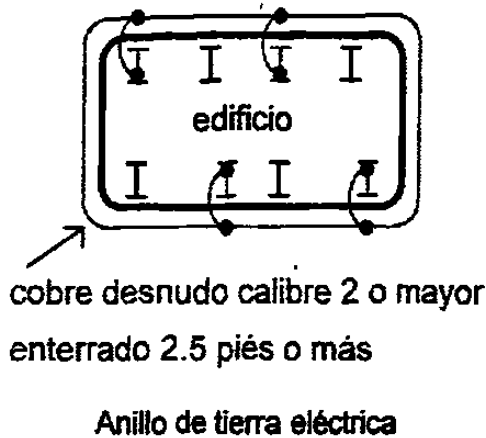
- b) **Estructura metálica del edificio.** Si está disponible se debe unir para formar el sistema de electrodos.
- c) **Electrodo embebido en concreto.** Los cimientos de la construcción siempre que las varillas de refuerzo tengan continuidad a lo largo 6 m o más y sean por lo menos de $\frac{1}{2}$ " . Un conductor desnudo de cobre de por lo menos 6 m y de calibre 4 o mayor puede ser empleado en lugar de las varillas.



varillas de $\frac{1}{2}$ " o cobre desnudo
calibre 4 o mayor, embebidos en
concreto, longitud de 6 m o más

Cimientos o cobre embebido en
concreto

- d) **Anillo de tierra (sground ring»).** Un anillo de tierra alrededor del edificio o estructura, en contacto directo con la tierra, por lo menos a 76 cm bajo tierra y formado por conductor desnudo de cobre de calibre 2 o mayor. Si es posible unirlo en forma alternada a las columnas exteriores del edificio <una columna sí y otra no) [2], vea la figura .



- e) **Tubería metálica y tanques metálicos.** Tubería metálica y tanques enterrados, por ejemplo, un pozo con pared metálica. *No usar la tubería metálica de gas como electrodo, no usar electrodos de aluminio.*
- f) **Varillas.** Las varillas deben tener un longitud mínima de 2.4 m . Cuando sean de fierro o de acero deben estar galvanizadas o recubiertas de material resistente a la corrosión.
- g) **Placas.** Una placa de por lo menos 2 ft², de acero o de fierro y por lo menos de 1/4" de espesor.

La resistencia de los electrodos artificiales debe ser menor a 25 ohm. En caso de que la resistencia sea mayor hay que agregar otro electrodo en paralelo a una distancia de por lo menos 1.8 m (250-84). Para explicar esto, considérese que una varilla de puesta a tierra se encuentra rodeada por cilindros concéntricos de tierra. Los cilindros cercanos tienen poca área y alta resistencia. Los cilindros externos tienen menor resistencia. Al haber tomado en cuenta cierta cantidad de cilindros, la resistencia de la conexión electrodo - tierra ya no disminuye si se agrega un cilindro más. Esta cantidad de cilindros forma el "cuerpo de tierra efectivo" del electrodo, el cual abarca un cilindro de radio aproximadamente igual a la longitud del electrodo y una longitud dos

veces la del electrodo [3], figura 8. De esta forma, para disminuir efectivamente la resistencia del sistema de electrodos, la distancia que debe haber entre dos varillas es de al menos el doble de su longitud, de lo contrario los cilindros de tierra que rodean a los electrodos se traslaparán y su resistencia efectiva no disminuirá. La distancia que manda el NEC de 1.8 m es pequeña ya que los cuerpos de tierra se traslapan, 6 m es una distancia consistente con las dimensiones de los cuerpos de tierra para varillas de 3 m.

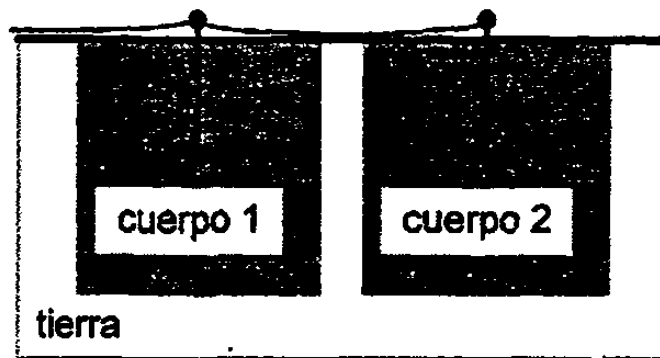


Figura 8. Los cuerpos de tierra no se traslapan

El artículo 250-81 obliga a unir todos los electrodos naturales o artificiales si estos están disponibles. La figura 9 ilustra esta situación.

El artículo 250.40 indica que las tuberías y ductos metálicos que no están asociados con el sistema eléctrico (por ejemplo los ductos de aire) deben ser puestos a tierra. Deben unirse en alguno de los puntos siguientes:

- a) gabinete del medio de desconexión principal;
- b) conductor puesto a tierra en el medio de desconexión principal;
- c) conductor del electrodo si este es de calibre suficiente; o a uno o más de los electrodos.

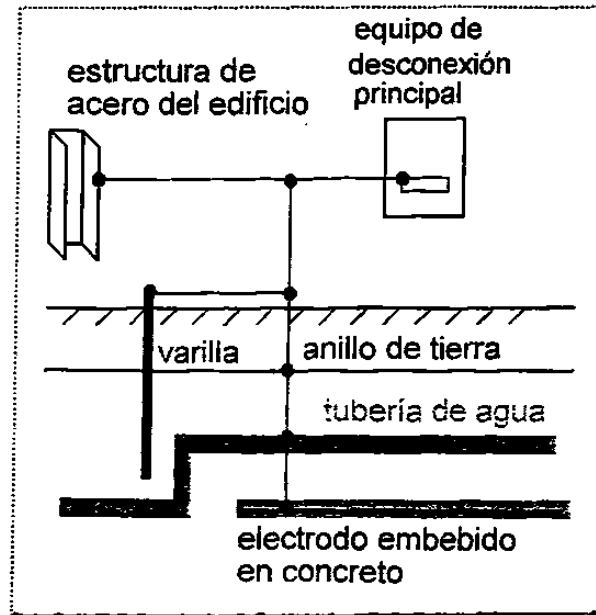


Figura 9. Unir los electrodos disponibles

12.6. Problemas ocasionados por el uso de electrodos aislados.

Si se tienen electrodos aislados en un mismo edificio, pueden aparecer diferencias de potencial grandes y ocasionar daños catastróficos. Con respecto a la figura 10 (adaptada de [4]), se tiene una alimentación eléctrica 1 la cual abastece a las cargas A y B, la fuente 2 alimenta a la carga C, los electrodos del sistema 1 y del 2 están aislados, mientras que las cargas A, B y O están unidas por medio de cables de comunicación. Una descarga atmosférica ocasionaría que los gabinetes A y B se elevaran miles de volts con respecto al gabinete O, esta diferencia de potencial pondría en peligro la vida humana y el equipo.

Supongamos que el electrodo de un pararrayos y el electrodo de la alimentación eléctrica de un edificio no se unen. En caso de que una descarga atmosférica cayera en el pararrayos, se tendría que el potencial de todo el equipo metálico unido al conductor de bajada del pararrayos estaría a un potencial elevado. Mientras que las partes metálicas puestas a tierra del

sistema de alimentación eléctrica, quedarían a potencial de tierra profunda, como se muestra en la figura 10. Si estén próximas partes metálicas con diferente potencial podría ocurrir arqueo con consecuencias fatales (en inglés a este arqueo se le llama "sideflash" [4]). Con esto, queda demostrada la necesidad de unir todos los electrodos dentro de un mismo edificio. Conviene aclarar que se deben unir a nivel de suelo o tierra y no en otro lugar.

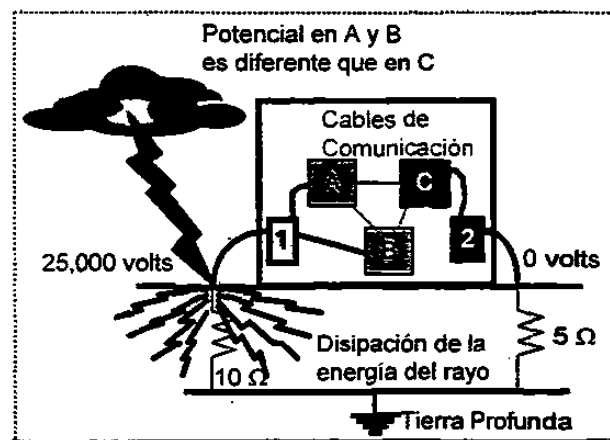


Figura 10. Electrodo aislados

La sección NEC 250-86 prohíbe emplear los conductores de bajada o los electrodos del sistema de pararrayos en lugar de los electrodos artificiales de la sección NEC 250-83. La misma sección indica que esta prohibición no significa que los electrodos de distintos sistemas no se deban unir. NEC 250-86, FPN no. 2 indica que la unión de los electrodos de los distintos sistemas limitará las diferencias de potencial entre los electrodos y los alambrados asociados. La sección 250-71(b) del NEC da los detalles de la unión del sistema de tierras de alimentación eléctrica con los otros sistemas de tierra. (pararrayos, cable, comunicaciones y teléfono).

Otra práctica, conocida como " tierra de computadoras aislada, exclusiva y limpia", que también pone en peligro la vida humana se describe con la ayuda de la figura 11 (adaptada de [5]). En esta figura hay dos violaciones al código. La primera es que no hay puesta a tierra de equipo en el gabinete de la carga, la segunda es la puesta a tierra exclusiva y aislada. La figura ilustra que un capacitor se puso en corto circuito, ocasionando que el gabinete de la carga se ponga al mismo potencial que el del conductor vivo. Si consideramos impedancias de 5Ω en cada uno de los electrodos y voltaje de 120 V, la corriente será de 12 A, dicha corriente no será suficiente para que la protección de sobrecorriente opere. La trayectoria que sigue esta corriente es a través del conductor vivo, del filtro capacitivo en corto, del gabinete de la carga, del electrodo exclusivo, de la tierra, del electrodo sudo y del conductor puesto a tierra. Esta corriente dará lugar a que el gabinete de la carga se ponga a 60 V con respecto a tierra profunda.

Derivando las funciones de la puesta a tierra de equipo: a) limitar el voltaje de los materiales metálicos no portadores de corriente con respecto a tierra y b) que en caso de falla a tierra, opere la protección de sobrecorriente.

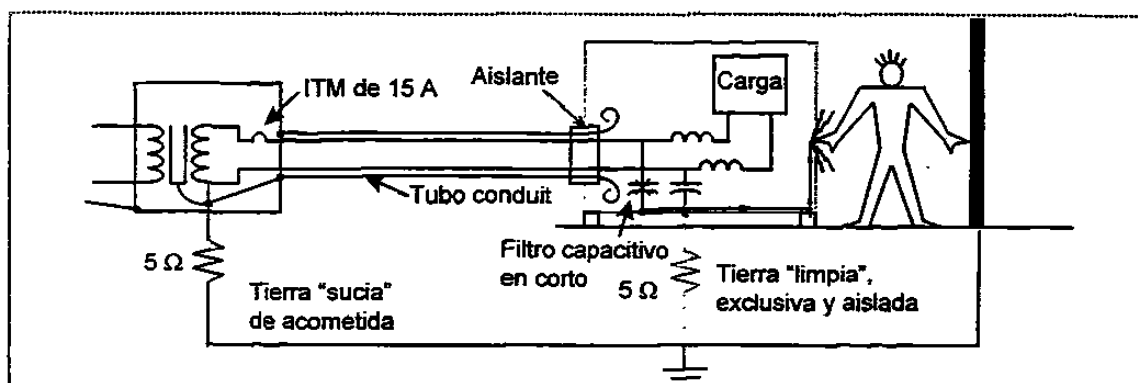


Figura 11. Tierra de computadora, limpia, aislada y exclusiva

12.7 Unión ilegal entre neutro y tierra

En la literatura [6] se insiste que el sistema de alimentación se debe poner a tierra en un solo punto. La figura 12 (a) ilustra el alambrado correcto, las computadoras estén conectadas con cable de comunicación y cuando el voltaje en dicho cable es cero en un extremo, también lo es en el otro. La figura 12 (b) tiene unión ilegal entre neutro y tierra, la corriente del neutro (i) se divide ahora por el hilo neutro (i_1), por el cable de tierra (i_2) y por el cable de tierra de comunicación (i_3). La corriente i_3 ocasiona un voltaje entre las dos computadoras debido a la resistencia del cable de comunicación. Hay error en la comunicación y en caso extremo la entrada de comunicación se puede dañar.

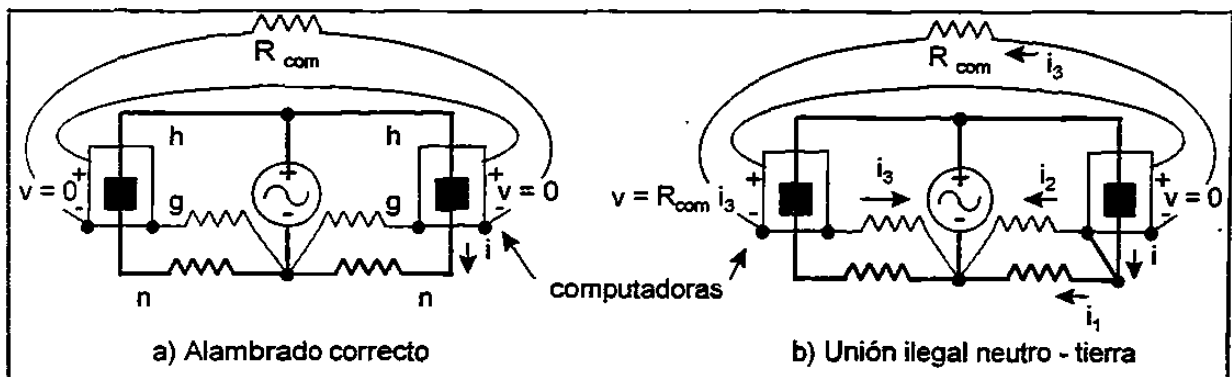


Figura 12. Problema debido a unión ilegal de tierra y neutro

Además de voltajes y corrientes indeseables en los cables de comunicación, la unión ilegal entre neutro y tierra da lugar a fuerzas magnetomotrices que no se cancelan. Los campos magnéticos resultantes pueden ocasionar interferencia electromagnética en computadoras, monitores y proyectores de video. La Figura 13 ilustra dicha situación. En la Figura 13 a), el campo magnético es débil pues la corriente encerrada es cero. Una pinza de corriente detecta a 0 A. En la Figura 13 b) la densidad de campo magnético es intensa pues la

corriente encerrada es igual a la que corriente que se va por la canalización de los cables de comunicación. Una densidad de campo magnético del orden de 2 mg no debe ocasionar ningún problema en los equipos mencionados. Pero una intensidad de campo magnético de 20 mg puede ocasionar que la imagen de un monitor sea inestable, en el idioma inglés a esto se le conoce como "monitor jittinging".

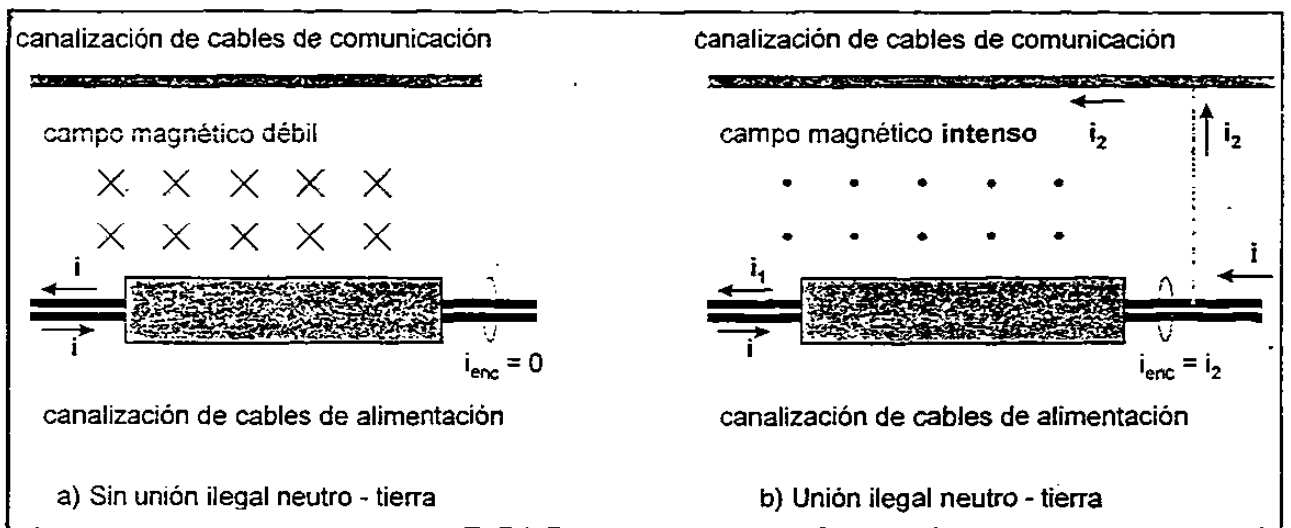


Figura 13. Campo magnético intenso debido a unión ilegal neutro-tierra

Se explican las razones de poner a tierra haciendo distinción entre el aterrizaje del sistema y el aterrizaje del equipo. Se presentan y se ilustran las definiciones de los siguientes términos: tierra eléctrica, aterrizado o puesto a tierra, efectivamente aterrizado, conductor puesto a tierra, conductor de puesta a tierra de equipo, equipo de desconexión principal, conductor del electrodo de aterrizaje, puente de unión principal y sistema derivado separadamente. Estas definiciones son de acuerdo al NEC 1996 [1]. Se describen los electrodos naturales y los artificiales, ilustrando el concepto de cuerpo de tierra del electrodo

12.8. La limitación de la resistividad del suelo

El desarrollo de la tecnología electrónica se prevé impresionante, ya que continúa la revolución innovadora de la microelectrónica que simplifica espacios y procedimientos, sin embargo, exigirán redes de suministro de energía eléctrica bien definidas para otorgar una excelente calidad.

Se aprecia un descontrol, confusión e inconformidad, ya que éstas nuevas tecnologías, aplicadas en el campo de la productividad, fallan, provocando costosos errores y paro de actividades, con las pérdidas que esto origina, y surge la pregunta; ¿Porqué fallan frecuentemente las computadoras o bien los sistemas de automatización y control industrial, los equipos electromédicos o de telecomunicación o una modesta o gigantesca red de voz y datos?; la respuesta está en la compatibilidad y susceptibilidad de todos y cada uno de los protagonistas, incluyendo aparatos, accesorios, equipos, sistemas y seres humanos. Para comprender mejor estos conceptos, es conveniente definirlos:

Compatibilidad: Se define como la acción o funcionamiento óptimo de cada componente sin interferir o afectarse entre si.

Susceptibilidad: La definimos como la tendencia de sensibilidad o vulnerabilidad de cada protagonista.

Considerando los conceptos anteriores, podemos apreciar que en una comunidad interactuamos seres humanos con transformadores de potencia, motores, sistemas de iluminación, computadoras, equipos de telecomunicación, robótica, etc. La comunidad hoy en día utiliza energía eléctrica para el desarrollo de sus actividades, la cual, para un eficiente y

continuo funcionamiento debe ser de calidad (Power Quality); por lo cual sus instalaciones pasivas (gabinetes, tuberías acero de construcción, estructuras, etc.) y las activas (conductores, barras de unión, referencias de "0" lógico, etc.), deben de operar con un eficiente acoplamiento a tierra, procedimiento aparentemente sencillo y sin importancia. sin embargo, como una dramática paradoja, hoy día y para el futuro, resulta ser el culpable de daños, errores, fallos, desperfectos, pérdidas y destrucción de equipo y seres humanos.

Ante una problemática mundial de esta naturaleza, tenemos que definir la resistividad del suelo.

Veamos porqué; si analizamos las diferentes normas internacionales para instalaciones eléctricas nos encontramos como método común para medir el grado de eficiencia o ineficiencia de un sistema de puesta tierra la determinación de la resistividad o anticonductividad del suelo de nuestro planeta, caracterizándolo en unidades óhmicas sobre metro. Estos métodos pueden ser entre otros:

Método del electrodo auxiliar de resistencia despreciable:

- a). Procedimiento voltamperimétrico.
- b). Procedimiento con medidor de tierras.

Método de la caída de tensión:

- a). Procedimiento voltamperimétrico.
- b). Procedimiento con medidor de tierra.

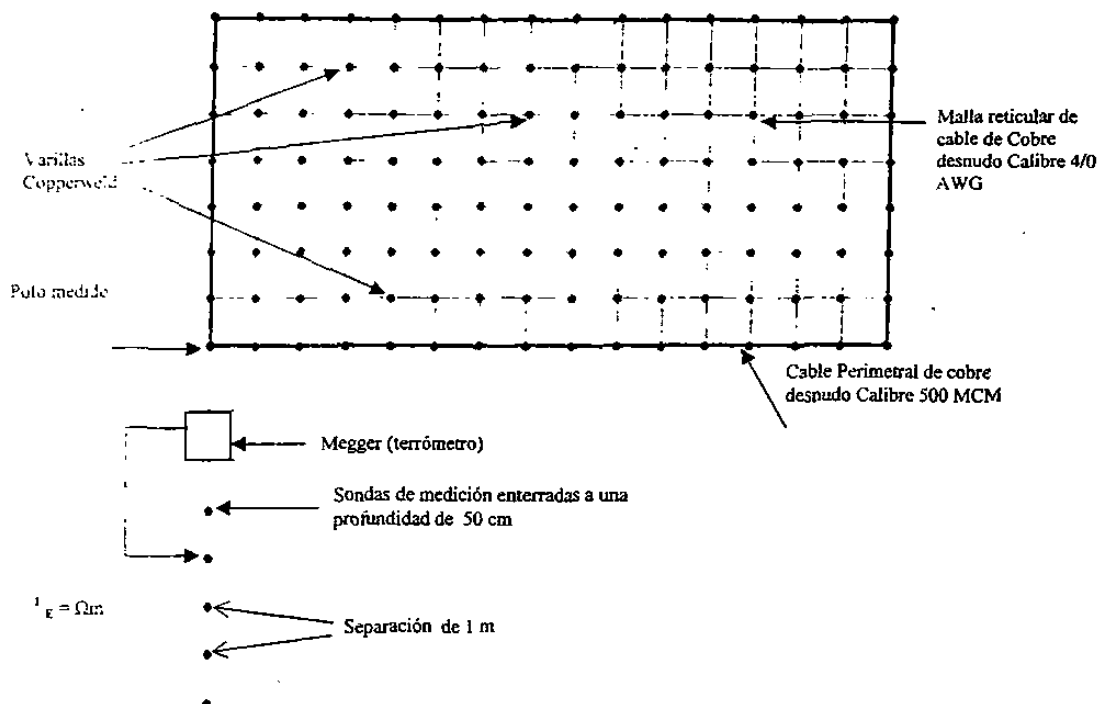
Los métodos se basan principalmente en determinar la resistividad del suelo y el subsuelo 50 cm y 1m.

Sin embargo, es importante reflexionar sobre lo siguiente.

Si verificamos la resistividad de propagación mediante un terrómetro bajo el método de Wenner nos encontramos ante una plataforma de puesta a tierra y determinaríamos lo que se muestra en la figura 4 (ejemplo genérico)

Sin tomar en cuenta el "estudio" previo al diseño de la plataforma o malla, de la resistividad del terreno, el cual pudiera haberse considerado homogéneo sin serlo en la realidad y sujeto a algunas variables, o todas impredecibles como:

- a) Polarización magnética del terreno de acuerdo a principios de prospección magnética terrestre, involucrando campos seculares.
- b) Hora de la medición.
- c) Estación del año.
- d) Temperatura ambiente.
- e) Temperatura del suelo.
- f) Temperatura del subsuelo (2m promedio).



- g) Humedad relativa del suelo.
- h) Humedad relativa del subsuelo.
- i) Clase y tipo de equipo de medición.
- j) Clase, tipo y edad de las sondas empleadas.
- k) Continuidad de conectores y conductores.
- l) Estabilidad y continuidad de la energía empleada.
- m) Altitud sobre el nivel del mar.
- n) Presión barométrica.
- o) Constante de actividad telúrica (geoeléctrica).
- p) Constante de actividad geomagnética (magnetosfera superficial).

Si el previo estudio consideró las variables anteriores y determinó un valor para aplicarse al cálculo de la corriente de corto circuito, misma que consideró en su proceso fisicomatemático las siguientes razones de diseño:

1. Corriente estacionaria.
2. Corriente casi estacionaria.
3. Corriente de alta frecuencia.
4. Corriente transitoria de impulso.

Al observar el método de medición voltamperimétrico deducimos una comprobación sustentada a "X" hora y "Y" variables y en un solo vector como se aprecia en la Figura 15.

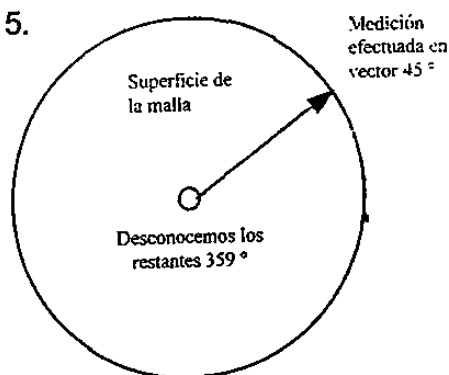


Figura 15

Considerando obtener un resultado de la medición ohm/metro en un solo vector de resistencia de propagación, la misma estaría sujeta a las variables anteriormente expuestas, y de acuerdo al procedimiento voltamperimétrico obtendríamos la medición de la impedancia resistiva o anticonductiva de propagación (Z), desconociendo el valor útil representado por la impedancia total ($Z_R + Z_C + Z_L$), además, referida a frecuencia.

El conocimiento del comportamiento frecuencial o en tiempo de una red de puesta a tierra para el siglo XXI es vital y requisito indispensable debido a la siguiente proposición:

“La suma algebraica de las corrientes portadoras de radiofrecuencia en el aire es igual a cero”.

La proposición anterior se fundamenta en el hecho de existir hoy día más potencia radiada que conducida. (La suma de potencias en la magnetósfera de radiofrecuencias emitidas por radiodifusoras, televisoras, banda civil, celulares, radares, satélites, etc.).

El resultado anterior como energía efectiva se deposite y se transforma en la materia, originando turbulencia eléctrica y gradientes de potencial de acuerdo al vector de Poynting, representado y desarrollado en una o varias áreas unitarias de una malla o red de conductores de confinamiento a tierra con alta impedancia con respecto a esta y sobretodo a altas frecuencias que convierten a un tradicional sistema de tierra en una poderosa antena receptora de RFI (Interferencia de Radiofrecuencia) y de EMI (Interferencia Electromagnética). Este fenómeno es acrecentado por un supuesto aliado de los sistemas ortodoxos de puesta a tierra, convertido hoy en un peligroso enemigo llamado manto freático, mismo

que refleja la energía radiada e incrementa la capacitancia entre las masas a acoplar.

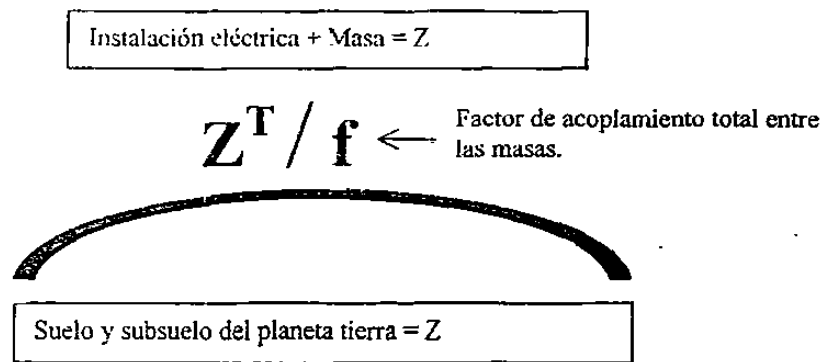


Figura 16

Como podemos apreciar en la figura 6, el objetivo de puesta a tierra de instalaciones, volúmenes y masas; consiste en acoplarlas al suelo y al subsuelo del planeta, para este fin requerimos un factor de acoplamiento entre masas, identificado por la impedancia total de la masa a acoplar y la máxima admitancia dentro de un espectro frecuencial del suelo y subsuelo.

Para responder efectivamente a estos requisitos, se requirió desarrollar una nueva tecnología de acoplamiento a tierra suficiente para caracterizar en función óptima los siguientes conductores involucrados en una red de puesta a tierra.

1. Conductor de puesta a tierra de funcionamiento denominado X0 o neutro.
2. Conductor de puesta a tierra para protección y seguridad humana y de animales útiles. Denominada tierra física.

3. Conductor de unión equipotencial. Para convertir en una sola masa eléctrica y magnética la heterogénea comunidad, y deprimir lazos de corriente, gradientes de potencial, energía electrostática o impulsos electromagnéticos.
4. Conductor de puesta a tierra de servicio. Destinado a otorgar principalmente una referencia de "0" potencial o "0" lógico a tarjetas electrónicas, sistemas, equipos, accesorios y componentes electrónicos, electromecánicos, cibernéticos, de control lógico programable, electromédicos y de telecomunicaciones.
5. Conductor de puesta a tierra para confinar y disipar descargas atmosféricas (Rayos).
6. Conductor de puesta a tierra para otorgar a masas, volúmenes, estructuras, tuberías o gabinetes metálicos, energía catódica suficiente para abatir o cancelar gradientes de potencial o corrientes circulantes que aceleren procesos químicos y originen efectos galvánicos causando oxidación, corrosión y degradación de metales en forma acelerada.

Al involucrar y definir en su misión a cada uno de estos conductores, se requiere la implantación de una nueva ingeniería de puesta a tierra, misma que permita la compatibilidad óptima de los mismos con la simultánea atenuación de sus respectivas susceptibilidades.

Para el logro de estos fines es necesario romper paradigmas tales como:

- a) No depender de la conductividad o resistividad del suelo o subsuelo para obtener la propagación o disipación y traspaso de corrientes eléctricas a tierra de diversas naturalezas.
- b) Mantener en forma estable y continua el valor o factor de acoplamiento de impedancia total contra frecuencia (40Hz-3.5GHz.)

- c) Polarizar el suelo y subsuelo en forma coercitiva por medio de magnetización remanente isoterma (MRI) con el fin de cancelar los campos multipolares suplementarios instantáneos que originan dipolos regionales y éstos variaciones seculares que impiden la homogeneidad magnética del suelo y subsuelo y su dramática ineficiencia para un sistema de acoplamiento a tierra.
- d) Otorgar simultáneamente al proceso de confinamiento a tierra de corrientes de diversa índole, energía catódica suficiente para originar dominios magnéticos en el introespacio atómico.
- e) Crear una red de confinamiento a tierra equipotencial con ángulos de fase autónomos en sus distintos conductores, acoplados mediante admitancias contra frecuencia, que permita el equilibrio en tiempo integral basado en una frecuencia de corte del orden de $1/6$ de la longitud de onda (λ) de 1 MHz (50 m).
- f) Operar un sistema de confinamiento y disipación de descargas atmosféricas en campos E y H que impida la reflexión de la descarga por la vía de un acoplamiento sincronizado en fases.
- g) Reemplazar electrodos pasivos de puesta a tierra por magnetoactivos de polarización definida y continua.
- h) No utilizar aceleradores químicos para el incremento de la conductividad eléctrica del suelo y subsuelo contribuyendo a no degradar nuestro ecosistema.

Los requisitos anteriores se fundamentan en la debilidad y obsolencia actual de los tradicionales sistemas de puesta a tierra.

Preguntas:

¿Los sistemas tradicionales de puesta a tierra están concebidos para sincronizar fases y abatir fenómenos de interferencia electromagnética (EMI) o de interferencia de radiofrecuencia (RFI)?

Razonamientos; Véase Figuras 17 y 18 .

Entorno:

- a) Potencia radiada (RFI) y (EMI) Depositándose en conductores.
- b) Corrientes telúricas y variaciones magnéticas seculares afectando la longitud de onda (L) de la varilla Copperweld.
- c) Conductividad eléctrica polidireccional del terreno variable permanente
- d) Sonda o varilla capturando energía telúrica y enviándola a la "red de puesta a tierra".

Análisis de los electrodos tradicionales:

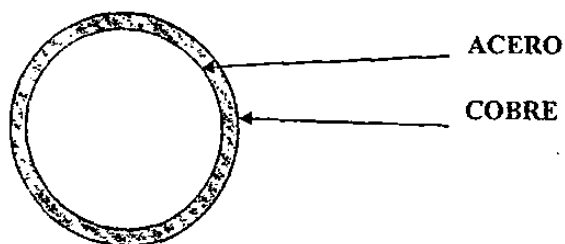


Figura 17.

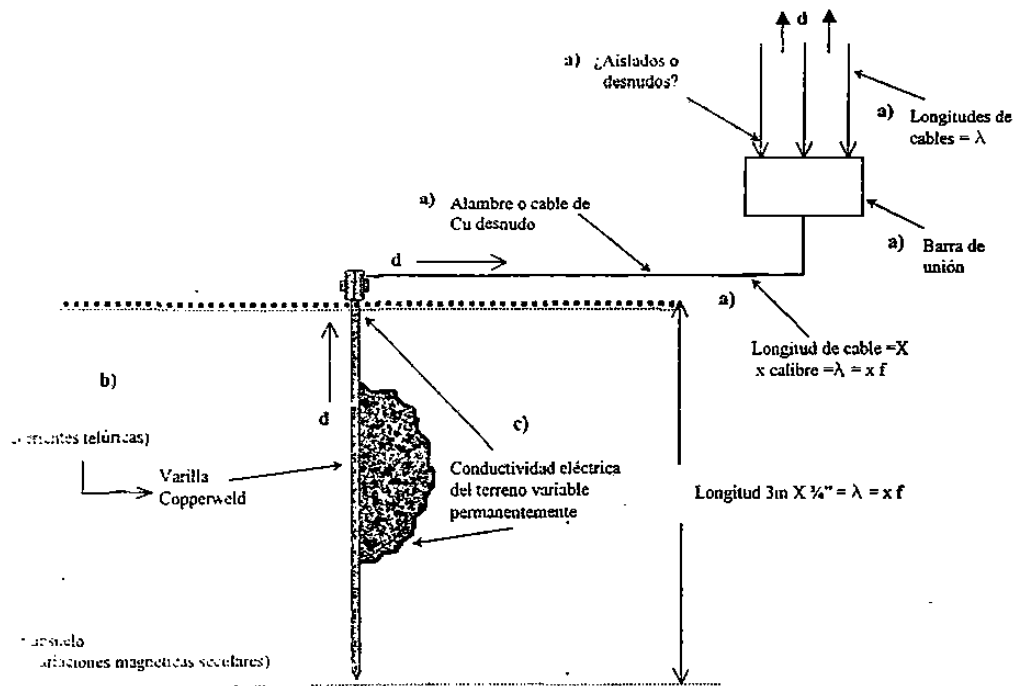


Figura 18.

Razonamientos:

- a) La varilla copperweld es una varilla de acero bañada con una película de cobre, (capa de 10 milésimas de mm) por lo cual es muy vulnerable a la degradación, iniciando el proceso su débil y mal adherida capa de cobre para quedar en poco tiempo (de acuerdo a la salinidad del terreno) en una varilla de acero de distintas características eléctricas.
- b) La varilla copperweld basa su funcionamiento en la longitud de la misma, por lo que disminuiría en proporción a su largo, la resistencia de propagación, sin embargo, la no-homogeneidad del terreno impide obtener valores constantes y polidireccionales.

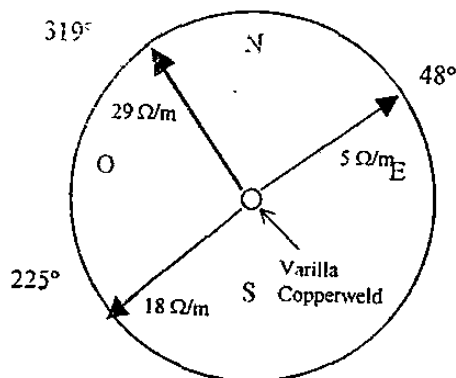


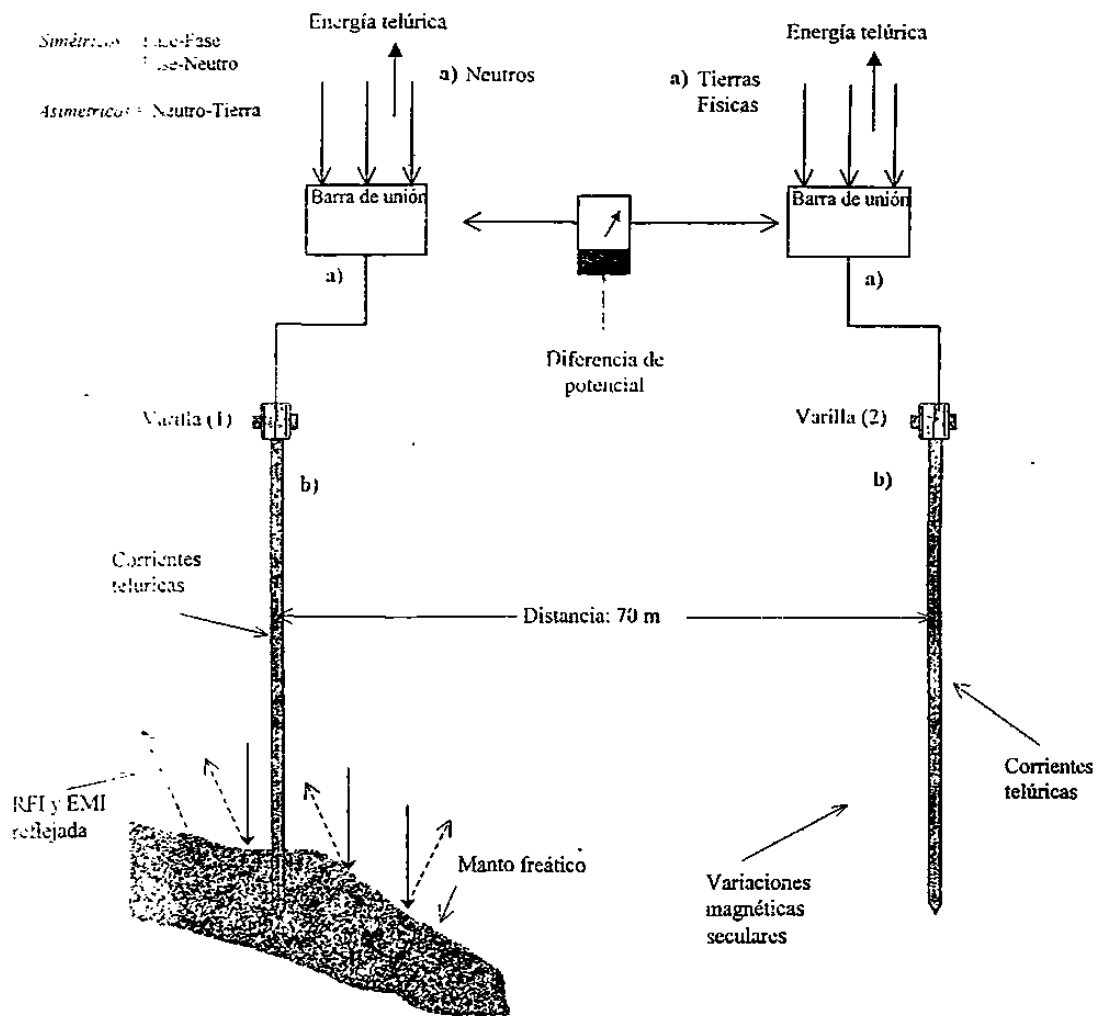
Figura 19

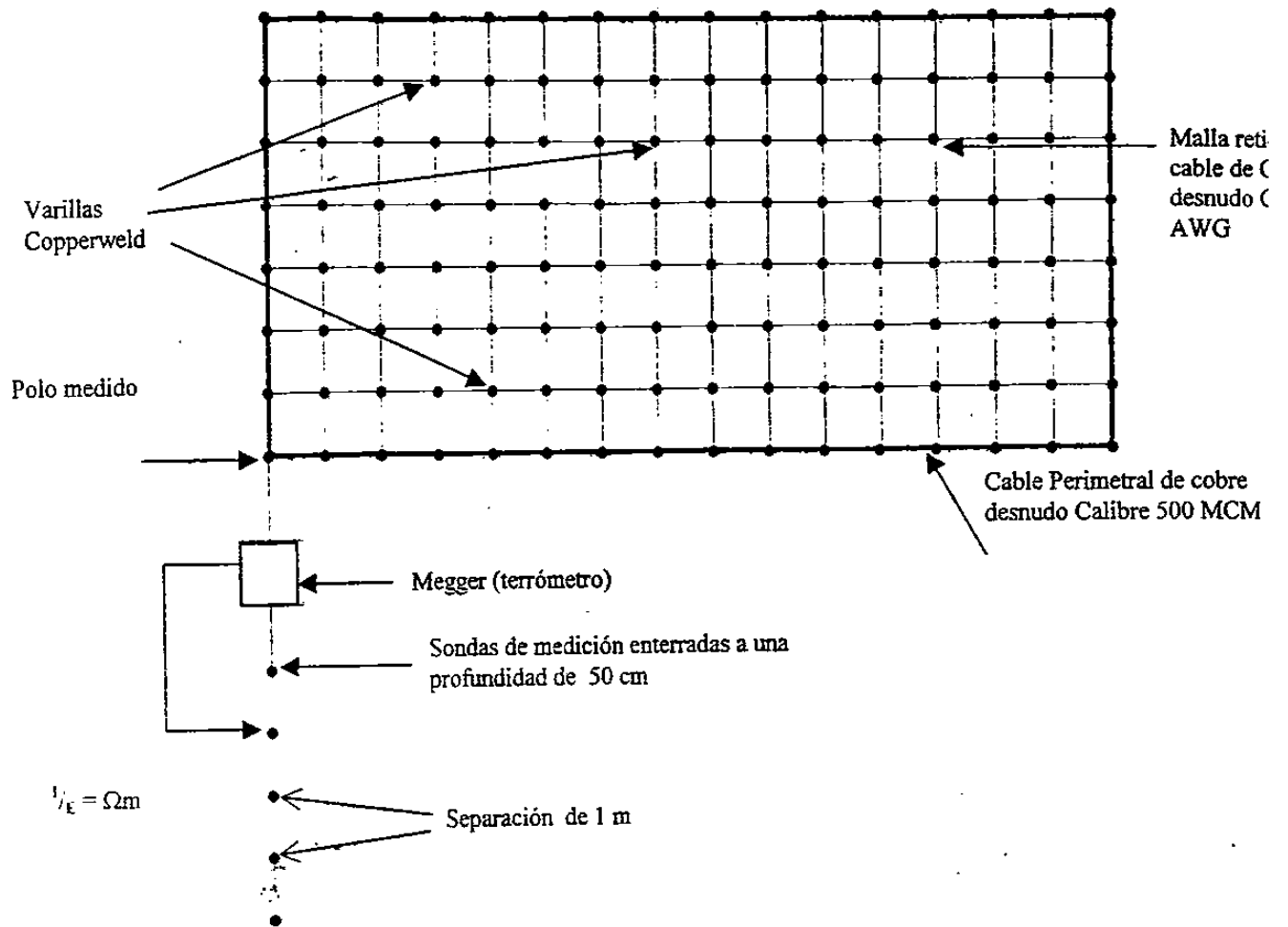
c) Además del inciso anterior la varilla Copperweld en su longitud embebida en el subsuelo, registra fenómenos electromagnéticos que originan impredecibles cambios en su polarización, propiciando gradientes de potencial entre otras varillas o sistemas, incrementándose la posibilidad de descargas electrostáticas entre conductores simétricos y asimétricos, tensiones y corrientes en asimétricos (Daño o destrucción a equipo electrónico sensible y delicado).

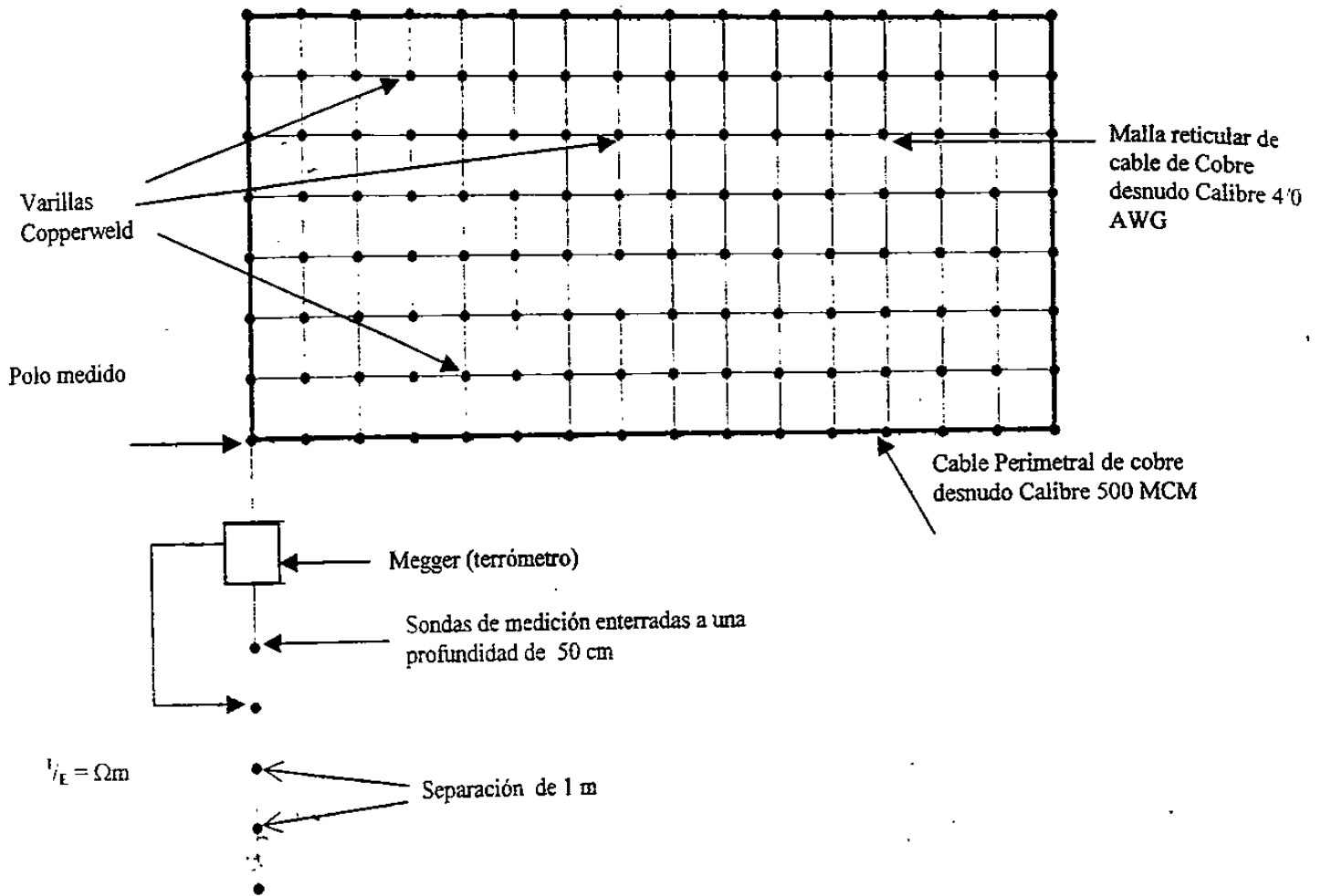
Tanto las varillas (incluidas las electroquímicas), y las “pjcas” de acero galvanizado, las placas (verticales y horizontales de cobre de acero galvanizado), los anillos de alambre o de cable de cobre desnudo, las mallas de alambre o cable de cobre desnudo; son atacados de acuerdo a la prospección magnética terrestre por “bahías magnéticas” las cuales consisten en ser perturbaciones del campo magnético terrestre de origen natural (planeta) o artificial (hombre), con periodos del orden de magnitud de un minuto y pulsaciones de muy cortos periodos (algunos segundos y aún menores); por lo cual los sistemas tradicionales de puesta a tierra FALLAN, ya que han sido concebidos únicamente en forma unidireccional, esto es, con dirección al planeta tierra, pensando únicamente en razones que son válidas pero no únicas como. la seguridad humana y de los equipos con respecto a

las corrientes indeseables, que nos sentimos "seguros" al pensar que las estarnos enviando a tierra y gracias al desarrollo de la tecnología electrónica comprobar que nuestro planeta tierra es capaz de hacer fallar o destruir nuestras instalaciones, enviando turbulencias magnéticas por el punto más olvidado y vulnerable de nuestras instalaciones; afectando incluso al propio ser humano.

¡El sistema de puesta a tierra!







Capítulo 13 Interpretación de planos

Este capítulo indica las características generales de los planos que se utilizan en el área de distribución referente a escalas, tamaños, representación de líneas, datos significativos, cuadros de referencia y su forma de doblarlos.

13.1 Generalidades.

a). En la parte superior del plano índice se debe mostrar el norte geográfico, que debe señalar hacia la parte superior del mismo.

En los planos del proyecto, el norte geográfico se debe anotar en el primero o segundo cuadrantes, indicando hacia donde convenga al proyecto.

b). Cuando se trate de proyectos, se debe iniciar el título del plano con la frase "proyecto de..."

c). Para todos los planos y proyectos se debe utilizar la simbología y características de dibujo indicados en la norma 01 00 09.

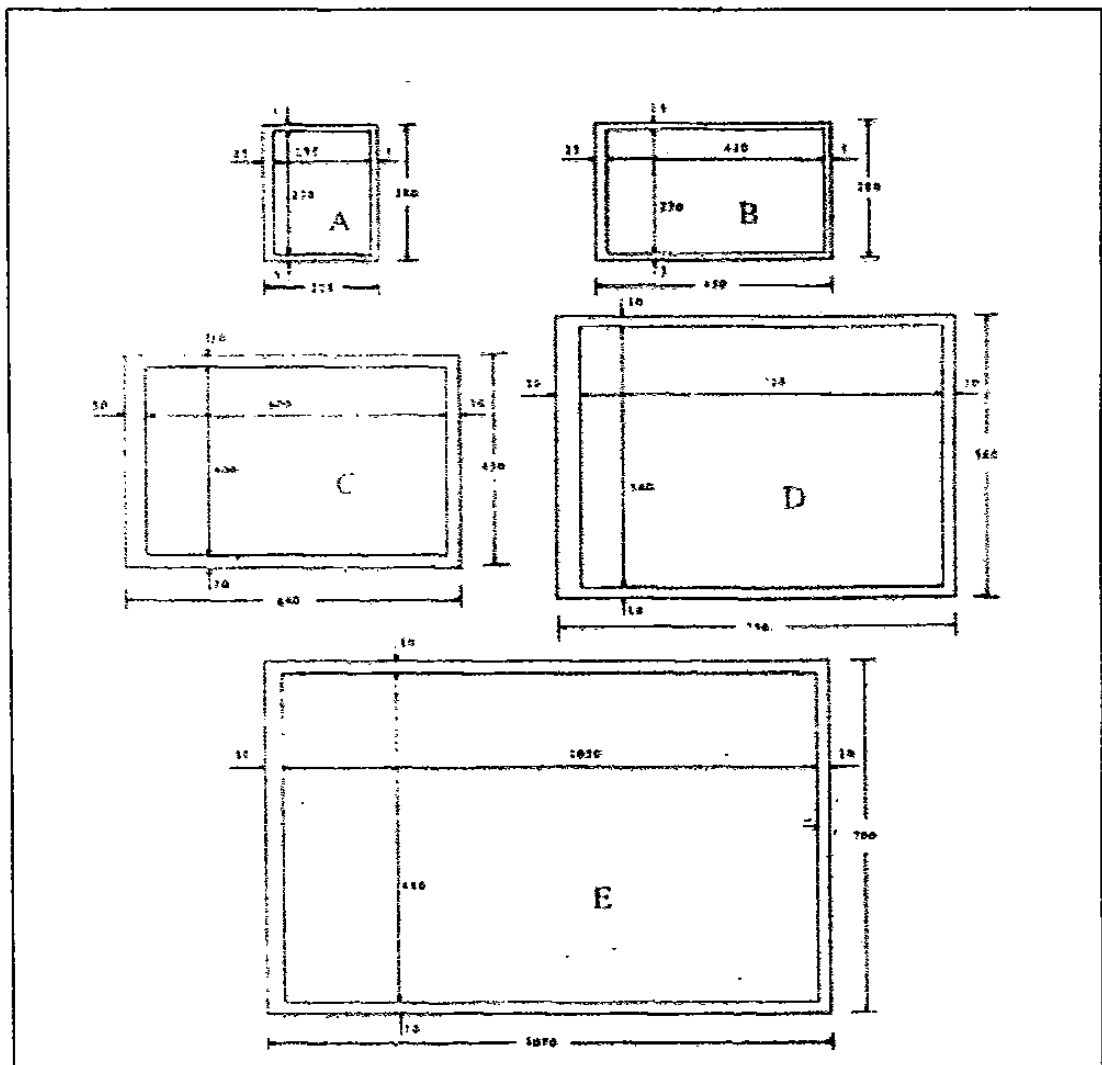
d). En los planos de proyecto y en los definitivos de líneas de distribución, no es necesario dibujar las estructuras, solo se anota su codificación normalizada.

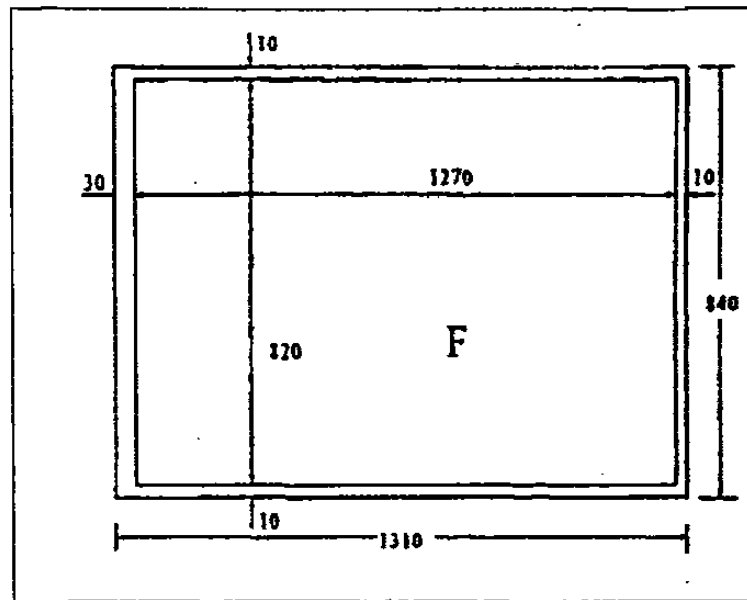
e). Los planos originales se deben archivar en planeros y solo para transportarlos se deben enrollar.

f). Todas las acotaciones de los dibujos de esta norma están indicadas en milímetros.

13.2 Tamaño de los planos.

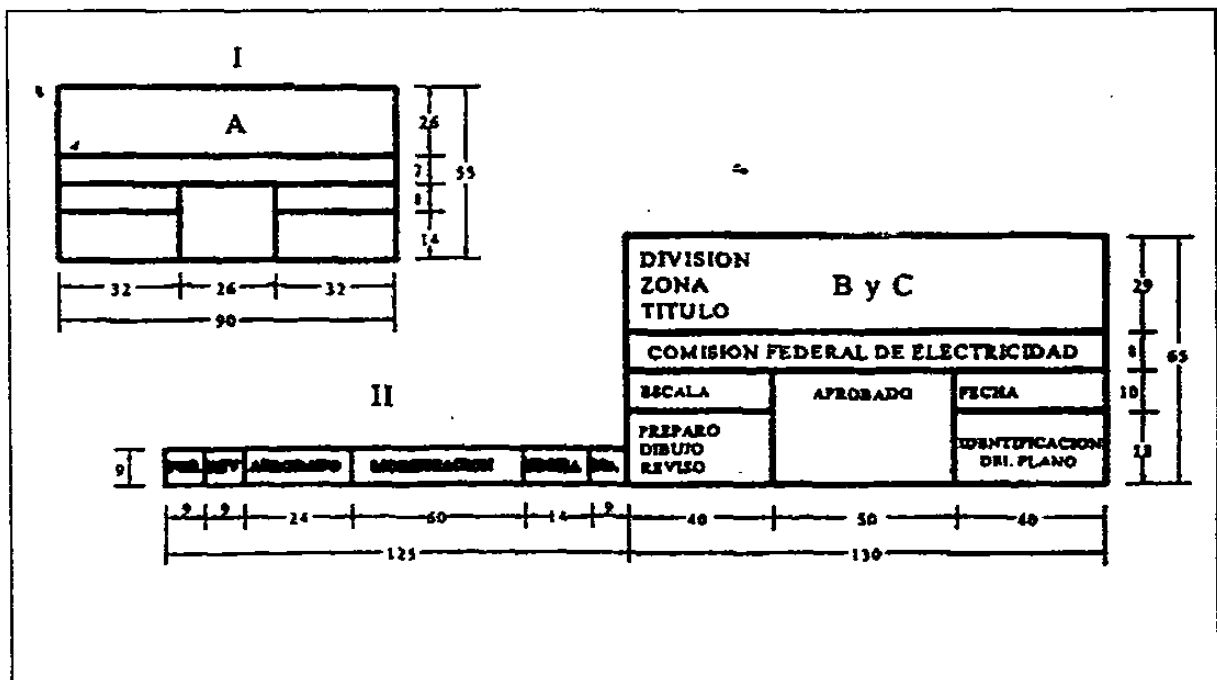
Se identifican alfabéticamente como sigue:

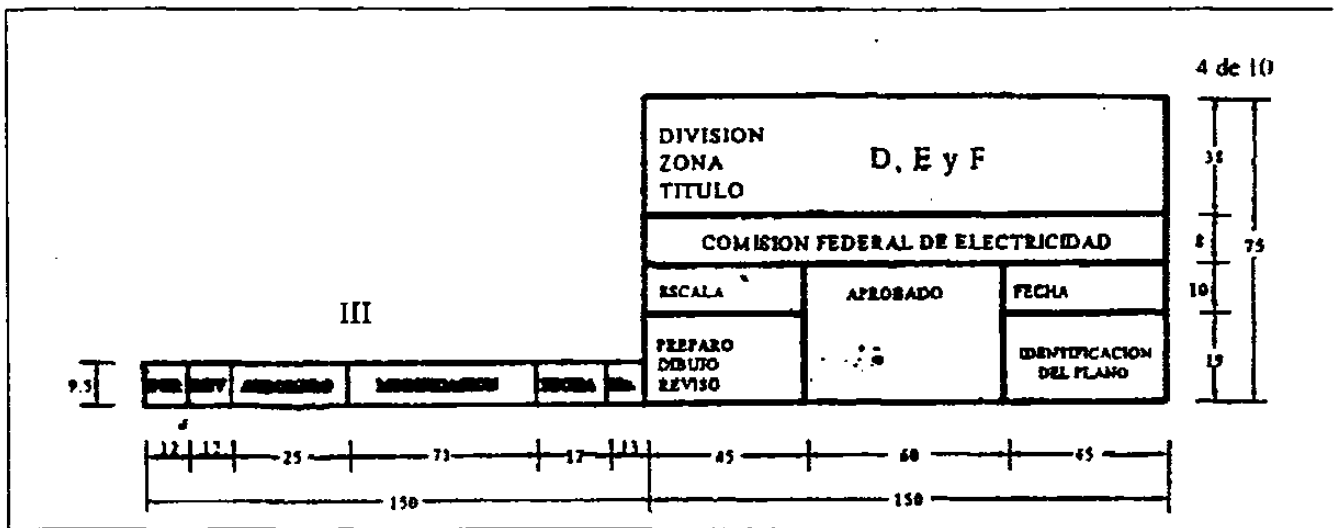




13.3 Cuadros de referencia.

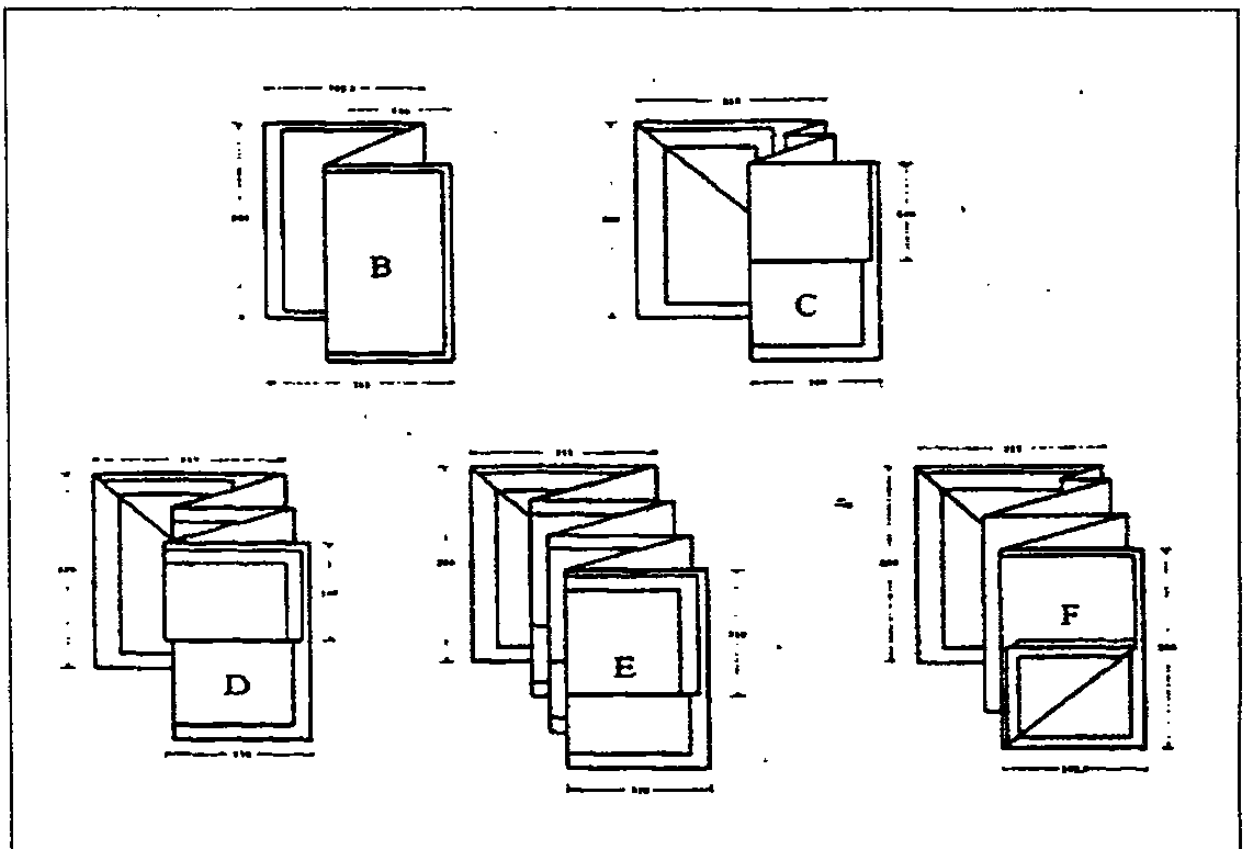
Los cuadros de referencia deben dibujarse en la esquina inferior derecha a partir del margen del plano. La dimensión de este cuadro esta en función del tamaño del plano. Debe contener los conceptos indicados en los dibujos. El rectángulo de la izquierda se utiliza para registrar la actualización del plano.





13.4 Forma de doblar los planos

A continuación se indica la forma de doblar las copias de planos a tamaño carta.



13.5 Escalas

En los planos de proyectos o definitivos de líneas o redes áreas de distribución se normalizan las escalas en función de la longitud, área de influencia de las líneas, tamaño del plano y grado de detalle requerido como sigue:

Escala 1:250 000	plano general de la zona.
Escala 1 50 000	plano índice rural o índice metropolitano.
Escala 1 10 000	plano índice urbano o sección de área metropolitana o sección rural.
escala 1 2 000	sección de plano índice urbano o plano de poblado.

La diferencia de escalas en relación de 1 a 5 permite que de un plano general o índice dividido en 25 partes, se obtenga la sección del mismo con el tamaño del plano índice. Se recomienda que los planos se basen en las cartas de INEGI.

Todo proyecto debe tener un recuadro con la referencia general de una escala superior que facilite ubicar el área en cuestión en el contexto general.

13.6 Los colores que se usan para remarcar los conductores y equipo en las copias de los planos se indican a continuación:

	el color	significa
8	rojo	instalar
13	verde hoja	retirar
18	azul obscuro	relocalizar
17	amarillo	convertir
10	naranja	datos de referencia

Nota: el numero que corresponde a la especificación CFE I0000-15 código de colores.

13.7 Las tensiones de operación en los planos se identifican por los colores de la tabla siguiente:

	Color	tensión (kv)
8	rojo	15
7	violeta	69
21	cobre oscuro	33
1	blanco	23
13	verde hoja	13.2

La siguiente relación indica los elementos a representar en función de la escala conforme la simbología de la norma 0100 09.

s = símbolo normalizado

n = no se indica

t = terreno

p = principal o parcial

*= solo para proyectos

13.7.1 Los planos que se presentan deberán llenar los siguientes requisitos:

a). Completa claridad y un delineado cuidadoso empleando los instrumentos adecuados para un dibujo constructivo y usando tinta china negra similar.

b). Las anotaciones y explicaciones deberán ser ejecutadas con caracteres claros y bien hechos. En las acotaciones se usara invariablemente el sistema métrico decimal.

c). Presentar una tabla de los signos electrónicos empleados.

d) No mostrar otro tipo de instalaciones como de agua potable. Sanitaria o detalles de construcción civil.

13.8 Los planos serán elaborados de las siguientes

Dimensiones:

tipo de instalación	dimensiones	escalas
Casas habitación y edificios	70 x 1110 cm.	1: 125
Alimentados en baja tensión	55 x 70 cm.	Hasta
	35 x 65 cm.	1: 150
Subestaciones eléctricas	85 x 110 cm.	1:120
Abiertas o compactas para	70 x 110 cm.	Hasta
Interior.	55 x 70 cm.	1: 100
Plantas generadoras para	85 x 110 cm.	1: 120
Servicio de emergencia	70 x 110 cm.	Hasta
	50 x 70 cm.	1: 100
Redes de distribución y	85 x 110 cm.	1:1000–1: 5000
Alumbrado publico	70 x 110 cm.	Horizontal
	55 x 70 cm.	1:200-1:2000
		vertical
Cruzamiento con	55 x 70 cm.	1: 1200
Ferrocarriles,	35 x 55 cm.	Hasta
Carreteras y caminos	28 x 40 cm.	1: 100
Vecinales y calles		
Fuerza y alumbrado tipo	85 x 110 cm.	1: 125
Industrial	70 x 110 cm.	Hasta
	55 x 70 cm.	1: 150

Las escalas podrán ser modificadas cuando la magnitud de la obra lo requiera. Anotando en cada caso la escala empleada. Dejando un margen de cinco centímetros en el lado izquierdo de los tres lados del mismo otro no mayor de dos centímetros.

Cada plano tendrá que ser identificado por medio de un cuadro en el ángulo inferior derecho, donde se indicara:

Nombre completo del propietario o razón social.

Nombre, firma y número de registro ante esta secretaría de industria y comercio.

La ubicación de la obra deberá indicarse por medio de un croquis lo mas detallado posible, que muestre la orientación de esta carretera, camino como el número oficial del predio, nombre de la colonia, fraccionamiento, zona postal en su caso, etc.

Los planos de la instalación eléctrica mostrarán una lista de los materiales y equipo que se usaran indicando marca de fabrica, características completas que incluyan, tipo, número de catalogo, todos los planos serán enviados a través de la oficialía de partes de esta secretaría, doblados en tamaño carta con el cuadro de identificación a la vista.

Los planos de alta y baja tensiones deberán ser presentados simultáneamente, así como también la lista de cargas.

13.9 Casas, habitación y edificios alimentados en baja tensión

Es necesario entregar dos copias heliográficas de cada plano y mostraran las plantas de que conste la construcción (sótanos, planta baja, mezanine, planta alta, azotea, etc.) Mostrando únicamente la instalación eléctrica, de tuberías de teléfono, televisión, motores, elevadores y salidas especiales, para otros servicios eléctricos.

En la canalización se indicaran el diámetro y material de tuberías, dimensiones y material de otros ductos: calibre y números de conductores utilizados.

Emplear nomenclaturas para la designación de: tableros, alimentadores, circuitos y dispositivos de control y protección.

Para las instalaciones que tengan mas de un circuito, deberán mostrar un diagrama unifilar. En los casos de edificios de mas de dos pisos, se demostrara, además de los anterior, la planta tipo indicando el numero de ellas al calce de la misma, así como los cortes que indiquen las conducciones verticales de los alimentadores.

Indicar el desequilibrio de fases, el cual no excederá del 5% de la mayor.

Formula adaptada:

$$\%_{\text{desbalance}} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} \times 100$$

13.10 Subestaciones eléctricas abiertas o compactas para servicio interior

Se deberán entregar original y dos copias heliográficas legibles de cada plano, llenando los requisitos fracciones 1,2,3 y 4 en los que se mostrara el dibujo de planta, elevación y cortes necesarios, la disposición de todo el equipo y dispositivos de que consta la subestación.

El diagrama unifilar comprenderá desde la acometida de la compañía suministradora hasta los alimentadores en baja tensión.

Indicar el plano:

- A). Dimensiones del local o cerca que proteja la subestación.
- B). Ventilación del local (y del gabinete en el caso de subestación compacta).
- C). Puertas y su sentido de apertura (deberá ser hacia fuera).
- D). Dimensiones y características de los registros, ductos y trincheras, así como un corte transversal.
- E). Drenaje para aceite del transformador(es) y de todo el equipo que contenga sustancias líquidas.
- F). Nivel del local respecto al piso terminado.

- G). Detalles de fijación de las estructuras y equipos (y del gabinete en el caso de subestaciones compactas).
- H). Todos los equipos y dispositivos eléctricos empleados.
- I). Características del sistema de tierras (conductor y electrodo) indicando la interconexión a las partes metálicas no destinadas a conducir energía eléctrica.
- J). Alumbrado del local deberá ser del tipo reflector o arbotante, para no presentar peligros al personal de mantenimiento.
- K). Tarima aislante reglamentaria.
- L). Extinguidor contra incendios (adecuados para riesgos eléctricos).
- M). Pértiga o garrocha (en el caso de subestación abierta)
- N). Gabinete que contenga el equipo para maniobras eléctricas en alta tensión (casco, guantes y botas aislantes).

los planos de las subestaciones deberán ser complementados con los planos de baja tensión, correspondientes a los sistemas de fuerza, alumbrado, calefacción, comunicaciones y en general los servicios eléctricos.

13.11 Plantas generadoras accionados por motor a y b para casos de emergencia.

Se deberán entregar original y dos copias heliográficas legibles de cada plano, llenando los requisitos aplicables en las fracciones del 1 al 5 dibujo la planta, elevación y cortes necesarios que muestren la disposición del equipo y materiales de que consta la planta generadora.

Indicar en el diagrama unifilar los aparatos y dispositivos de control y protección eléctrica, así como los circuitos que se alimentaran únicamente en casos de emergencia.

Indicar el plano:

- A). Todos los requisitos aplicables, requeridos en la fracción 3 del capítulo IV.
- B). Detalles de la cimentación y anclaje de la unidad generadora y de su tablero de control.
- C). Sistemas de alimentación de combustible, de agua de enfriamiento y de escape.
- D). Todos los componentes del tablero referentes a control, medición y protección.

13.12 Redes de distribución eléctrica y alumbrado público.

La planta eléctrica se deberá entregar como mínimo original y dos copias heliográficas legibles de cada plano con vista de planta elevación y cortes necesarios que muestren claramente la disposición de todo el equipo y dispositivo de que conste la red de distribución y alumbrado público, preparando todos los detalles pertinentes para un estudio completo.

SÍMBOLOS ELÉCTRICOS EMPLEADOS EN PROYECTOS DE BAJA Y ALTA TENSIÓN

	Lámpara fluorescente		Equipo de medición en alta tensión		Línea de tierra
	Arbolante		Medidor en KWH en baja tensión		Tubería por muro o techo
	Lámpara fluorescente		Voltímetro		Tubería por piso
	Apagador sencillo		Ampérmetro		Tubería para teléfono
	Apagador tipo escalera		Commutador voltímetro		Caja de conexiones
	Contacto monofásico		Commutador amperímetro		Tubería vertical
	Botón timbre		Frecuencímetro		Cruce de líneas no conectadas
	Campaña		Interruptor en aceite		Cruce de líneas que se conectan
	Zumbador		Cuchilla desconectadora 1 polo —simple tiro		
	Interruptor de navajas con elemento fusible		Cuchilla desconectadora 1 polo —doble tiro		
	Interruptor termomagnético		Cuchilla desconectadora de operación en grupo		
	Salida especial teléfono		Cuchilla desconectadora de operación con carga		
	Tablero de fuerza		Desconectadores fusibles		
	Arrancador		Apartarrayos		
	Arrancador a tensión completa		Transformador de distribución		
	Arrancador a tensión reducida		Transformador de corriente		
	Motor		Transformador de potencial		
	Contacto trifásico		Mufa		
	Salida especial trifásica o monofásica		Aconectada aérea o subterránea		
	Horno de resistencia		Conexión a tierra		
	Generador		Estación de botones		

Nota: Los símbolos que presentamos en esta tabla son únicamente los empleados en la elaboración de los planos tipo que a continuación se presentan.

13.13 La memoria descriptiva de cruzamientos de líneas de señales o de energía con vías de ferrocarril, carreteras o calles, deberá contener los siguientes datos.

1. Kilómetro del ferrocarril del lugar del cruzamiento o de la carretera o nombre de la calle.
2. Angulo del cruzamiento.
3. Indicación de accidentes naturales o artificiales de importancia que se crucen o que por estar cerca puedan afectar el cruzamiento de la línea con las vías o carreteras.
4. Indicación del tipo de postes o estructuras de las líneas del cruzamiento, expresando el material de que están construidas.
5. Descripción del material de que están construidas las crucetas, tipo aisladores y retenidas.
6. Numero, calibre y material de los conductores: indicando su capacidad máxima en amperes, en caso de líneas de fuerza.
7. Voltaje en el circuito del cruzamiento entre fase y tierra y entre fases.
8. Distancia interpostal del cruzamiento, distancia normal al riel más cercano desde el pie del poste, (se procurara que este sea mayor que la altura del poste, mas 2 metros considerada desde el nivel del hongo del riel a la punta del poste).

9. Distancias mínimas entre las líneas motivo del cruzamiento y otras líneas cruzadas.
10. Separación entre los conductores, en los postes o estructuras soportadores y luz mínima entre el hilo y el hongo del riel a 16 grados centígrados.
11. Tensión del conducto mas bajo a -10° c.
12. Distancia mínima de los conductores a edificios y puentes si los hubiere.
13. Naturaleza del terreno.
14. La resistencia máxima admisible del poste o estructura.
15. Carga del poste debido al peso de los conductores y a una presión del viento de 39 kg/m².
16. Dimensiones de los postes o estructuras y las de sus empotramientos.

13.14 Presentación de planos, mediante escrito presentar planos de alta y baja tensiones para su estudio y aprobación.

Ser firmados por un ingeniero electricista o mecánico electricista con titulo registrado en esta dirección general de electricidad.

Solicitud de visita de inspección, cuando las obras estén ejecutadas en un 90%.

Presentar oficio de aprobación de los planos de alta y baja tensiones.

13.15 Autorización de planos

Planos

Es requisito para autorizar el uso de toda nueva instalación con carga conectada superior a 1.5 k.w. la autorización de los planos eléctricos.

Los principales requisitos de forma:

Elaboración, trazos claros hechos con regla: letra de molde escrita con plantilla o a mano y no deben mostrar detalles arquitectónicos, estructurales ni de instalaciones sanitarias.

Escala y dimensiones se presentaran dos copias heliográficas de cada plano de 42 x 56 cm. 63 x 84 cm. U 84 x 112 cm. A escala de 1:50 o 1:100, salvo casos especiales y se utilizaran las unidades autorizadas en la ley de normas y de pesas y medidas.

Datos técnicos, se incluirán la siguiente información técnica:

- Cuadro de cargas
- Diagrama unifilar.
- Numero y calibre de conductores dentro de ductos y tuberías.
- Diámetro de tuberías o dimensiones de ductos.

Características de los dispositivos de protección y control cuando se trate de motores.

Además de las instalaciones correspondientes a la parte técnica, en los planos se anotaran los siguientes datos:

- Nombre del propietario
- Dirección del predio, indicando colonia, delegación, municipio, etc.
- Croquis de localización del predio.
- Nombre, firma, dirección y registro en la DGE. Del electricista, técnico electricista o ingeniero electricista que funja como perito de la instalación.
- Numero de registro de la DGE. Marca y tipo.

Si no procede la autorización de los planos por ser omisa o incorrecta su presentación, se devolverán a los interesados los tantos correspondientes.

Los planos de subestaciones, plantas generadoras, sistemas de distribución, redes de alumbramiento público, etc. Y de canalización de baja tensión con capacidad superior a la que se indica en el punto 4.1, se deberán remitir para efectos de revisión y autorización a las oficinas de la dirección general de electricidad.

Capítulo 14

Cálculo de los componentes de una subestación

Determinar la potencia del transformador, los dispositivos de protección y conductores para una subestación ubicada en una empresa dedicada a la fabricación de muebles de oficina, la cual tiene las siguientes cargas:

5 Unidades de aire acondicionado de 20 toneladas de refrigeración, 480 vca, 3 fases, 60 hz. Ubicado uno de ellos a 93 mts. del tablero de su alimentación.

4 Tableros de alumbrado y contactos de servicio de:

T₁ de 37.5 kw..

T₂ de 30 kw.

T₃ de 40 kw.

T₄ de 25 kw.

Dichos tableros se encuentran a una distancia de 50 mts del tablero de distribución general.

2 Tornos de control numérico de:

C₁ de 45 kw .

C₂ de 30 kw.

A 208 vca 3 fases, 60 hz.

5 Maquinas de torno cuyos motores son de :

M₁ de 15 hp, 220 vca, 3 fases, 60 hz.

M₂ de 25 hp, 220 vca, 3 fases, 60 hz.

M₃₋₄₋₅ Son de 10 hp cada uno, 220 vca, 3 fases, 60 hz.

Se encuentran ubicados a una distancia de 15 mts. de su alimentación.

Cálculo para la capacidad del transformador (carga instalada)

1.- Son 5 unidades de aire acondicionado de 20 toneladas de refrigeración, a 480 VCA, 3 fases, 60 Hz.

La carga será de: 20 (5) unidades X 1.9 KW / unidad = 190 KW

Si consideramos un factor de potencia de: 0.85, con voltaje de: 480 vca, entonces la potencia reactiva (Q) es de:

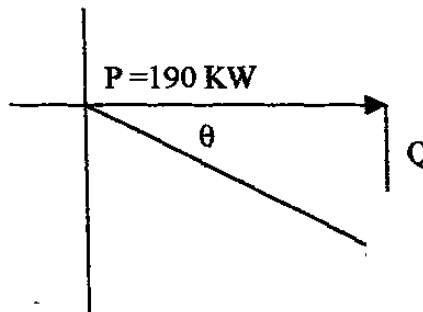
$$\theta = \text{Cos}^{-1}(0.85) = 31.78^\circ$$

y si:

$$\text{tg} \theta = \frac{Q}{P} \therefore Q = P \text{tg} \theta$$

$$Q = (190)(0.619)$$

$$Q = 117.6 \text{KVAR}$$



2.- Son 4 tableros de alumbrado de:

T₁ de 37.5 KW

T₂ de 30 KW

T₃ de 40 KW

T₄ de 25 KW

Siendo la suma total de cargas de alumbrado de: 132.5 KW

Si consideramos un factor de potencia de: 0.92 con un voltaje de: 480 y a 220 VCA, entonces, la potencia reactiva (Q) es de:

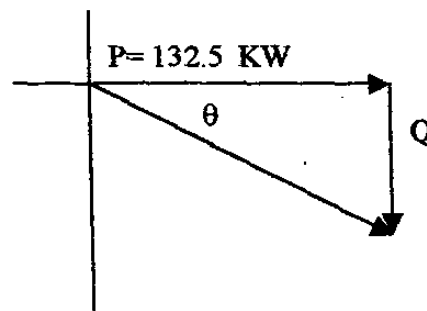
$$\theta = \text{Cos}^{-1}(0.92) = 23.07^\circ$$

y si:

$$\text{tg} \theta = \frac{Q}{P} \therefore Q = P \text{tg} \theta$$

$$Q = (132.5)(0.425)$$

$$Q = 56.4 \text{KVAR}$$



3.- Se considera un transformador del tipo seco que alimentara a los dos tornos de control numérico de:

$$45 \text{ kva} + 30 \text{ kva} = 75 \text{ kva totales.}$$

Por lo tanto el transformador sera de:

$$75 \text{ KVA, 3 fases, 480 / 208 vca.}$$

Siendo la potencias aparentes (S) de: 75 KVA

Si consideramos un factor de potencia de: 0.92 con un voltaje de: 480 VCA, entonces, la potencia real (P) y la reactiva (Q) serán:

$$fp = \frac{P}{S} \therefore P = (S)(fp) = (75)(0.92)$$

$$P = 69 \text{ KW}$$

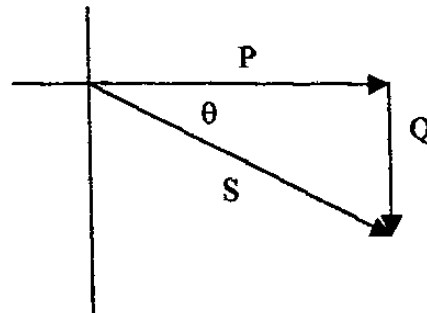
$$\theta = \text{Cos}^{-1}(0.92) = 23.07^\circ$$

y con:

$$\text{tg}\theta = \frac{Q}{P} \therefore Q = P \text{tg}\theta$$

$$Q = (75)(0.425)$$

$$Q = 31.94 \text{ KVAR}$$



4.- Son 5 Motores de 3 fases, 220 vca. 60 hz. de:

M₁ de 15 HP

M₂ de 25 HP

M₃₋₄₋₅ de 10 HP

Considerando que 1 HP = 746 Watts

$$\sum \text{HP} = 15 + 25 + 3(10) = 70 \text{ l}$$

Por lo tanto:

$$70 \text{ hp (746 Watts)} = 55.22 \text{ KW.}$$

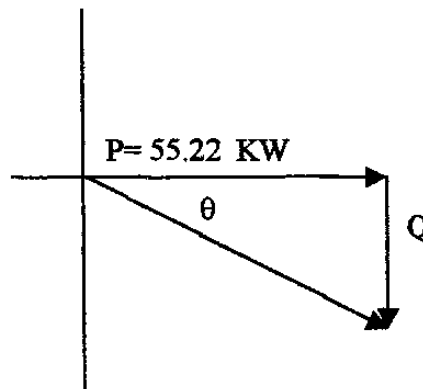
Si consideramos un factor de potencia de: 0.85 con un voltaje de: 220 VCA, entonces, la potencia reactiva (Q) es de:

$$\text{tg} \theta = \frac{Q}{P} \therefore Q = P \text{tg} \theta$$

y si:

$$Q = (55.22)(0.425)$$

$$Q = 22.19 \text{ KVAR}$$

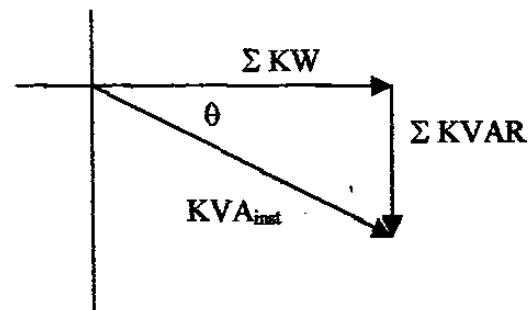


4.- Potencia instalada (KVA instalada), con:

$$\sum \text{KW} = 190 + 132.5 + 69 + 55.22 = 446.72 \text{ KW}$$

$$\sum \text{KVAR} = 117.6 + 56.4 + 31.94 + 22.19 = 228.13 \text{ KVAR}$$

de donde:



$$KVA_{inst} = \sqrt{\sum KW^2 + \sum KVAR^2}$$

$$KVA_{inst} = \sqrt{(446.72)^2 + (228.13)^2}$$

$$KVA_{inst} = \sqrt{199558.7584 + 52043.2969}$$

$$KVA_{inst} = \sqrt{251602.05}$$

$$KVA_{inst} = 501.59$$

5.- La potencia del transformador (KVA_{transf}), se determina por la siguiente ecuación:

$$KVA_{transf} = (KVA_{inst})(FD) + 20\% \text{ (de los } KVA_{inst}\text{)}$$

$$KVA_{transf} = (501.59)(0.65) + (0.2) (501.59)$$

$$KVA_{transf} = 326.03 + 100.31$$

$$KVA_{transf} = 426.34 \text{ KVA}$$

Por lo tanto se considera un transformador de 500 KVA, 3 fases, 13,200 / 480- 277V, 5 TAPS CONEXIÓN Delta – Estrella, Tipo estación.

I.- Selección de la protección.

1.- Datos básicos requeridos:

- a).- Tipo de subestación: Interperie.
- b).- Tipo de acometida: Aerea.
- c).- No. de transformador: 1
- d).- Potencia de la subestación: 500 KVA.
- e).- Relación de Tensión: 13200 – 480 / 277 Volts.
- f).- Ubicación: Parte posterior sur de la nave.

2.- Datos del transformador

- a).- No. de equipo: TR-01
- b).- Potencia: 500 KVA
- c).- No. de fases: 3
- d).- Tipo de enfriamiento: OA
- e).- Relación de Tensión: 13200 – 480 / 277 Volts.
- f).- Conexión: Δ - Y (aterizada).
- g).- Impedancia: 6.8%

3.- La protección primaria de la subestación.

a).- Se calcula la corriente nominal (I_N) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KVA}{\sqrt{3}KV}$$

la cual será de: 21.86 Amp.

Si consideramos que la corriente para la protección es el 200% de la corriente nominal, entonces:

$$I_{\text{protección}} = 2 \cdot I_N$$

donde será de: 43.73 Amp. \cong 40 Amp. (valor comercial), y en base a datos de tablas se selecciona un elemento fusible de 40 Amp. y cortocircuito (cuchilla) con un marco de 100 Amp. nominales.

4.- La protección secundaria de la subestación.

a).- Se calcula la corriente nominal (I_N) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KVA}{\sqrt{3}KV}$$

la cual será de: 601.40 Amp.

Si consideramos que la corriente para la protección es el 125% de la corriente nominal, entonces:

$$I_{\text{Protección}} = 1.25 \cdot I_N$$

donde será de: 751.75 Amp.

Seleccionando un interruptor termomagnético de 800 Amp. (valor comercial) y marco de 800 Amp. el cual está montado en un tablero de distribución I-line, tamaño 3, de la SQUARE-D, cuyo No. de catalogo es: MA-800M163A sin medición.

II.- Selección del conductor de la subestación en baja tensión.

1.- Datos básicos requeridos:

- a).- Tipo de subestación: Interperie.
- b).- No. de transformador: 1
- c).- Potencia de la subestación: 500 KVA.
- d).- Relación de Tensión: 13200 – 480 / 277 Volts.
- e).- Ubicación: Parte posterior sur de la nave.

2.- Datos del conductor:

- a).- Tipo de canalización:
- b).- Tipo de aislamiento:
- c).- Temperatura de operación: 90°C
- d).- Temperatura ambiente: 35°C
- e).- Longitud del circuito:

3.- Selección de un conductor por capacidad de corriente:

a).- Se calcula la corriente nominal (I_N) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KVA}{\sqrt{3}KV}$$

la cual será de: 601.40 Amp.

b).- Si la corriente corregida (I_{corr}) es el 125% de la corriente nominal, entonces esta será de: $601.40 \times 1.25 = 751.75$ Amp.

c).- El valor de la corriente total corregida ($I_{Tot-corr}$) se determina con la siguiente ecuación:

$$I_{Tot-corr} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

de donde la corriente será, de: 826.09 Amp.

Siendo el calibre requerido para conducir 826.09 Amp. en vista de que es muy elevado el valor de la corriente se consideran 3 conductores por fase del calibre 250 MCM el cual soporta una corriente de 290 amp y considerando el neutro del mismo calibre que las fases.

Y un Conductor para tierra física del calibre 1/0 awg desnudo.

En tubería de 76 mm (3 ") de diámetro y se consideran tres canalizaciones que sería: 3(3-250F, 1-250N, -1-1/0TD, TC-76mm.

4.- Cálculo del conductor por calibre de tensión.

a).-La caída de tensión se calculará de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V = \sqrt{3} \cdot I_{corr} (R \cdot \cos\theta + XI \cdot \sin\theta) l$$

de donde se considera que si es el conductor, omitiéndose determinar el % de caída debido a que la distancia es menor de 20 mts y que el valor de la XI y R disminuyen el valor en:

$$\left(\frac{R}{4}, \frac{XI}{4} \right)$$

La caída de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación (sea de alumbrado, fuerza, calefacción, etc.), no debe exceder del 5 por ciento.

Se recomienda que dicha caída de tensión se distribuya razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, de tal manera que en cualquiera de ellos la caída de tensión no sea mayor del 3 por ciento.

b).- Protección de conductores contra sobre corriente.

Si la corriente permisible en los conductores no corresponde a un fusible u otro dispositivo no ajustable, de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior, siempre que este no exceda del 125% de dicha corriente permisible.

c).- Número de conductores (factores de relleno).

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

Selección de la protección y el cableado del transformador tipo seco que alimentara a los tornos de control numérico.

1.- Datos del transformador

- a).- No. de equipo: TR-02
- b).- Potencia: 75 KVA
- c).- No. de fases: 3
- d).- Tipo de enfriamiento: AA
- e).- Relación de Tensión: 480 / 208 Volts.
- f).- Conexión: Δ - Y (aterizada).
- g).- Impedancia: 1.8%

2.- La protección primaria y cableado.

a).- Se calcula la corriente nominal (I_N) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KVA}{\sqrt{3}KV}$$

la cual será de: 90.21 Amp.

Si consideramos que la corriente para la protección es el 200% de la corriente nominal, entonces:

$$I_{\text{Protección}} = 1.25 \cdot I_N$$

donde será de: 112.76 Amp.

Seleccionándose un interruptor termomagnético, de: 125 Amp. tipo KA, 3 polos, I-Line, No. cat.: KA 36125, marca: SQUARE-D.

b).- Para el cable se utiliza el mismo procedimiento anterior, considerando una corriente nominal (I_{nom}) de: $90.21 \times 1.25 = 112.76$ Amp. y determinando la corriente total corregida ($I_{\text{Tot-corr}}$) que será de:

$$I_{Tot-corr} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

de donde la corriente será, de: 123.91 Amp.

Siendo el calibre requerido para conducir 123.91 Amp. el N°. 1/0 AWG (150 Amp.), tipo: THW-LS, de 90° C, marca: CONDUMEX.

Y un conductor de tierra física calibre 6 awg desnudo. En tubería de 51 mm (2 ") de diámetro y serian: 3-1/0F, 1-6TD, TC-51mm.

3.- Protección secundaria y cableado.

a).- Se calcula la corriente nominal (I_N) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KVA}{\sqrt{3}KV}$$

la cual será de: 208.44 Amp.

Si consideramos que la corriente para la protección es el 125% de la corriente nominal, entonces:

$$I_{Protección} = 1.25 \cdot I_N$$

donde será de: 260.56 Amp.

Como la corriente nominal es de 208 amp con un factor de seguridad del 125 % se puede Seleccionar un interruptor termomagnético, de: 250 Amp. tipo KAL, 3 polos, en caja moldeada cat. KAL 36250, marca: SQUARE-D. En gabinete NEMA 1

b).- Para el cable se utiliza el mismo procedimiento anterior, considerando una corriente corregida (I_{corr}) de: $208.44 \times 1.25 = 260.56$ Amp. y determinando la corriente total corregida ($I_{Tot-corr}$) que será de:

$$I_{Tot-corr} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

de donde la corriente será, de: 286.33 Amp.

Siendo el calibre requerido para conducir 286.33 Amp. el N°. 250 MCM (290 Amp.), tipo: THW-LS, de 90°C, marca: CONDUMEX. Y un conductor para tierra física cal 4awg desnudo. En tubería de 76 mm (3 ") de diámetro y serian: 3-250F,1-250N, 1-4TD,TC-76mm.

o en su caso de 2 conductores por fase de:

$$I_{Tot-corr} = \frac{286.33}{2} = 143.16 \text{ Amp.}$$

siendo el calibre requerido el 1/0 AWG (155 Amp.) tipo: THW, de 90°C. En tubería de 51 mm (2 ") de diámetro y serian: 2(3-1/0F,1-1/0N,1-4TD,TC-51)

Se requiere de un transformador tipo seco para reducir el voltaje de 480 a 220 vca para la operación de los tableros T₂, T₃ y T₄.

Por lo tanto la suma de la carga es :

$$\sum kw = 30 + 40 + 25 = 95 kw.$$

Como:

$$F.P. = \frac{KW}{KVA}$$

$$KVA = \frac{KW}{FP} = \frac{95}{0.9}$$

$$KVA = 105$$

Por lo tanto se considera un transformador tipo seco de 112.5 kva, 3 fases, 480 / 220 vca, 60 hz, Delta –Estrella.

3.- Protección del primario y cableado.

a).- Se calcula la corriente nominal (I_N) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KVA}{\sqrt{3KV}}$$

la cual será de: 135.4 Amp.

Si consideramos que la corriente para la protección es el 125% de la corriente nominal, entonces:

$$I_{\text{Protección}} = 1.25 \cdot I_N$$

donde será de: 169.3 Amp.

b).- Para el cable se utiliza el mismo procedimiento anterior, considerando una corriente nominal (I_{nom}) de: $135.4 \times 1.25 = 169.2$ Amp. y determinando la corriente total corregida ($I_{Tot-corr}$) que será de:

$$I_{Tot-corr} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

de donde la corriente será, de: 286.33 Amp.

Siendo el calibre requerido para conducir 185.98 Amp. el N°. 3/0awg (225 Amp.), tipo: THW-LS, de 90°C, marca: CONDUMEX. Y un conductor para tierra física cal 4awg desnudo. En tubería de 63 mm (2 1/2 ") de diámetro y serian: 3-3/0F, 1-3/0N, 1-4TD, TC-63mm.

La protección del transformador será con un interruptor termomagnético I-LINE de 3 polos por 200 amp. cat. No. KAL36200 SQUARE D.

Para Los tableros

I.- Selección del cableado.

- 1.- Datos del tablero.
- 2.- Corriente nominal del tablero.
- 3.- Corrección de la corriente.
- 4.- Determinación del calibre por caída de tensión
- 5.- Protección de los tableros.

I.- Selección del cableado.

TABLERO (T1)

1.- Tablero (T1), de alumbrado de la nave.

Siendo la carga de 37.5 KW, 3 fases, 480/277 VCA, si consideramos un 20% de carga futura, entonces la carga será de: 45 KW.

2.- Donde la corriente nominal (I_N) está dada por la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KW}{\sqrt{3} \cdot KV \cdot fp}$$

donde la corriente nominal es de: 60.14 Amp.

3.- La corriente corregida se determina de la siguiente manera:

$$I_{corr} = 1.25 \cdot I_N$$

y el valor de esta es: 75.17 Amp.

La corriente del cable se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{cable} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

Entonces la corriente será de: 82.61 Amp., de donde el calibre del conductor será: calibre No. 2 AWG (130 Amp.) tipo: THW-SL, para 90° C y Un conductor de tierra física cal. 8 awg desnudo.

En tubería de 38 mm (1 ½") de diámetro cedula 3-2F, 1-2N, 1-8TD, TC-38mm.

4.- Cálculo de caída de tensión

Si el tablero se encuentra a ___ metros del interruptor general, considerando un factor de caída de (Fc) de 1.06 a 90° C, un factor de potencia (fp) del 100% y una corriente nominal (I_{nom}) de 82.61, entonces la caída será de:

$$\%V = \frac{\sqrt{3} \cdot Fc \cdot I_{corr} \cdot Long}{V(1000)} \times 100$$

$$\%V = \frac{(1.732)(0.667)(82.61)(50)}{(480)(1000)} \times 100$$

$$\%V = 0.994$$

Si cumple con el requisito de caída de tensión

5.- Protección del tablero.

La protección de los tableros se determina en función de:

$$I_{PIP} = 1.25 \cdot I_N$$

$$I_{PIP} = 1.25(82.61) = 103.2 \text{ Amp.}$$

El interruptor termomagnético I-LINE DE 3 polos por 100 amp cat. No. FA36100, SQUARE D.

De esta manera se selecciona un tablero de: 42 circuitos, con interruptor principal, catalogo No: NF423AB22S.

TABLERO (T2)

1.- Tablero (T2)

Siendo la carga de 30 KW, 3 fases, 220/127 VCA, si consideramos un 20% de carga futura, entonces la carga será de: 36 KW.

2.- Donde la corriente nominal (I_N) está dada por la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KW}{\sqrt{3} \cdot KV \cdot fp}$$

donde la corriente nominal es de: 104.9 Amp.

3.- La corriente corregida se determina de la siguiente manera:

$$I_{corr} = 1.25 \cdot I_N$$

y el valor de esta es: 131.2 Amp.

La corriente del cable se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{cable} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

Entonces la corriente será de: 144.19 Amp., de donde el calibre del conductor será: calibre No. 1/0 AWG (170 Amp.) tipo: THW-LS, para 90° C y un conductor para tierra física cal 6 awg desnudo en tubería de 38 mm (1 1/2") de diámetro.

4.- Caída de tensión

Si el tablero se encuentra a 50 metros del interruptor general, considerando un factor de caída de (Fc) de 0.419 a 90° C, un factor de potencia (fp) del 100% y una corriente corregida (I_{corr}) de 144.19, entonces la caída será de:

$$\%V = \frac{\sqrt{3} \cdot Fc \cdot I_{corr} \cdot Long}{V(1000)} \times 100$$

$$\%V = 2.37$$

si cumple con el requisito de caída de tensión.

5.- Protección del tablero.

La protección de los tableros se determina en función de:

$$I_{PIP} = 1.25 \cdot I_N$$

$$I_{PIP} = 1.25(104.9) = 131.1 \text{ Amp.}$$

Se considera un interruptor termomagnético en caja moldeada de 3 polos por 150 amp. cat. KAL36150 en gabinete NEMA 1 SQUARE D.

De esta manera se selecciona un tablero de: 30 polos, No. de catalogo: NQOD24-4AB11, marca: SQUARE-D.

TABLERO (T3)

1.- Tablero (T3)

Siendo la carga de 40 KW, 3 fases, 220/127 VCA, si consideramos un 20% de carga futura, entonces la carga será de: 48 KW.

2.- Donde la corriente nominal (I_N) está dada por la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KW}{\sqrt{3} \cdot KV \cdot fp}$$

donde la corriente nominal es de: 139.9 Amp.

3.- La corriente corregida se determina de la siguiente manera:

$$I_{corr} = 1.25 \cdot I_N$$

y el valor de esta es: 174.9 Amp.

La corriente del cable se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{cable} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

Entonces la corriente será de: 192.2 Amp., de donde el calibre del conductor será: calibre No. 4/0 AWG (260 Amp.) tipo: THW-LS, para 90° C y un conductor de tierra física cal 4 awg desnudo.

En tubería de 63 mm (2 1/2") de diámetro CEDULA 3-4/0F, 1-4/0N, 1-4TD, TC-63mm.

Se considera un interruptor termomagnético en caja moldeada de 3 polos por 225 amp. cat. KAL36225 en gabinete NEMA 1 SQUARE D.

De esta manera se selecciona un tablero de: 42 polos, No. de catalogo: No. NQOD42-4AB21, maraca: SQUARE-D.

TABLERO (T4)

1.- Tablero (T4)

Siendo la carga de 25 KW, 3 fases, 220 / 127 VCA, si consideramos un 20% de carga futura, entonces la carga será de: 30 KW.

2.- Donde la corriente nominal (I_N) está dada por la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KW}{\sqrt{3} \cdot KV \cdot fp}$$

donde la corriente nominal es de: 87.58 Amp.

3.- La corriente corregida se determina de la siguiente manera:

$$I_{corr} = 1.25 \cdot I_N$$

y el valor de esta es: 109.4 Amp.

La corriente del cable se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{cable} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

Entonces la corriente será de: 120.3 Amp., de donde el calibre del conductor será: calibre No. 2 AWG (130 Amp.) tipo: THW-LS, para 90° C y un conductor de tierra física cal 6 awg desnudo.

En tubería de 38 mm (1 ½") de diámetro. Cedula 3-2F, 1-2N, 1-6TD, TC- 38mm.

4.- Caída de tensión

Si el tablero se encuentra a 50 metros del interruptor general, considerando un factor de caída de (F_c) de 1.06 a 90° C, un factor de potencia (fp) del 100% y una corriente corregida (I_{corr}) de 109.3, entonces la caída será de:

$$\%V = \frac{\sqrt{3} \cdot Fc \cdot I_{corr} \cdot Long}{V(1000)} \times 100$$

$$\%V = 2.72$$

por lo tanto si cumple con la caída de tensión requerida.

Se considera un interruptor termomagnético en caja moldeada de 3 polos por 100 amp. cat. FAL36100 en gabinete NEMA 1 SQUARE D.

De esta manera se selecciona un tablero de: 30 polos, No. de catalogo: No. NQOD30-4AB11, maraca: SQUARE-D.

Selección de la protección y el cableado del transformador tipo seco que alimentara a los motores de los tornos.

1.- Datos del transformador

- a).- No. de equipo: TR-03
- b).- Potencia: 75 KVA
- c).- No. de fases: 3
- d).- Tipo de enfriamiento: AA
- e).- Relación de Tensión: 480 / 220 Volts.
- f).- Conexión: Δ - Y (aterizada).
- g).- Impedancia: 1.8%

2.- La protección primaria y cableado.

a).- Se calcula la corriente nominal (I_N) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KVA}{\sqrt{3}KV}$$

la cual será de: 90.21 Amp.

Si consideramos que la corriente para la protección es el 200% de la corriente nominal, entonces:

$$I_{\text{Protección}} = 1.25 \cdot I_N$$

donde será de: 112.76 Amp.

Seleccionándose un interruptor termomagnético, de: 125 Amp. tipo KA, 3 polos, I-Line, No. cat.: KA 36125, marca: SQUARE-D.

b).- Para el cable se utiliza el mismo procedimiento anterior, considerando una corriente nominal (I_{nom}) de: $90.21 \times 1.25 = 112.76$ Amp. y determinando la corriente total corregida ($I_{\text{Tot-corr}}$) que será de:

$$I_{Tot-corr} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

de donde la corriente será, de: 123.91 Amp.

Siendo el calibre requerido para conducir 123.91 Amp. el N°. 1/0 AWG (150 Amp.), tipo: THW-LS, de 90° C, marca: CONDUMEX.

Y un conductor de tierra física calibre 6 awg desnudo. En tubería de 51 mm (2 ") de diámetro y serian: 3-1/0F, 1-6TD, TC-51mm.

3.- La protección del secundario y cableado.

a).- Se calcula la corriente nominal (I_N) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{KVA}{\sqrt{3}KV}$$

la cual será de:197 Amp.

Si consideramos que la corriente para la protección es el 200% de la corriente nominal, entonces:

$$I_{Protección} = 1.25 \cdot I_N$$

donde será de: 246.3 Amp.

Seleccionándose un tablero de distribución para los motores de los tornos dicho tablero será cat. NQOD30-4AB22 con interruptor principal de 225 amp marca: SQUARE-D.

En el tablero se instalaran los interruptores de:

- 1 de 3 x 50 amp. cat QOB350
- 1 de 3 x 70 amp. cat. QOB370
- 3 de 3 x 30 amp cat. QOB330

b).- Para el cable se utiliza el mismo procedimiento anterior, considerando una corriente nominal (I_{nom}) de: $197 \times 1.25 = 246.2$ Amp. y determinando la corriente total corregida ($I_{Tot-corr}$) que será de:

$$I_{Tot-corr} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

de donde la corriente será, de: 270.6 Amp.

Siendo el calibre requerido para conducir 270.6 Amp. el N°. 4/0 AWG (260 Amp.), tipo: THW-LS, de 90° C, marca: CONDUMEX.

Y un conductor de tierra física calibre 4 awg desnudo. En tubería de 76 mm (3 ") de diámetro y serian: 3-4/0F, 1-4/0N, 1-4TD, TC-76mm.

Cálculo de protecciones y cableado de los motores

Motor de 15 HP, 220 VCA, 3 fases, 60 hz.

$$I_{nom} = \frac{HP (746W)}{\sqrt{3} V_n F_p}$$

$$I_{nom} = \frac{15 (746W)}{\sqrt{3} (220)(0.85)}$$

$$I_{nom} = 34.5 \text{ amp.}$$

$$I_{p/c} = 125\% I_{nom}$$

$$I_{p/c} = (1.25)(34.5)$$

$$I_{p/c} = 43.12 \text{ Amp.}$$

$$I_{correg} = \frac{(I_{p/c})}{(FA)(FT)}$$

$$I_{correg} = \frac{(43.12 \text{ Amp})}{(1)(0.91)}$$

$$I_{correg} = 47.38 \text{ Amp.}$$

Por lo tanto el cable seleccionado será THW-LS a 90 ° C calibre 8 AWG y el cable a tierra será calibre 10 AWG desnudo en tubería conduit de pared gruesa de 1"(25 mm)

Se utilizara un interruptor termomagnético de 3 polos por 50 amp. cat. FAL36050 en caja moldeada con gabinete NEMA 1 SQUARE D.

Un interruptor de seguridad de 3 x 60 cat. H322N para servicio pesado NEMA 1 SQUARE D.

Motor de 25 HP, 220 VCA, 3 fases, 60 hz.

$$I_{\text{nom}} = \frac{\text{HP (746W)}}{\sqrt{3} V_n F_p}$$

$$I_{\text{nom}} = \frac{25 (746W)}{\sqrt{3} (220)(0.85)}$$

$$I_{\text{nom}} = 57.58 \text{ amp.}$$

$$I_{\text{p/c}} = 125\% I_{\text{nom}}$$

$$I_{\text{p/c}} = (1.25)(57.58 \text{ Amp.})$$

$$I_{\text{p/c}} = 71.97 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{correg}} = \frac{(I_{\text{p/c}})}{(FA)(FT)}$$

$$I_{\text{correg}} = \frac{(71.97 \text{ Amp})}{(1)(0.91)}$$

$$I_{\text{correg}} = 79.09 \text{ Amp.}$$

Por lo tanto el cable seleccionado será THW-LS a 90 ° C calibre 4 AWG y el cable a tierra será calibre 8 AWG desnudo en tubería conduit de pared gruesa de 1 1/2" (38 mm).

Se utilizara un interruptor termomagnético de 3 polos por 70 amp. cat. FAL36070 en caja moldeada con gabinete NEMA 1 SQUARE D.

Un interruptor de seguridad de 3 x 100 cat. H323N servicio pesado NEMA 1 SQUARE D.

El cálculo siguiente se realiza para un solo motor sabiendo que son tres de la misma capacidad y el mismo voltaje.

3 Motores de 10 HP, 220 VCA, 3 fases, 60 hz.

$$I_{nom} = \frac{HP (746W)}{\sqrt{3} V_n F p}$$

$$I_{nom} = \frac{10 (746W)}{\sqrt{3} (220)(0.85)}$$

$$I_{nom} = 23.03 \text{ Amp.}$$

$$I_{p/c} = 125\% I_{nom}$$

$$I_{p/c} = (1.25)(23.03 \text{ Amp})$$

$$I_{p/c} = 28.79 \text{ Amp.}$$

$$I_{correg} = \frac{(I_{p/c})}{(FA)(FT)}$$

$$I_{correg} = \frac{(28.79 \text{ Amp})}{(1)(0.91)}$$

$$I_{correg} = 31.63 \text{ Amp.}$$

Por lo tanto el cable seleccionado será THW-LS a 90 ° C calibre 10 AWG y el cable a tierra será calibre 10 AWG desnudo en tubería conduit de pared gruesa de 3/4"(19 mm)

Se utilizara un interruptor termomagnético de 3 polos por 30 amp. cat. FAL36030 en caja moldeada con gabinete NEMA 1 SQUARE D.

Un interruptor de seguridad de 3 x 30 cat. H321N servicio pesado NEMA 1 SQUARE D.

Cálculo para las protecciones y cableado de los climas

Selección del cableado.

Clima de 20 toneladas de refrigeración 3 fases, 480 volts
Se encuentra a una distancia de 93 mts.

Donde la corriente nominal (I_N) está dada por la siguiente ecuación:

$$I_N = \frac{\#ton(1.9KW)}{\sqrt{3} \cdot KV \cdot fp}$$

donde la corriente nominal es de: 53.83 Amp.

La corriente corregida se determina de la siguiente manera:

$$I_{corr} = 1.25 \cdot I_N$$

y el valor de esta es: 67.29 Amp.

La corriente del cable se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{cable} = \frac{I_{corr}}{FT \cdot FA}$$

FT = Factor de Corrección por temperatura: 0.91

FA = Factor de Corrección por agrupamiento: 1

entonces la corriente será de: 73.95 Amp., de donde el calibre del conductor será: calibre No. 4 AWG (90 Amp.) tipo: THW, para 90° C y serán 4 en tubería de 33 mm (1 ¼") de diámetro.

Caída de tensión

Si el tablero se encuentra a 93 metros del interruptor general, considerando un factor de caída de (Fc) de 1.01 a 90° C, un factor de potencia (fp) del 100% y una corriente nominal (I_{nom}) de 73.95, entonces la caída será de:

entonces la caída será de:

$$\%V = \frac{\sqrt{3} \cdot Fc \cdot I_{corr} \cdot Long}{V(1000)} \times 100$$

$$\%V = \frac{(1.732)(1.01)(73.95)(93)}{(480)(1000)} \times 100$$

$$\%V = 2.5$$

Dando como resultado que este conductor cal 4 awg si cumple con el requisito de caída permitida.

Protección del clima

La protección del clima se determina en función de:

$$I_{P/P} = 150\% \cdot I_N$$

$$I_{P/P} = 73.95(1.5) = 110.9 \text{ Amp.}$$

De acuerdo a esta protección se utilizaría un interruptor termomagnético de 3 polos por 100 amp pero el cable alimentador es cal 4 awg (90 amp) y se quemaría lo cual nos manda a seleccionar un interruptor de 3 x 70 amp I-LINE cat. FA34070 SQUARE D y este si protege al conductor alimentador.

El cálculo anterior se toma para los de mas climas pero eliminar el calculo de caída de tensión ya que se encuentran a una distancia muy corta de su alimentación.

Bibliografía

- 1 .- Norma Oficial Mexicana de instalaciones eléctricas 94 Y 2000**
Relativa a las instalaciones destinadas al suministro de energía eléctrica
- 2 .- Norma de planos eléctricos de C.F.E**
- 3 .- Norma de construcción de líneas aéreas de C.F.E.**
- 4 .- Curso tutorial de calidad de energía del ISTEM**
Por el Ing. Armando Llamas Torrés
- 5 .- Corrientes Armónicas**
AHorro de Ennergía-Power Quality
Técnicas Salgar S.A. de C.V.
- 6 .- Libro esmeralda de la IEEE std 1100-1992**
Recomendaciones para instalaciones con Power Quality
- 7 .- El ABC de instalaciones eléctricas residenciales y comerciales**
Gilberto Enríquez Harper
- 8 .- El ABC de instalaciones eléctricas industriales**
Gilberto Enríquez Harper
- 9 .- Catalogo de conductores Monterrey.**
- 10 .- Catalogo de transformadores tipo subestación de Prolec.**
- 11.- Catalogo de transformadores tipo pedestal de Prolec.**
- 12.- Catalogo de transformadores tipo seco de Cutler Hammer.**
- 13.- Catalogo compendiado No 26 de Square D del 2001**
- 14.- Catalogo general de charolas Cross Line.**
- 15.- Catalogo de conductores de Latincasa.**
- 16.- Catalogo de supresores de pico de Intermatic**
Energy Controls, Profesional Landscape Lighting
- 17.- Manual del electricista (Condumex).**

