



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

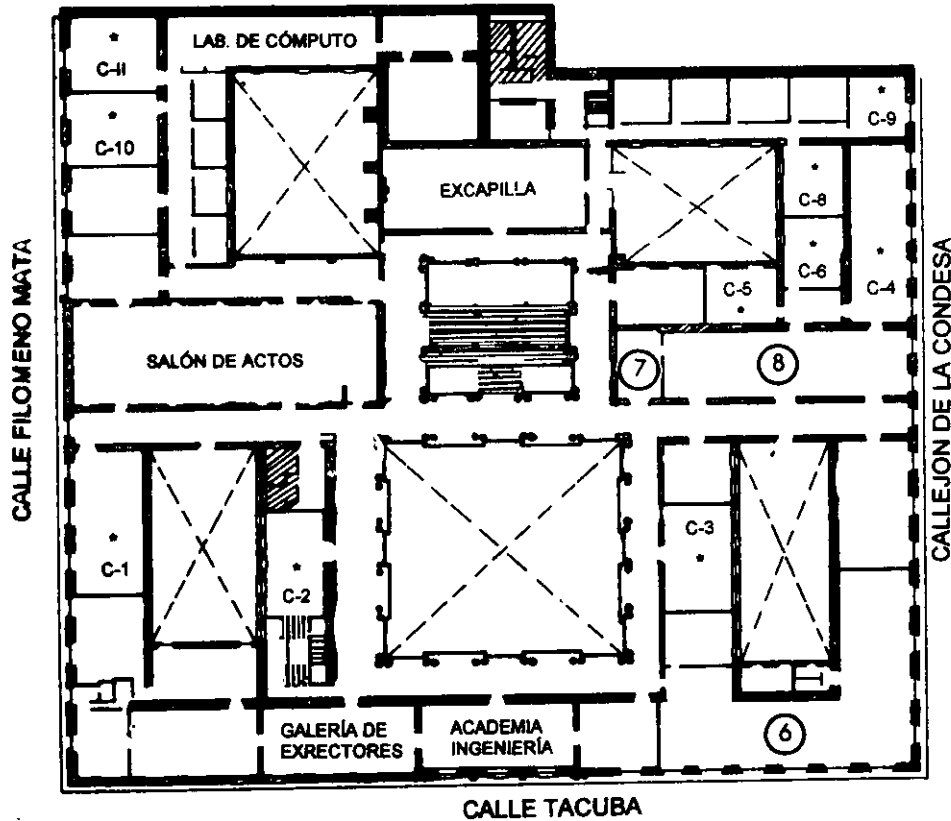
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

Atentamente

División de Educación Continua.

PALACIO DE MINERÍA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANITARIOS

* AULAS

1er. PISO

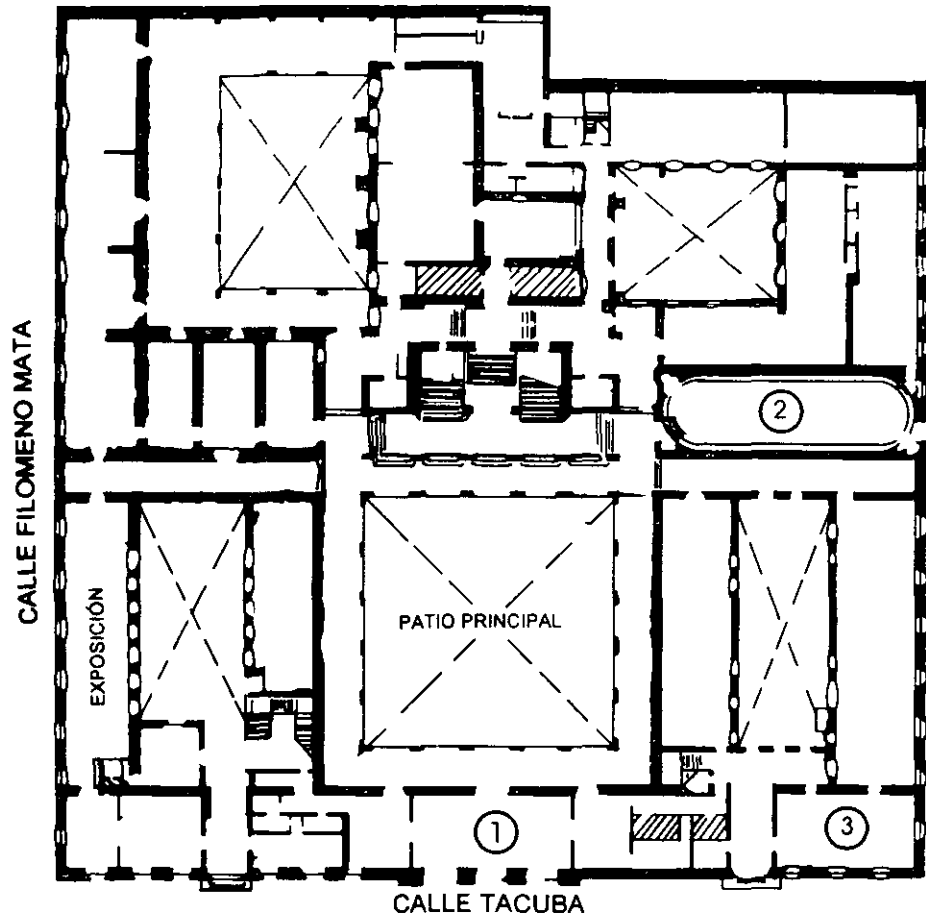


DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS

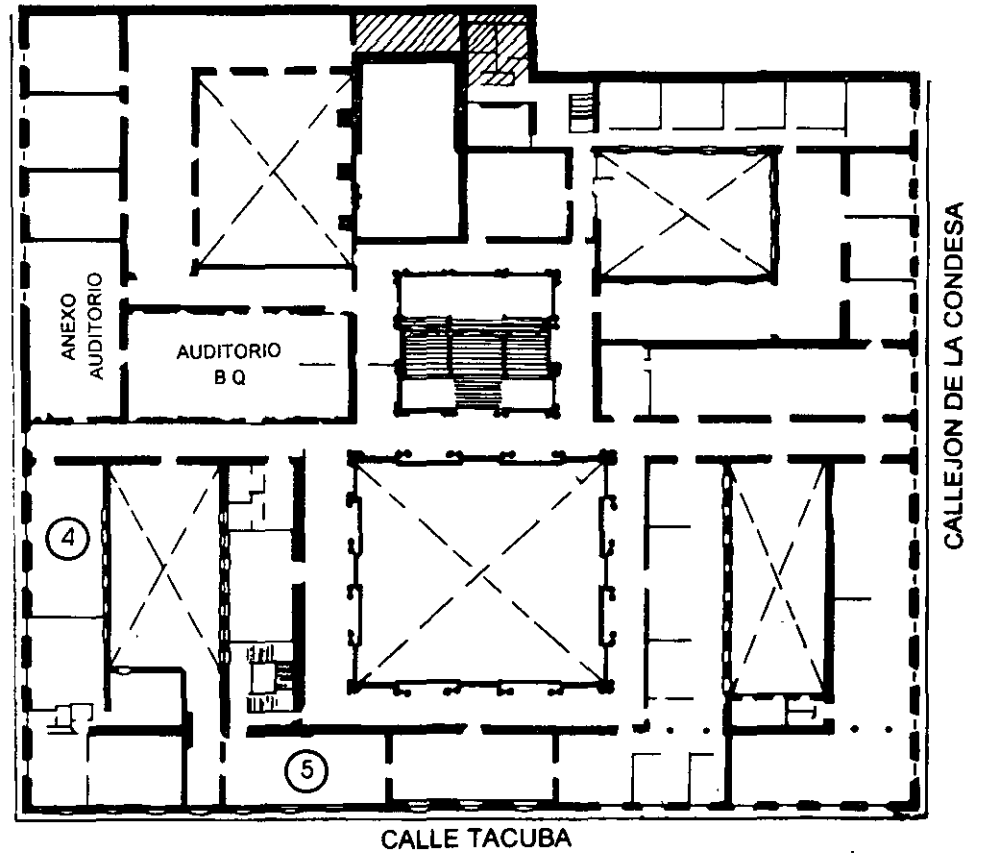
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



PALACIO DE MINERIA



PLANTA BAJA



MEZZANINNE



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

NORMATIVIDAD

**EXPOSITOR: ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA

ARTICULO 28.- CORRESPONDE AL SOLICITANTE DEL SERVICIO REALIZAR A SU COSTA Y BAJO SU RESPONSABILIDAD LAS OBRAS E INSTALACIONES DESTINADAS AL USO DE LA ENERGIA ELECTRICA. MISMAS QUE DEBERAN SATISFACER LOS REQUISITOS TECNICOS Y DE SEGURIDAD QUE FIJEN LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD SOLO SUMINISTRARA ENERGIA ELECTRICA EN SERVICIOS EN ALTA TENSION Y EN LUGARES DE CONCENTRACION PUBLICA, PREVIO A LA COMPROBACION DE QUE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS HAN SIDO CERTIFICADAS POR UNA UNIDAD DE VERIFICACION APROBADA POR LA SECRETARIA DE ENERGIA.

LEY FEDERAL SOBRE METROLOGIA Y NORMALIZACION
(PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EL 1 DE JULIO DE
1992)

LA CERTIFICACION Y VERIFICACION DE LAS NORMAS OFICIALES
MEXICANAS SE REALIZARA POR LAS DEPENDENCIAS O POR
ORGANISMOS DE CERTIFICACION, LABORATORIOS DE PRUEBAS Y DE
CALIBRACION Y UNIDADES DE VERIFICACION ACREDITADAS.

UNIDADES DE VERIFICACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS

Objetivo.

Verificar exclusivamente el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana aplicable a instalaciones eléctricas.

NOM-EM-001-SEMP-1993

Actuación:

A solicitud del usuario.

Función:

Certificar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana aplicable a instalaciones eléctricas.

Obligación:

Proporcionar un servicio con calidad y eficiencia.

NORMA OFICIAL MEXICANA

NOM-001-SEMP-1994

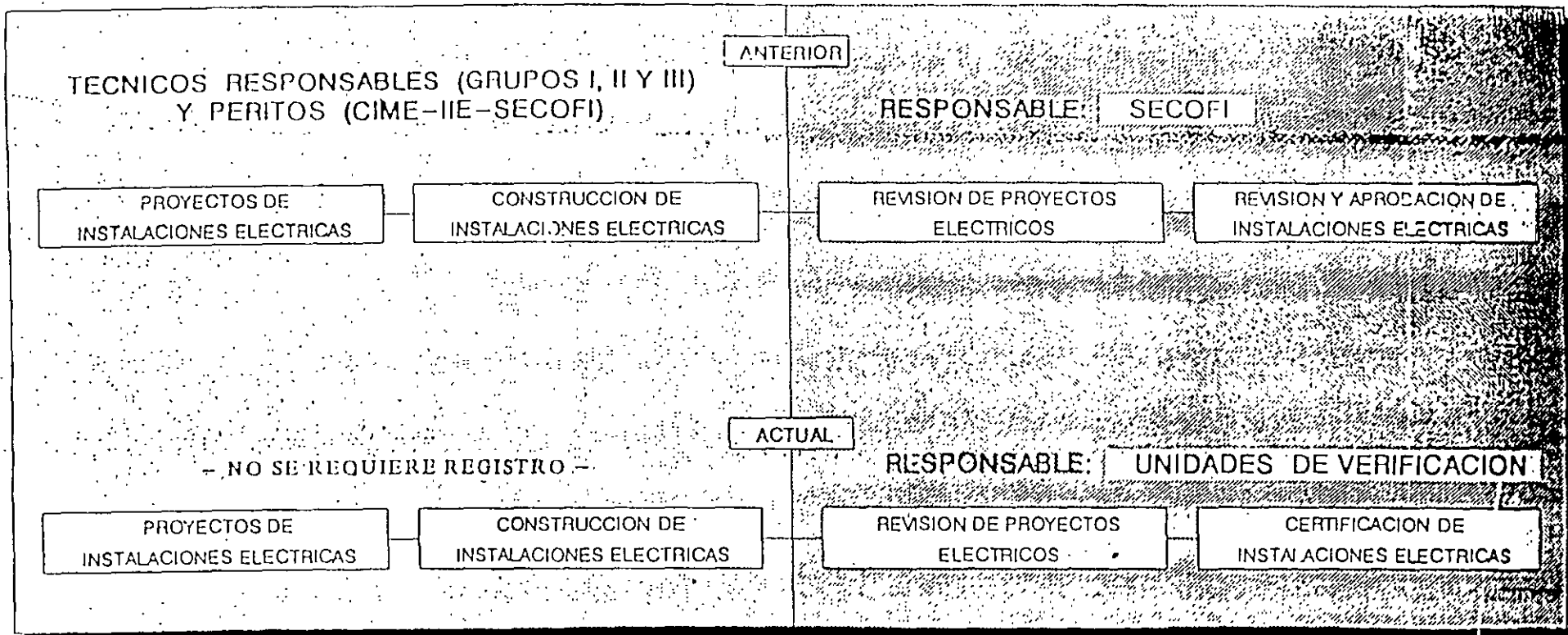
Relativa a instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica

OBJETIVO

La presente Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de servicio y seguridad para las personas y su patrimonio.

Nota: Suple a la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-001-SEMP-1993, cuya prórroga concluyó el 15 de octubre de 1994.

ACTIVIDADES QUE SE REALIZABAN ANTES Y DESPUES DE LAS MODIFICACIONES A LA LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA DEL 23 DE DICIEMBRE DE 1992



DE CONFORMIDAD CON LA LEY FEDERAL SOBRE METROLOGIA Y NORMALIZACION DEL 1º DE JULIO DE 1992.

CERTIFICACION :

PROCEDIMIENTO POR EL CUAL SE ASEGURA QUE UN PRODUCTO, PROCESO SISTEMA O SERVICIO SE AJUSTA A LAS NORMAS O LINEAMIENTOS O RECOMENDACIONES DE ORGANISMOS DEDICADOS A LA NORMALIZACION NACIONALES O INTERNACIONALES.

CONTENIDO DE LA NOM-001-SEMP-1994

INTRODUCCION. (1 Artículo)

PRIMERA PARTE

- CAPITULO 1. Disposiciones generales. (2 Artículos)
- CAPITULO 2. Diseño y protección de las instalaciones eléctricas. (9 Artículos)
- CAPITULO 3. Métodos de instalación y materiales. (42 Artículos)
- CAPITULO 4. Equipos de uso general. (15 Artículos)
- CAPITULO 5. Ambientes especiales. (22 Artículos)
- CAPITULO 6. Equipos especiales. (18 Artículos)
- CAPITULO 7. Condiciones especiales. (11 Artículos)
- CAPITULO 8. Sistemas de comunicación. (3 Artículos)
- CAPITULO 9. Alumbrado público. (6 Artículos)
- CAPITULO 10. Tablas.

SEGUNDA PARTE

- CAPITULO 21. Generalidades. (3 Artículos)
- CAPITULO 22. Líneas aéreas. (10 Artículos)
- CAPITULO 23. Líneas subterráneas. (9 Artículos)
- CAPITULO 24. Subestaciones. (5 Artículos)

Total: 156 Artículos

SEGUNDA SECCION

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. Instalaciones eléctricas (utilización).

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos - Secretaría de Energía.

NORMA OFICIAL-MEXICANA NOM-001-SEDE-1999. INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION), APROBADA EN LA CUARTA REUNION ORDINARIA DEL COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, CELEBRADA EL 20 DE ABRIL DE 1999.

La Secretaría de Energía, por conducto de la Dirección General de Gas L.P. y de Instalaciones Eléctricas, con fundamento en los artículos 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 33 fracciones II y III, 40 fracciones VIII, X y XIII, 47 fracción IV, 51 y 53 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 34 y 40 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como 12 Bis del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, expide y publica la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. Instalaciones eléctricas (utilización), aprobada por unanimidad por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, en su cuarta sesión ordinaria del 20 de abril de 1999.

Se cancela la NOM-001-SEMP-1994, "Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica", publicada el 10 de octubre de 1994 en el Diario Oficial de la Federación.

CONSIDERANDOS

Primero.- Que con fecha 22 de diciembre 1997, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1997, "Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica", a efecto de recibir comentarios de los interesados;

Segundo.- Que una vez transcurrido el término de 90 días a que se refería el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando inmediato anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, estudió los comentarios recibidos y, en su caso, modificó el proyecto de norma en cita;

Tercero.- Que con fecha 19 de abril de 1999, la Secretaría de Energía ordenó la publicación en el Diario Oficial de la Federación de las respuestas a los comentarios recibidos de los interesados;

Cuarto.- Que para los efectos de la aprobación a que se refiere el artículo 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas consideró conveniente modificar la denominación y clave del proyecto de norma, haciéndolo más preciso y sencillo, toda vez que no repercute en el contenido de dicho proyecto, y

Quinto.- Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 46 y 47 y demás relativos a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Sexto.- Que en atención a la necesidad de contar con el instrumento normativo que regule las instalaciones eléctricas de utilización en forma permanente para salvaguardar la seguridad de los usuarios y sus pertenencias, se ha tenido a bien expedir la siguiente: Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. Instalaciones eléctricas (utilización).

PREFACIO

La presente Norma Oficial Mexicana fue armonizada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNIE) con el apoyo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IUNAM) y de la Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico (ANCE), bajo la coordinación de la Dirección General de Gas L.P. y de Instalaciones Eléctricas de la Secretaría de Energía, y consultando trabajos, propuestas, comentarios y colaboraciones de las siguientes instituciones miembros del CCNIE:

- ♦ Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI
- ♦ Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS
- ♦ Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, CONAE
- ♦ Comisión Federal de Electricidad, CFE
- ♦ Petróleos Mexicanos, PEMEX
- ♦ Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS
- ♦ Luz y Fuerza del Centro, LyFC
- ♦ Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE
- ♦ Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, PAESE
- ♦ Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, FIDE
- ♦ Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Eléctricistas, AIUME
- ♦ Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, AMDROC
- ♦ Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, AMERIC

- ♦ Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos Electricistas, AMIME
- ♦ Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, CMIC
- ♦ Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME
- ♦ Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas, CIME
- ♦ Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, CONCAMIN
- ♦ Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana, FECIME

Sufragio Efectivo. No Reelección.
 México, D.F. a 26 de abril de 1999.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, Francisco Rodríguez Ruiz.- Rúbrica.

ÍNDICE

Introducción

- TÍTULO 1 Objetivo
- TÍTULO 2 Campo de aplicación
- TÍTULO 3 Referencias
- TÍTULO 4 Especificaciones (Capítulos 1 al 10 y Apéndices A, B y C)
- TÍTULO 5 Lineamientos para la aplicación de las especificaciones de la NOM
- TÍTULO 6 Vigilancia
- TÍTULO 7 Concordancia con normas internacionales
- TÍTULO 8 Bibliografía

TRANSITORIOS

Introducción

La presente norma oficial mexicana de instalaciones eléctricas, en adelante NOM, cuyo proyecto fue publicado el 22 de diciembre de 1997, en el Diario Oficial de la Federación toma en cuenta los comentarios recibidos que fueron analizados y aceptados por el CCNNIE así como las opiniones y aportaciones de las instituciones y diversas organizaciones.

La estructura de la NOM responde a las necesidades técnicas que requieren la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional; se cuida el uso de vocablos y se respetan los términos habituales, para evitar confusiones en los conceptos. Asimismo se han ordenado los textos procurando claridad de expresión y unidad de estilo para una más específica comprensión. Lo que hará más fácilmente atendible sus disposiciones.

Se ha apegado el uso de las unidades al Sistema General de Unidades de Medida, único legal y de uso obligatorio en los Estados Unidos Mexicanos, con las excepciones y consideraciones permitidas en la NOM-008-SCFI vigente.

En la sección 5 "Lineamientos para la aplicación de las especificaciones de la NOM", se establece la metodología para la apropiada aplicación de las disposiciones establecidas y una guía general para su interpretación formal.

TÍTULO 1 - Objetivo

El objetivo de esta NOM es establecer las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra choque eléctrico, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros. El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM garantizará el uso de la energía eléctrica en forma segura.

TÍTULO 2 - Campo de aplicación

Esta NOM cubre a las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica en:

- a) Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.
- b) Casas móviles, vehículos de recreo, edificios flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres de servicio automotriz, estaciones de servicio, lugares de reunión, teatros, salas y estudios de cinematografía, hangares de aviación, clínicas y hospitales, construcciones agrícolas, marinas y muelles, entre otros.
- c) Plantas generadoras de emergencia o de reserva propiedad de los usuarios.
- d) Subestaciones, líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicaciones e instalaciones subterráneas.
- e) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el uso de la energía eléctrica.

Excepción: Esta NOM no se aplica en:

- 1) Instalaciones eléctricas en barcos y embarcaciones.

- 2) Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotores.
- 3) Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico para la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para la operación de equipo rodante, o instalaciones usadas exclusivamente para propósitos de señalización y comunicación.
- 4) Instalaciones eléctricas en minas y maquinaria móvil autopropulsada para las mismas.
- 5) Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones.

TÍTULO 3 - Referencias

Para la correcta aplicación de esta NOM es necesario consultar los siguientes documentos vigentes:

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento
- NOM-008-SCFI, Sistema General de Unidades de Medida
- NOM-024-SCFI, Información comercial, - aparatos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos - Instructivos y garantías para los productos de fabricación nacional e importada
- NOM-050-SCFI, Información comercial - Información comercial del envase o su etiqueta que deberán ostentar los productos de fabricación nacional y extranjera
- NMX-J-098, Sistemas eléctricos de potencia - Suministro - Tensiones eléctricas normalizadas

TÍTULO 4 - Especificaciones

ÍNDICE

4.1 DISPOSICIONES GENERALES

100 DEFINICIONES

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

110 REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- A. Disposiciones generales,
- B. Mas de 600 V nominales

4.2 ALAMBRADO Y PROTECCIÓN

200 USO, E IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES PUESTOS A TIERRA

210 CIRCUITOS DERIVADOS

- A. Disposiciones generales
- B. Clasificación de los circuitos derivados
- C. Salidas necesarias

215 ALIMENTADORES

220 CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS, ALIMENTADORES Y ACOMETIDAS

- A. Disposiciones generales
- B. Alimentadores y acometidas
- C. Cálculos opcionales para las cargas de alimentadores y acometidas
- D. Método de cálculo de cargas en instalaciones agrícolas

225 CIRCUITOS ALIMENTADORES Y DERIVADOS EN EXTERIORES

230 ACOMETIDAS

- A. Disposiciones generales
- B. Conductores de acometida aérea
- C. Acometidas subterráneas
- D. Conductores de entrada de acometida
- E. Equipo de acometida - Disposiciones generales
- F. Equipo de acometida - Medios de desconexión
- G. Equipo de acometida - Protección contra sobrecorriente
- H. Acometidas de más de 600 V nominales

240 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE

- A. Disposiciones generales
- B. Localización
- C. Envoltentes
- D. Desconexión y resguardo
- E. Fusibles a presión, portafusibles y adaptadores
- F. Fusibles y portafusibles de cartucho
- G. Interruptores automáticos de circuito
- H. Protección contra sobrecorriente a mas de 600 V nominales

250 PUESTA A TIERRA

- A. Disposiciones generales
- B. Puesta a tierra de circuitos y sistemas eléctricos
- C. Ubicación de las conexiones de puesta a tierra de los sistemas
- D. Puesta a tierra de envolventes y canalizaciones
- E. Puesta a tierra de los equipos
- F. Métodos de puesta a tierra
- G. Puentes de unión
- H. Sistema de electrodos de puesta a tierra
- I. Conductores del electrodo de puesta a tierra
- J. Conexiones de los conductores de puesta a tierra
- K. Transformadores de instrumentos, relés, etcétera
- L. Puesta a tierra de sistemas y circuitos de alta tensión (600 V o más)

280 APARTARRAYOS

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación de los apartarrayos
- C. Conexión de los apartarrayos

4.3 MÉTODOS DE ALAMBRADO Y MATERIALES

300 MÉTODOS DE ALAMBRADO

- A. Disposiciones generales
- B. Requisitos para tensiones eléctricas nominales mayores a 600 V.

305 INSTALACIONES PROVISIONALES

310 CONDUCTORES PARA ALAMBRADO EN GENERAL

318 SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CABLES

320 ALAMBRADO VISIBLE SOBRE AISLADORES

321 ALAMBRADO SOPORTADO POR UN MENSAJERO

324 ALAMBRADO OCULTO SOBRE AISLADORES

325 CABLES CON SEPARADOR INTEGRADO DE GAS (Tipo IGS)

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

326 CABLES DE MEDIA TENSIÓN (TIPO MV)

328 CABLE PLANO TIPO FCC

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

330 CABLE CON AISLAMIENTO MINERAL Y CUBIERTA METÁLICA, TIPO MI

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

331 TUBO (CONDUIT) NO-METÁLICO

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

332 TUBO (CONDUIT) DE POLIETILENO

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

333 CABLE ARMADO TIPO AC

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

334 CABLE CON ARMADURA METÁLICA TIPO MC

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

- 336 CABLES CON CUBIERTA TERMOPLÁSTICA (TIPOS NM, NMC Y NMS)
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 338 CABLE DE ENTRADA DE ACOMETIDA
- 339 CABLES SUBTERRÁNEOS PARA ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS TIPO UF
- 340 CABLES DE ENERGÍA Y CONTROL TIPO TC PARA USO EN SOPORTES TIPO CHAROLA
- 342 EXTENSIONES NO-METÁLICAS
- 343 TUBO (*CONDUIT*) NO-METÁLICO CON CABLES PREENSAMBLADOS PARA USOS SUBTERRÁNEOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 345 TUBO (*CONDUIT*) METÁLICO TIPO SEMIPESADO
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 346 TUBO (*CONDUIT*) METÁLICO TIPO PESADO
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 347 TUBO (*CONDUIT*) RÍGIDO NO-METÁLICO
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 348 TUBO (*CONDUIT*) METÁLICO TIPO LIGERO
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 349 TUBO (*CONDUIT*) METÁLICO FLEXIBLE TIPO LIGERO
 - A. Disposiciones generales
 - B. Construcción e instalación
- 350 TUBO (*CONDUIT*) METÁLICO FLEXIBLE
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
- 351 TUBO (*CONDUIT*) FLEXIBLE HERMÉTICO A LOS LÍQUIDOS METÁLICO Y NO METÁLICO
 - A. Tubo (*Conduit*) metálico flexible hermético a los líquidos
 - B. Tubo (*Conduit*) no-metálico flexible y hermético a los líquidos
- 352 CANALIZACIONES SUPERFICIALES METÁLICAS Y NO-METÁLICAS
 - A. Canalizaciones superficiales metálicas
 - B. Canalizaciones superficiales no-metálicas
 - C. Canal tipo extruido
- 353 ENSAMBLE DE RECEPTÁCULOS MÚLTIPLES
- 354 CANALIZACIONES BAJO EL PISO
- 356 CANALIZACIONES EN PISOS METÁLICOS CELULARES
 - A. Instalación
 - B. Especificaciones de construcción
- 358 CANALIZACIONES EN PISOS DE CONCRETO CELULAR
- 362 DUCTOS METÁLICOS Y NO-METÁLICOS CON TAPA
 - A. Ductos metálicos
 - B. Ductos no-metálicos
- 363 CABLES PLANOS TIPO FC
- 364 DUCTOS CON BARRAS (ELECTRODUCTOS)
 - A. Disposiciones generales
 - B. Requisitos para tensión eléctrica mayor a 600 V nominales

365 CANALIZACIONES PREALAMBRADAS

370 SALIDAS, DISPOSITIVOS, CAJAS DE JALADO Y DE EMPALMES, CAJAS DE PASO Y ACCESORIOS

- A. Alcance y disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción
- D. Cajas de empalmes y de paso utilizadas en instalaciones de más de 600 V nominales

373 GABINETES, CAJAS PARA CORTACIRCUITOS Y BASES PARA MEDIDORES

- A. Instalación
- B. Especificaciones de construcción

374 CANALES AUXILIARES

380 DESCONECTADORES

- A. Instalación
- B. Especificaciones de construcción

384 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN Y PÁNELES DE ALUMBRADO Y CONTROL

- A. Disposiciones generales
- B. Tableros de distribución
- C. Paneles de alumbrado y control
- D. Especificaciones de construcción

4.4 EQUIPOS DE USO GENERAL

400 CABLES Y CORDONES FLEXIBLES

- A. Disposiciones generales
- B. Especificaciones de construcción
- C. Cables portátiles de tensión eléctrica nominal mayor a 600 V

402 CABLES DE APARATOS ELÉCTRICOS

410 LUMINARIAS, PORTALÁMPARAS, LÁMPARAS Y RECEPTÁCULOS

- A. Disposiciones generales
- B. Localización del equipo
- C. Cajas de salida, tapas y cubiertas ornamentales para luminarias
- D. Soportes de luminarias
- E. Puesta a tierra
- F. Alambrado de las luminarias
- G. Construcción de las luminarias
- H. Instalación de portalámparas
- I. Construcción de los portalámparas
- J. Lámparas y equipos auxiliares
- K. Receptáculos, cordones de conexión y clavijas
- L. Disposiciones especiales para luminarias montadas en cavidades o empotradas
- M. Requisitos de construcción de luminarias tipo empotrar montaje rasante
- N. Disposiciones especiales para sistemas de iluminación de descarga de 1000 V o menos
- O. Disposiciones especiales para luminarias de descarga eléctrica de más de 1000 V
- P. Rieles de iluminación

411 SISTEMAS DE ALUMBRADO QUE FUNCIONAN A 30 V O MENOS

422 APARATOS ELÉCTRICOS

- A. Disposiciones generales
- B. Requisitos de los circuitos derivados
- C. Instalación de los aparatos eléctricos
- D. Control y protección de los aparatos eléctricos
- E. Marcado de los aparatos eléctricos

424 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA CALEFACCIÓN DE AMBIENTE

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Control y protección de equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente
- D. Marcado del equipo de calefacción
- E. Cables eléctricos calentadores de ambiente
- F. Calentadores de ductos
- G. Calderas tipo de resistencias
- H. Calderas tipo con electrodos
- I. Paneles eléctricos calentadores de radiación y conjuntos de paneles calentadores

- 426 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA DESCONGELAR Y DERRETIR NIEVE
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Elementos de calefacción por resistencia
 - D. Calentamiento por impedancia
 - E. Calentamiento por efecto superficial
 - F. Control y protección
- 427 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA CALENTAMIENTO DE TUBERÍAS PARA LÍQUIDOS Y RECIPIENTES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Elementos de calentamiento por resistencia
 - D. Calentamiento por impedancia
 - E. Calentamiento por inducción
 - F. Calentamiento por efecto superficial
 - G. Control y protección
- 430 MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y SUS CONTROLADORES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Conductores para circuitos de motores
 - C. Protección de sobrecarga de los motores y de sus circuitos derivados
 - D. Protección de circuitos derivados para motores contra cortocircuitos y fallas a tierra
 - E. Protección de alimentadores para motores contra cortocircuito y fallas a tierra
 - F. Circuitos de control de motores
 - G. Controladores de motores
 - H. Centros de control de motores (CCM)
 - I. Medios de desconexión
 - J. Motores que operan a más de 600 V nominales
 - K. Protección de las partes vivas para todas las tensiones eléctricas
 - L. Puesta a tierra para todas las tensiones eléctricas
 - M. Tablas
- 440 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y DE REFRIGERACIÓN
 - A. Disposiciones generales
 - B. Medios de desconexión
 - C. Protección de los circuitos derivados contra cortocircuito y falla a tierra
 - D. Conductores del circuito derivado
 - E. Controladores para motores de compresor
 - F. Protección contra sobrecarga de motores - compresores y de los circuitos derivados
 - G. Requisitos para acondicionadores de aire para habitación
- 445 GENERADORES
- 450 TRANSFORMADORES Y BOVEDAS DE TRANSFORMADORES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Disposiciones específicas aplicables a los diferentes tipos de transformadores
 - C. Bóvedas de transformadores
- 455 CONVERTIDORES DE FASE
 - A. Disposiciones generales
 - B. Especificaciones aplicables a diferentes tipos de convertidores de fases
- 460 CAPACITORES
 - A. Tensión eléctrica nominal de 600 V y menos
 - B. Tensión eléctrica nominal mayor a 600 V
- 470 RESISTENCIAS Y REACTORES
 - A. Tensión eléctrica nominal 600 V y menos
 - B. Tensión eléctrica nominal mayor a 600 V
- 480 ACUMULADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA (BATERÍA)
- 4.5 AMBIENTES ESPECIALES
 - 500 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS)
 - 501 ÁREAS CLASE I
 - 502 ÁREAS CLASE II
 - 503 ÁREAS CLASE III
 - 504 SISTEMAS INTRÍNECAMENTE SEGUROS
 - 505 ÁREAS CLASE I, ZONAS 0, 1 Y 2

- 510 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS) - ESPECÍFICAS
- 511 TALLERES DE SERVICIO, DE REPARACIÓN Y ESTACIONAMIENTOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES
- 513 HANGARES DE AVIACIÓN
- 514 SURTIDORES (DISPENSARIOS) Y ESTACIONES DE SERVICIO Y AUTOCONSUMO
- 515 PLANTAS DE ALMACENAMIENTO
- 516 PROCESOS ACABADO
- 517 INSTALACIONES EN LUGARES DE ATENCIÓN DE LA SALUD
 - A. Disposiciones generales
 - B. Alambrado y protección
 - C. Sistema eléctrico esencial
 - D. Locales para anestesia por inhalación
 - E. Instalaciones para rayos X
 - F. Sistemas de comunicaciones, señales, de información, de señalización de protección contra incendio y para tensiones eléctricas menores a 127 V
 - G. Sistemas de energía aislados
- 518 LUGARES DE REUNIÓN
- 520 TEATROS, ÁREAS DE AUDIENCIA EN CINES Y ESTUDIOS DE TELEVISIÓN Y LUGARES SIMILARES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Tableros de distribución para escenarios fijos
 - C. Equipo fijo para escenarios
 - D. Tableros portátiles en el escenario
 - E. Equipo portátil del escenario
 - F. Camerinos
 - G. Puesta a tierra
- 525 CARNAVALES, CIRCOS, FERIAS Y EVENTOS SIMILARES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Puesta a tierra y puenteo
 - D. Medios de desconexión
- 530 ESTUDIOS DE CINE, TELEVISIÓN Y LUGARES SIMILARES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Escenario o estudio
 - C. Camerinos
 - D. Mesas de presentación, corte y montaje
 - E. Bóvedas de almacenamiento de películas de nitrato de celulosa
 - F. Subestaciones
 - G. Sistemas devueltos separados de 60 V a tierra
- 540 PROYECTORES DE CINE
 - A. Disposiciones generales
 - B. Definiciones
 - C. Equipos y proyectores tipo profesional
 - D. Proyectores no-profesionales
 - E. Equipos de grabación y reproducción de sonido
- 545 INMUEBLES PREFABRICADOS
- 547 CONSTRUCCIONES AGRÍCOLAS
- 550 CASAS MÓVILES, CASAS PREFABRICADAS Y SUS ESTACIONAMIENTOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Casas móviles
 - C. Acometidas y alimentadores
- 551 VEHÍCULOS DE RECREO Y SUS ESTACIONAMIENTOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Sistemas de baja tensión
 - C. Sistemas eléctricos combinados
 - D. Otras fuentes de energía
 - E. Sistemas de 120 o 127 V o 120/240 V o 220Y/127 V nominales
 - F. Pruebas en fábrica
 - G. Estacionamientos de los vehículos de recreo

552 REMOLQUES

- A. Disposiciones generales
- B. Sistemas de baja tensión
- C. Sistemas eléctricos combinados
- D. Sistemas de 120 o 127 V o 120/240 V o 220Y/127 V nominales
- E. Pruebas en fábrica

553 CONSTRUCCIONES FLOTANTES

- A. Disposiciones generales
- B. Acometidas y alimentadores
- C. Puesta a tierra

555 MARINAS Y MUELLES

4.6 EQUIPOS ESPECIALES

600 ANUNCIOS LUMINOSOS Y ALUMBRADO REALCE

- A. Disposiciones generales
- B. Anuncios luminosos y alumbrado de realce de 1000 V o menos
- C. Anuncios luminosos y alumbrado de realce de más de 1000 V

604 SISTEMAS DE CABLEADO PREFABRICADOS

605 INSTALACIONES EN OFICINAS

610 GRUAS Y POLIPASTOS

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación eléctrica
- C. Conductores de contacto
- D. Medios de desconexión
- E. Protección contra sobrecorriente
- F. Control
- G. Puesta a tierra

620 ELEVADORES, MONTACARGAS, ESCALERAS ELÉCTRICAS Y PASILLOS MÓVILES, ESCALERAS Y ELEVADORES PARA SILLAS DE RUEDAS

- A. Disposiciones generales
- B. Conductores
- C. Instalación eléctrica
- D. Instalación de conductores
- E. Cables móviles
- F. Medio de desconexión y control
- G. Protección contra sobrecorriente
- H. Cuarto de máquinas
- I. Puesta a tierra
- J. Sistemas de energía en emergencia y de reserva

630 MÁQUINAS DE SOLDAR ELÉCTRICAS

- A. Disposiciones generales
- B. Máquinas de soldar de arco tipo transformador de c.a. y de rectificador de c.c.
- C. Máquinas de soldar de arco tipo Motor-Generador
- D. Máquinas de soldar por resistencia
- E. Cable para soldar

640 EQUIPOS DE GRABACIÓN DE SONIDO Y SIMILARES

645 EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS Y DE CÓMPUTO ELECTRÓNICO

650 ÓRGANOS TUBULARES

660 EQUIPOS DE RAYOS X

- A. Disposiciones generales
- B. Control
- C. Transformadores y capacitores
- D. Resguardos y puesta a tierra

665 EQUIPOS DE CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN Y POR PÉRDIDAS DIELECTRICAS

- A. Disposiciones generales
- B. Protección e interconexión a tierra
- C. Equipo Motor-Generador
- D. Equipo distinto del Motor-Generador

- 668 CELDAS ELECTROLÍTICAS
- 669 GALVANOPLASTIA
- 670 MAQUINARIA INDUSTRIAL
- 675 MÁQUINAS DE RIEGO OPERADAS O CONTROLADAS ELÉCTRICAMENTE
 - A. Disposiciones generales
 - B. Máquinas de riego con pivote central
- 680 ALBERCAS, FUENTES E INSTALACIONES SIMILARES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Albercas de instalación permanente
 - C. Albercas desmontables
 - D. Fuentes de aguas termales y bañeras térmicas
 - E. Fuentes
 - F. Albercas y bañeras para uso terapéutico
 - G. Bañeras de hidromasaje
- 685 SISTEMAS ELÉCTRICOS INTEGRADOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Interrupción programada
- 690 SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Requisitos para los circuitos
 - C. Medios de desconexión
 - D. Métodos de alambrado
 - E. Puesta a Tierra
 - F. Marcado
 - G. Interconexión a otras fuentes de energía
 - H. Baterías de acumuladores
- 695 BOMBAS CONTRA INCENDIOS
- 4.7 CONDICIONES ESPECIALES
 - 700 SISTEMAS DE EMERGENCIA
 - A. Disposiciones generales
 - B. Alambrado de circuitos
 - C. Fuentes de alimentación
 - D. Circuitos de emergencia para alumbrado y fuerza
 - E. Control de los circuitos del alumbrado de emergencia
 - F. Protección contra sobrecorriente
 - 701 SISTEMAS DE RESERVA REQUERIDOS LEGALMENTE
 - A. Disposiciones generales
 - B. Alambrado de circuitos
 - C. Fuentes de alimentación
 - D. Protección contra sobrecorriente
 - 702 SISTEMAS DE RESERVA OPCIONALES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Alambrado de circuitos
 - 705 FUENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA INTERCONECTADA
 - 709 ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN EN LUGARES DE REUNIÓN
 - 710 INSTALACIONES CON TENSIONES ELÉCTRICAS NOMINALES MAYORES DE 600 V
 - A. Disposiciones generales
 - B. Disposiciones generales para equipos
 - C. Disposiciones específicas para equipos
 - D. Instalaciones accesibles únicamente a personas calificadas
 - E. Equipo móvil y portátil
 - F. Instalaciones en túneles
 - G. Calderas de electrodos
 - 720 CIRCUITOS Y EQUIPOS QUE OPERAN A MENOS DE 50 V
 - 725 CIRCUITOS CLASE 1, CLASE 2 Y CLASE 3 PARA CONTROL REMOTO, SEÑALIZACIÓN Y DE POTENCIA LIMITADA
 - A. Disposiciones generales
 - B. Circuitos Clase 1
 - C. Circuitos Clase 2 y Clase 3

- 760 SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Circuitos de señalización de potencia no-limitada para protección contra incendios
 - C. Circuitos de señalización de potencia limitada para protección contra incendios
- 770 CABLES DE FIBRA ÓPTICA Y SUS CANALIZACIONES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Protección
 - C. Cables en el interior de edificios
- 780 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN PROGRAMADA
- 4.8 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN
 - 800 CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN
 - A. Disposiciones generales
 - B. Cables en exteriores y entrada a edificios
 - C. Protección
 - D. Métodos de puesta a tierra
 - E. Conductores de comunicaciones dentro de los edificios
 - 810 EQUIPOS DE RADIO Y TELEVISIÓN
 - A. Disposiciones generales
 - B. Equipos receptores- Sistemas de antenas
 - C. Estaciones transmisoras y receptoras de aficionados – Sistemas de antenas
 - D. Instalaciones interiores – Estaciones transmisoras
 - 820 ANTENAS DE TELEVISIÓN COMUNITARIAS Y SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE RADIO
 - A. Disposiciones generales
 - B. Cables en exteriores y entrada a edificios
 - C. Protección
 - D. Métodos de puesta a tierra
 - E. Cables dentro de edificios
- 4.9 INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PÚBLICO
 - 920 DISPOSICIONES GENERALES
 - 921 PUESTA A TIERRA
 - A. Disposiciones generales
 - B. Líneas aéreas
 - C. Líneas subterráneas
 - D. Subestaciones
 - E. Otros
 - 922 LÍNEAS AÉREAS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Separación de conductores en una misma estructura, espacios para subir y trabajar
 - C. Separación entre conductores soportados en diferentes estructuras
 - D. Altura de conductores y partes vivas de equipo, sobre el suelo, agua y vías férreas
 - E. Separación de conductores a edificios, puentes y otras construcciones
 - F. Distancia horizontal de estructuras a vías férreas, carreteras y aguas navegables
 - G. Derecho de vía
 - H. Cargas mecánicas en líneas aéreas
 - I. Clases de construcción en líneas aéreas
 - J. Retenidas
 - 923 LÍNEAS SUBTERRÁNEAS
 - A. Instalación y aplicación de cables subterráneos en la vía pública
 - B. Obra civil
 - 924 SUBESTACIONES
 - 930 ALUMBRADO PÚBLICO
 - A. Disposiciones generales
 - B. Especificaciones de los sistemas de alumbrado
 - C. Especificaciones de los componentes
 - D. Métodos de alambrado
- 4.10 TABLAS
 - APÉNDICE A. Tablas adicionales de capacidad de conducción de corriente (normativo)
 - APÉNDICE B. Catálogo de normas de productos eléctricos (informativo)
 - APÉNDICE C. Tablas de relleno de conductores en tubo (*conduit*) (informativo)



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

SISTEMA DE PARARRAYOS

**EXPOSITOR: ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

SISTEMAS de PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

RAYO : DESCARGA ATMOSFERICA:-

DESCARGA de ELECTRICIDAD ESTATICA
QUE SE HA CONCENTRADO EN UNA
NUBE:

MANIFESTACIONES:-

LUMINOSA : RELAMPAGO

SONORA : TRUENO

EFFECTOS :-

DAÑOS a PERSONAS y COSAS

EFFECTOS TERMICOS

$$W = I^2 R$$

EFFECTOS DINAMICOS

(CAMPO MAGNETICO)

FORMACION DE LA CONCENTRACION DE CARGA EN LA ATMOSFERA

ORIGEN

ACUMULACION DE PARTICULAS DE AGUA QUE SE HAN CARGADO ELECTROSTATICAMENTE

TURBULENCIA ATMOSFERICA

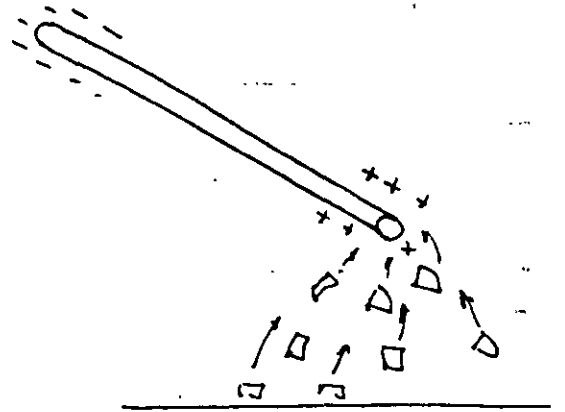
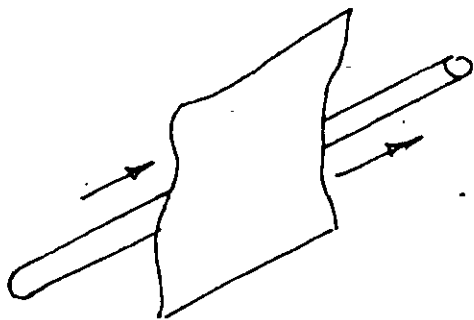
MOVIMIENTO

FRICCION MUTUA

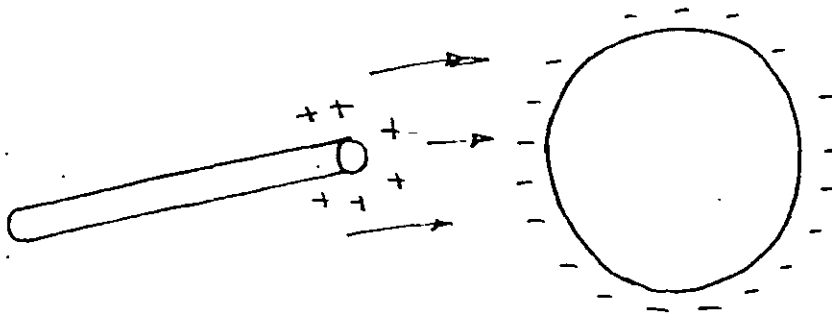
PARTICULAS DE AGUA CARGADAS

MECANISMOS DE FORMACION DE CARGA ELECTROSTATICA :-

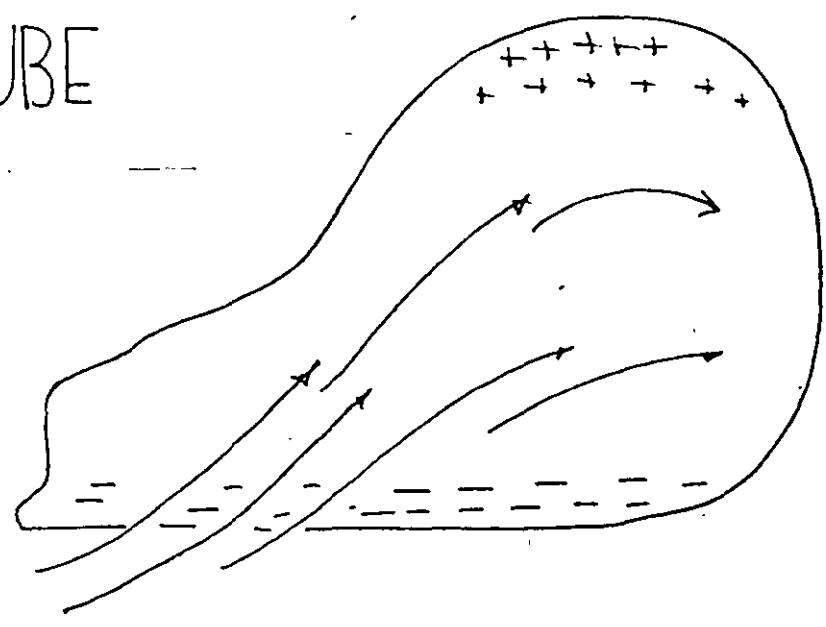
FRICCION :-



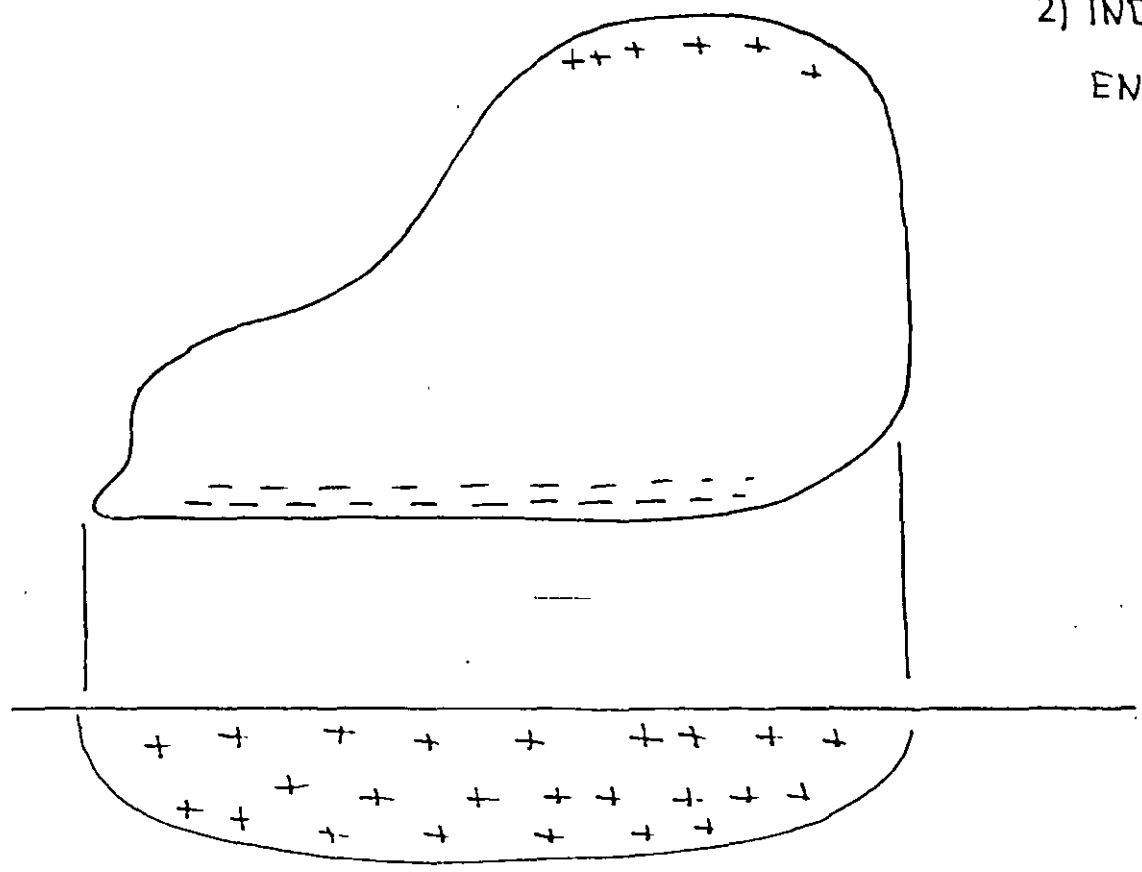
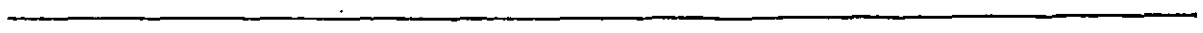
INDUCCION



CARGAS EN UNA NUBE

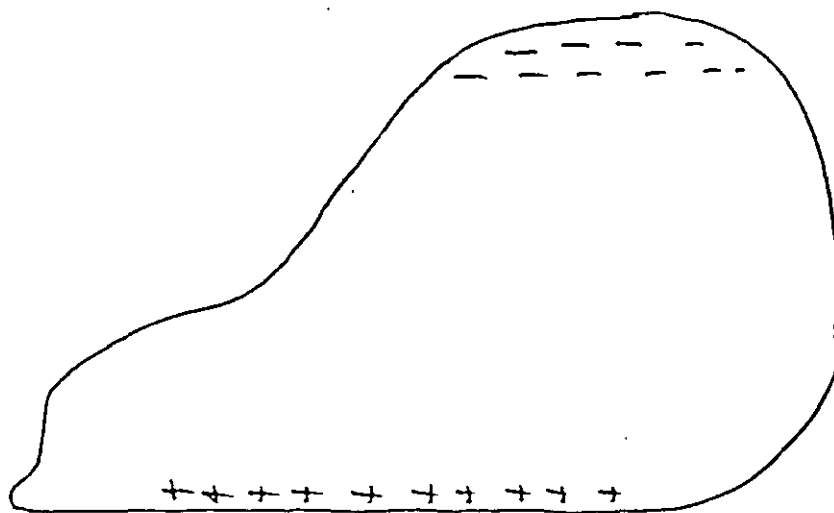
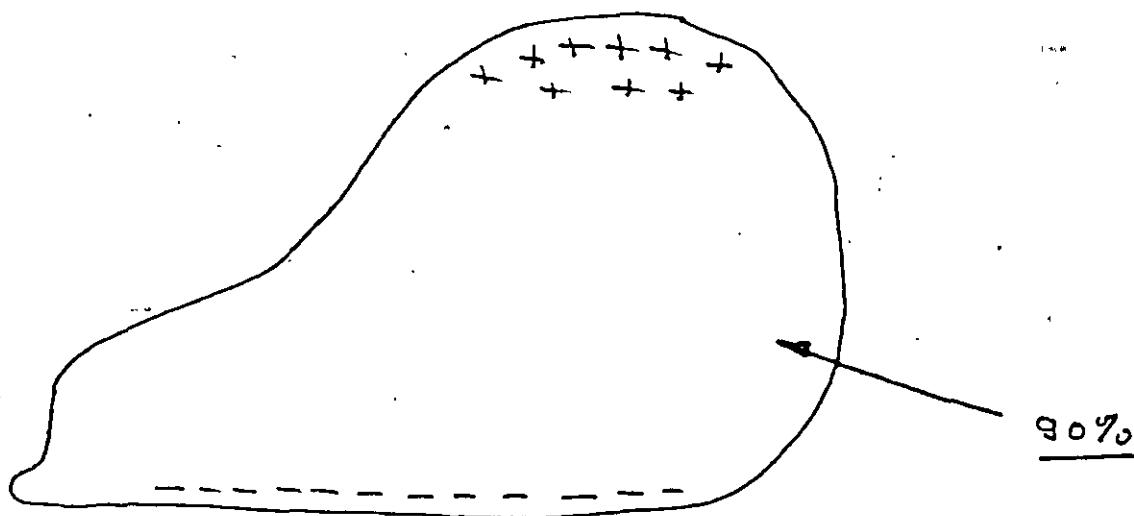
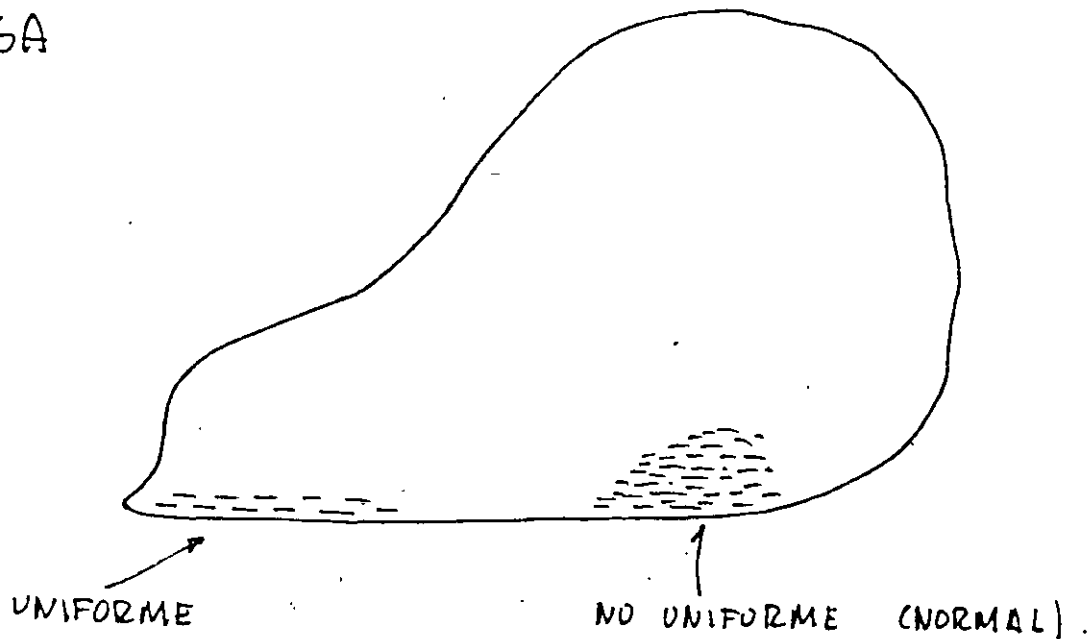


1) EN LA NUBE



2) INDUCIDA EN TIERRA

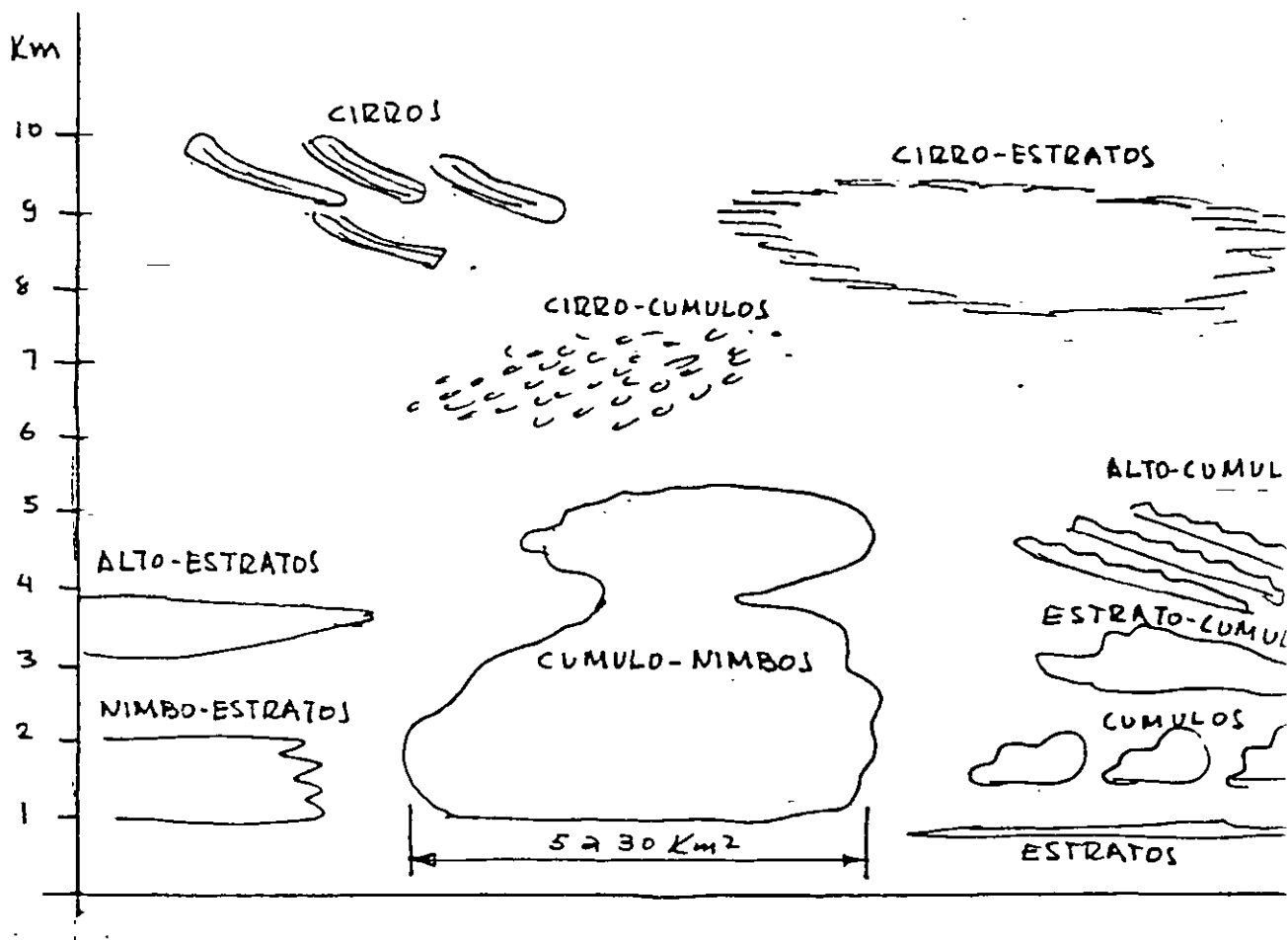
TIPOS DE CARGA



NUBES QUE
ORIGINAN
DESCARGAS



- CUMULOS
- CUMULO-NIMBOS.

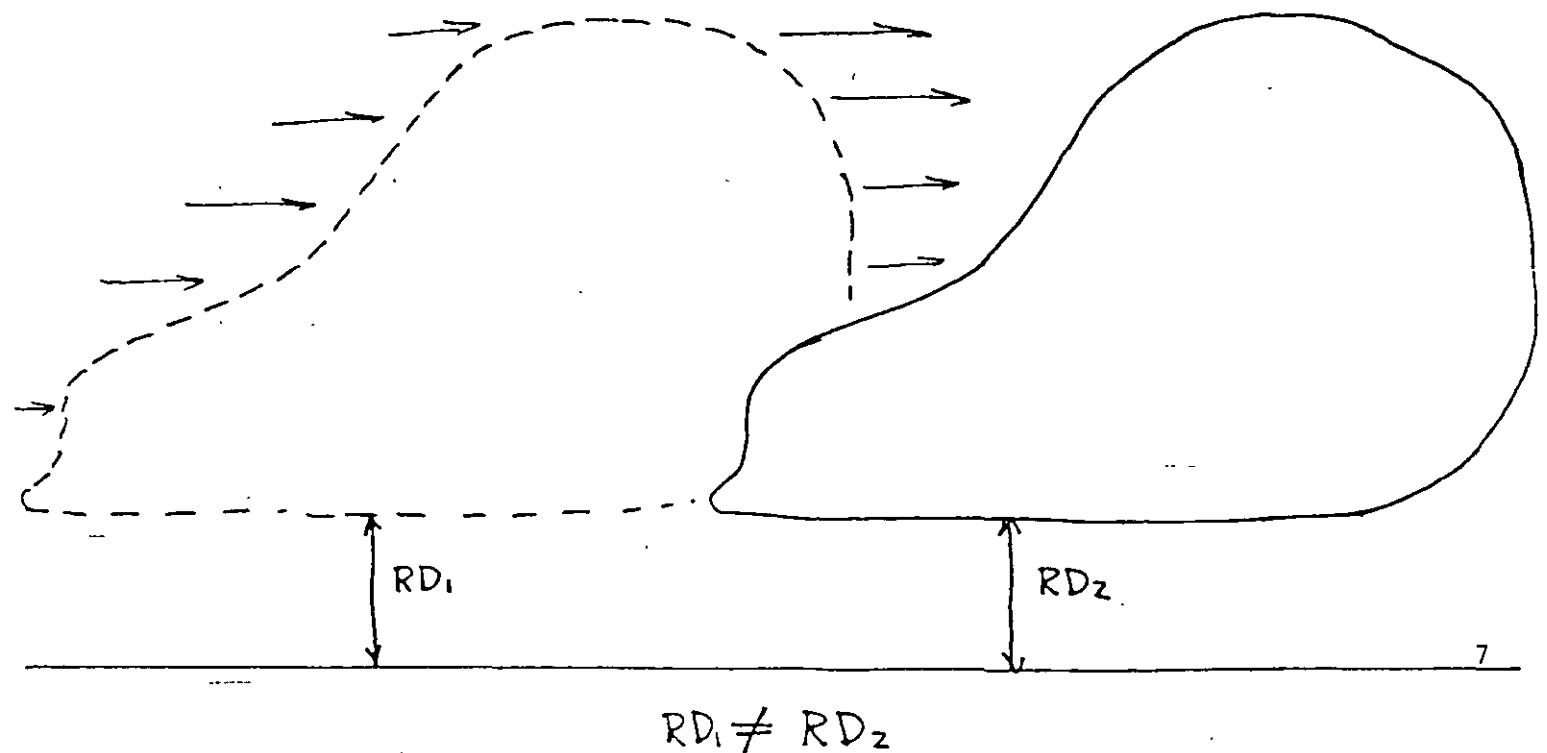
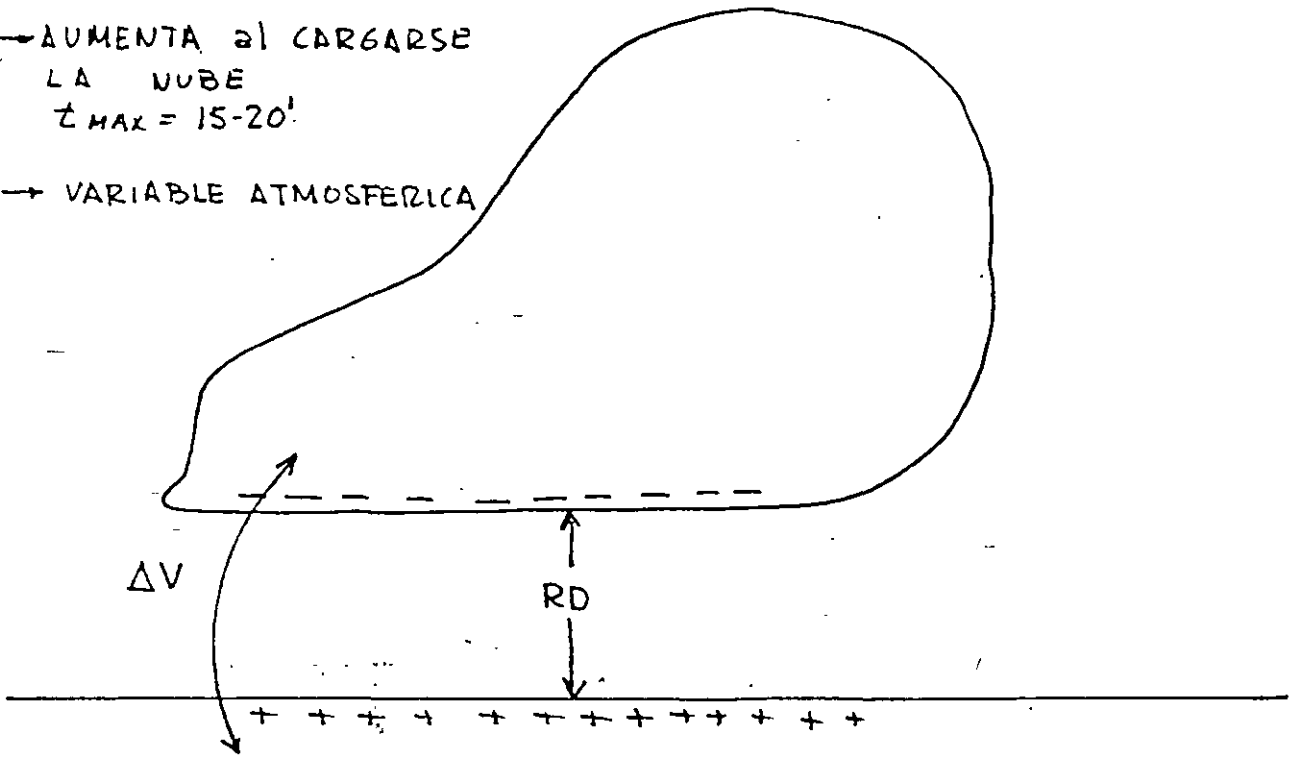


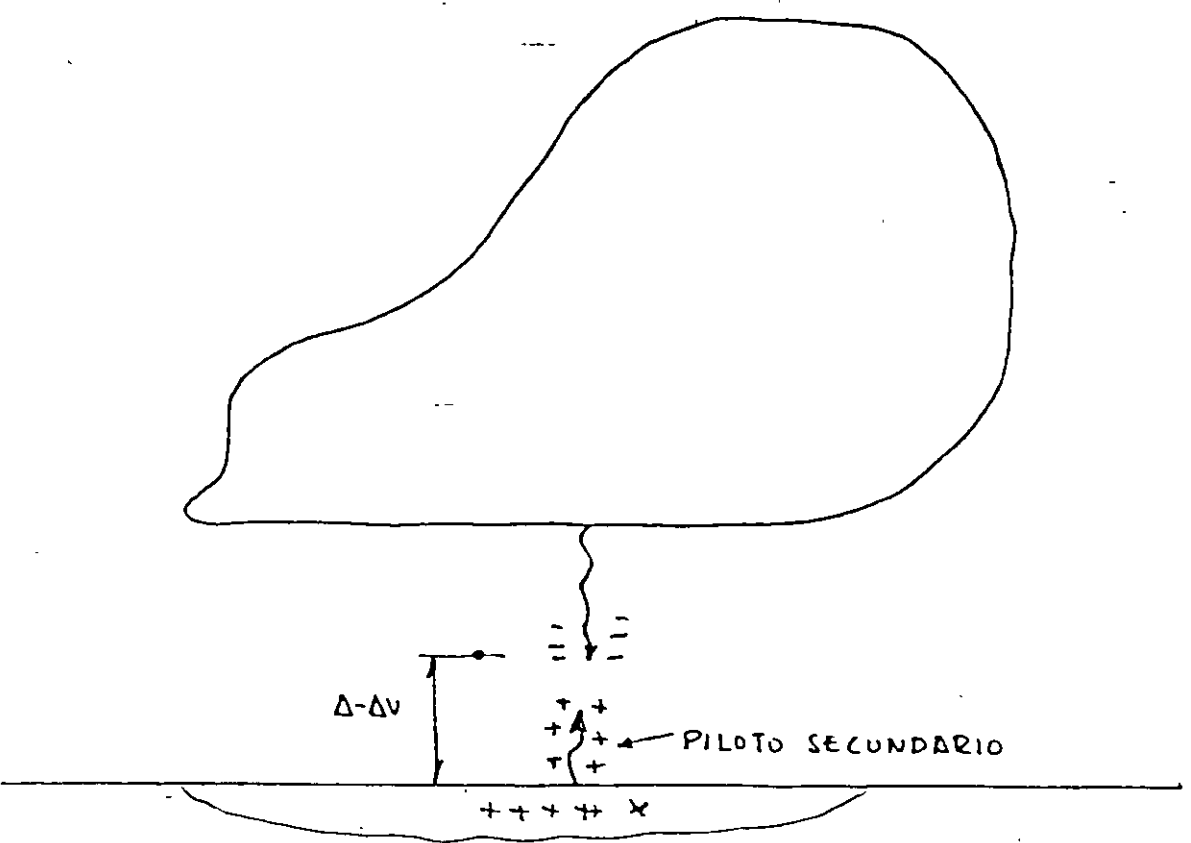
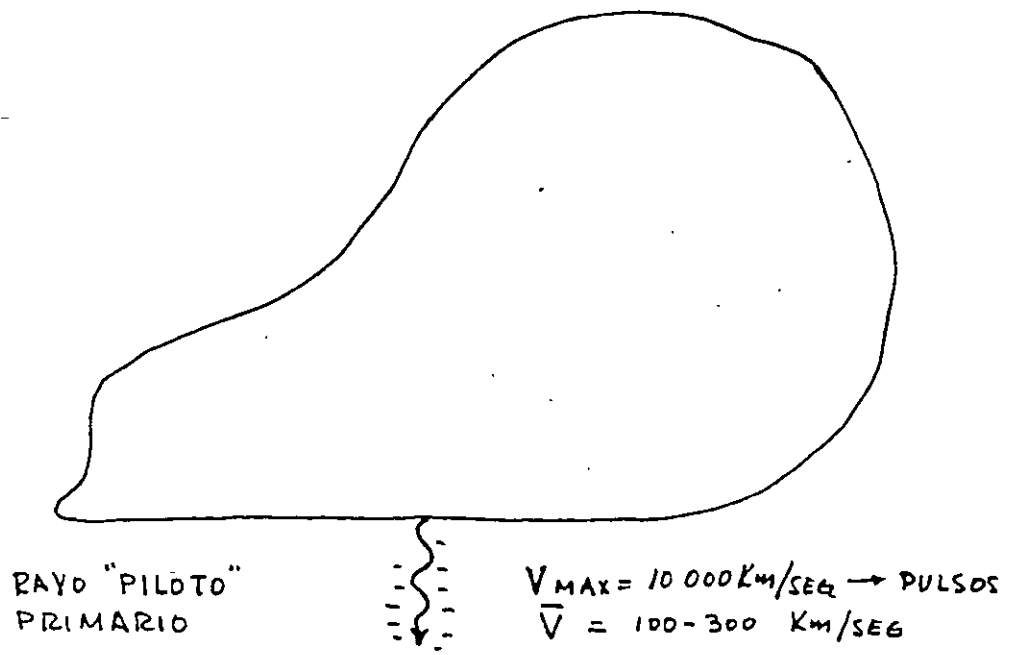
¿CUANDO OCURRE LA DESCARGA?

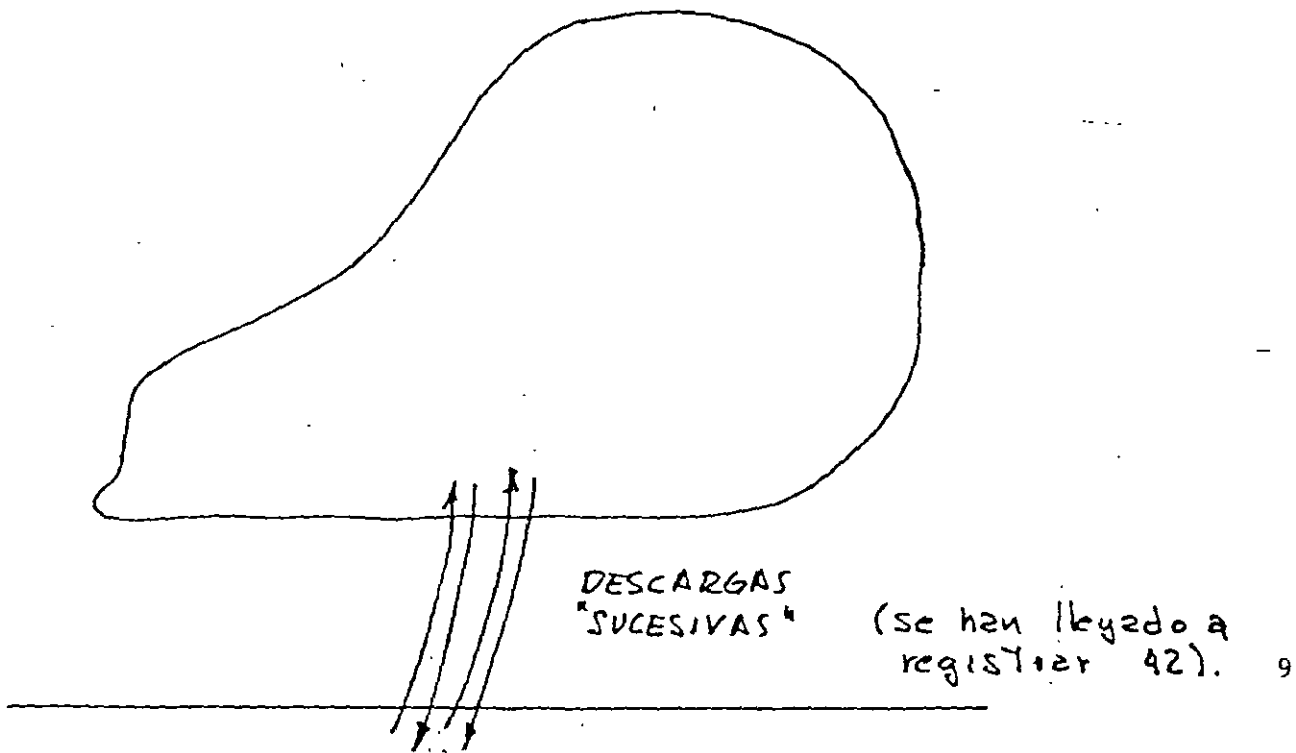
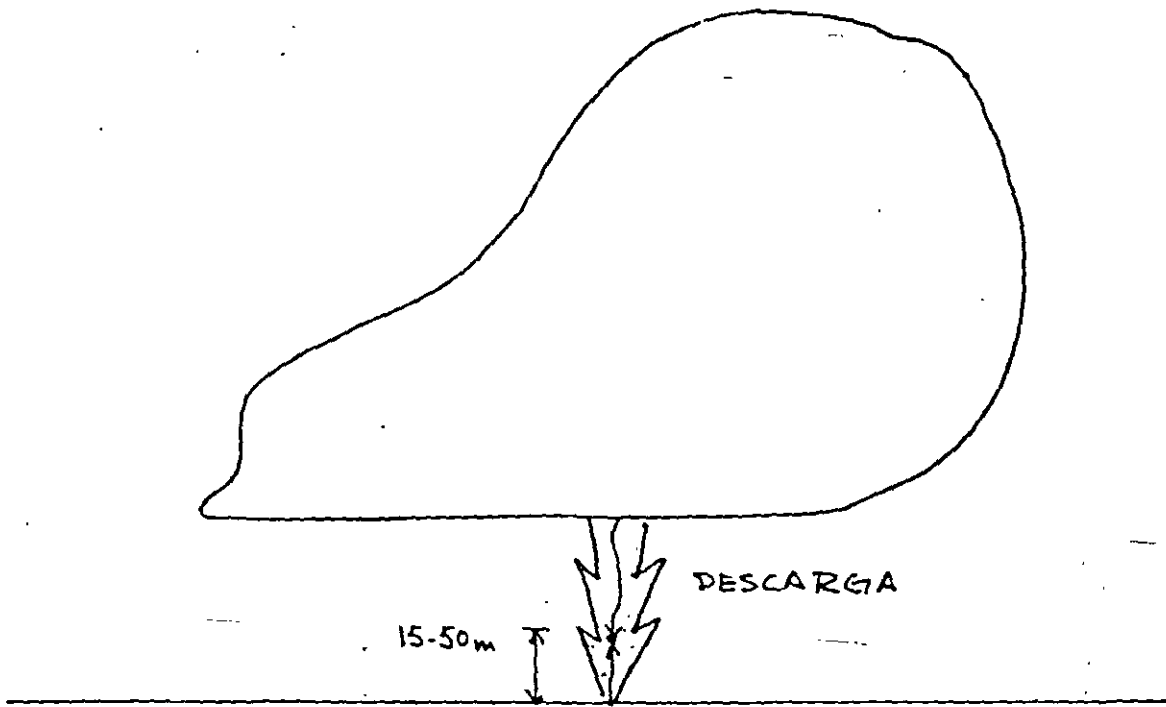
$$RD < \Delta V \Rightarrow \text{DESCARGA.}$$

ΔV → AUMENTA al CARGARSE
LA NUBE
 $Z_{MAX} = 15-20'$

RD → VARIABLE ATMOSFERICA







MAGNITUDES de UNA DESCARGA

VARIABLES

- INTENSIDAD DE CORRIENTE → 10-20 KA
- DIFERENCIA DE POTENCIAL → 100-600KV
- DURACION Y NUMERO → FUNCION N° DESCARGAS
50% - 1 sola, 20% > 10
- ENERGIA

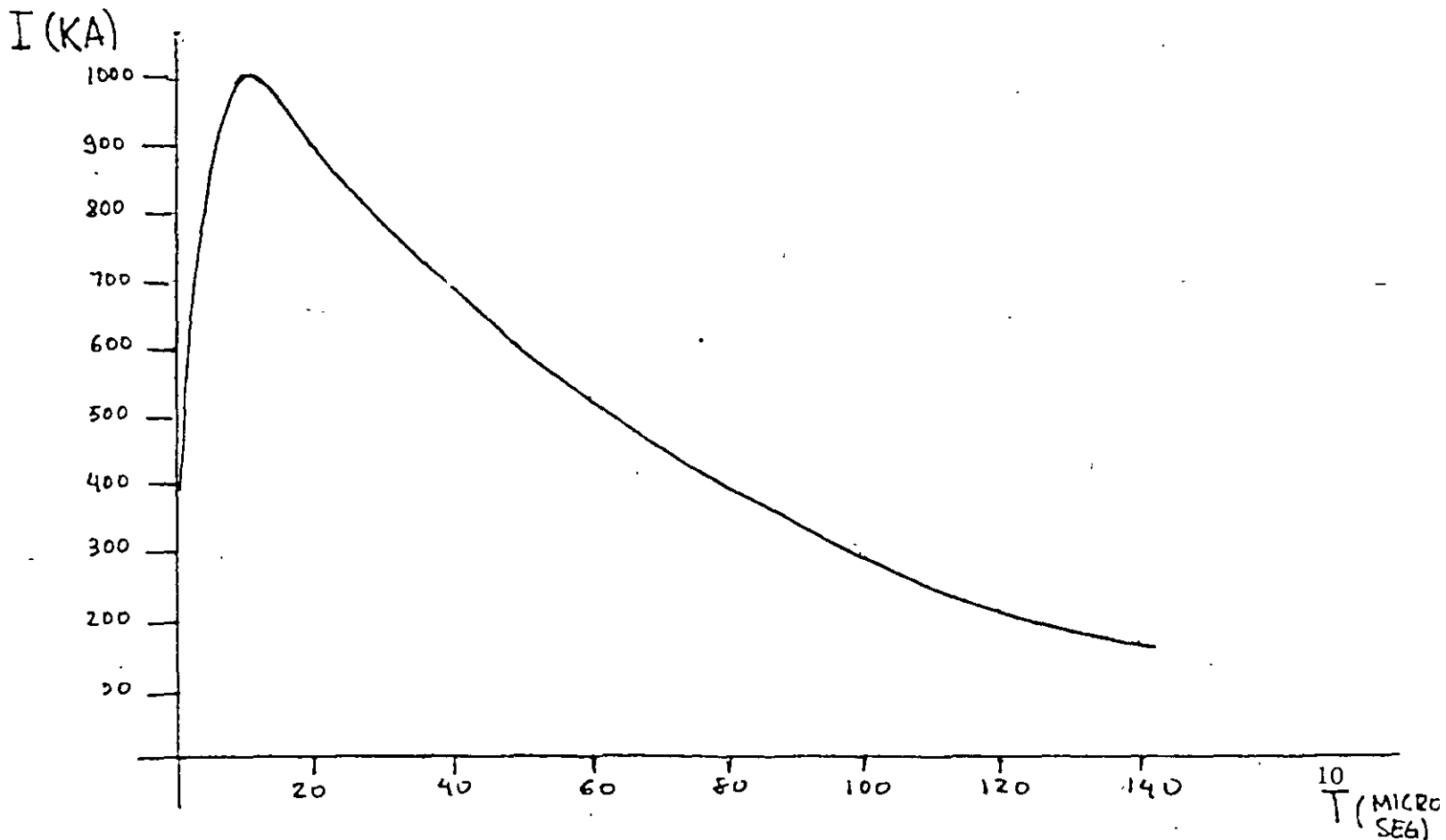
↳ CADA DESCARGA MAX. 100 COULOMBIOS

↓
20 KWH

↓
COMO t ES CORTO

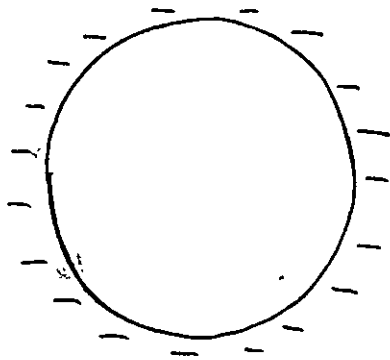
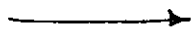
↓
POTENCIA DE L.
ORDEN DE 1000'S KW.

ONDA CONVENCIONAL



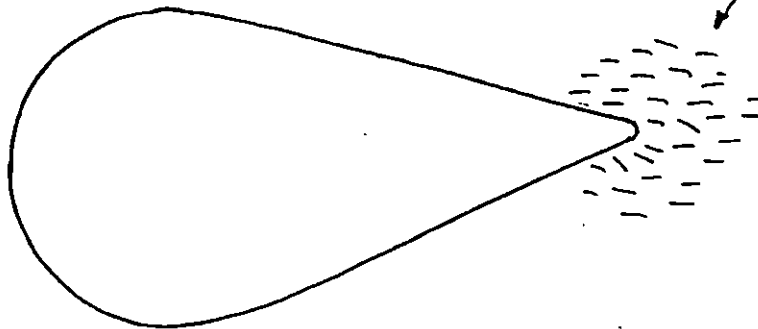
PROPIEDAD DE LAS CARGAS ELECTROSTATICAS :-

VOLUMEN UNIFORME
SIN ARISTAS

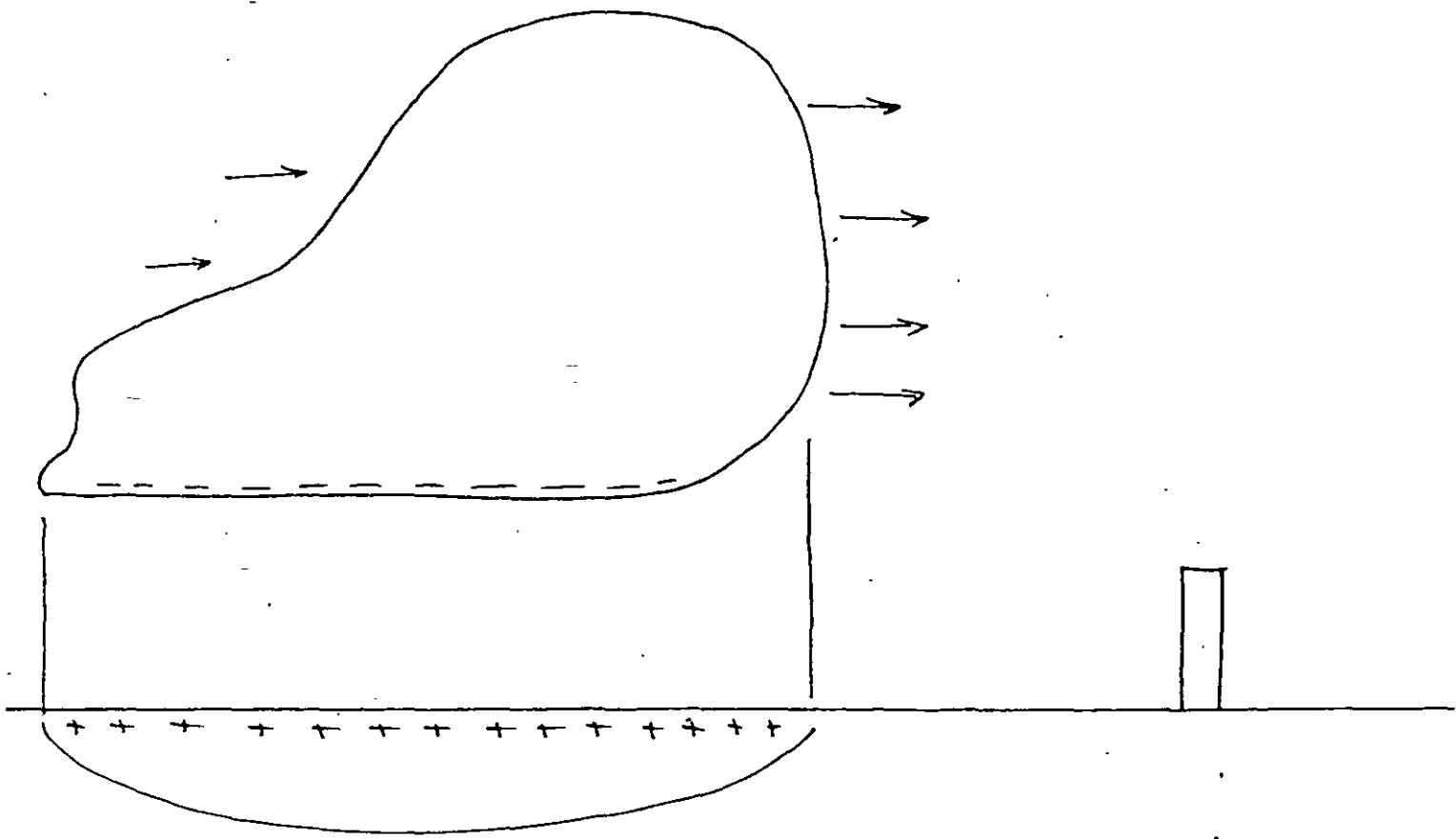


DISTRIBUCION UNIFORME

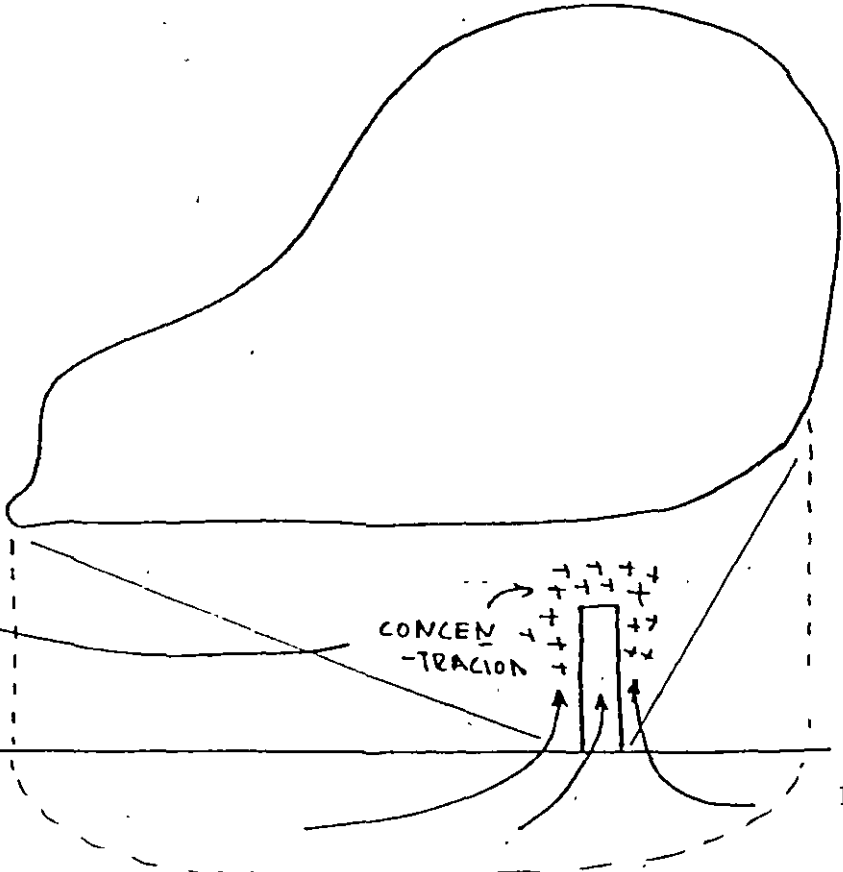
VOLUMEN NO UNIFORME

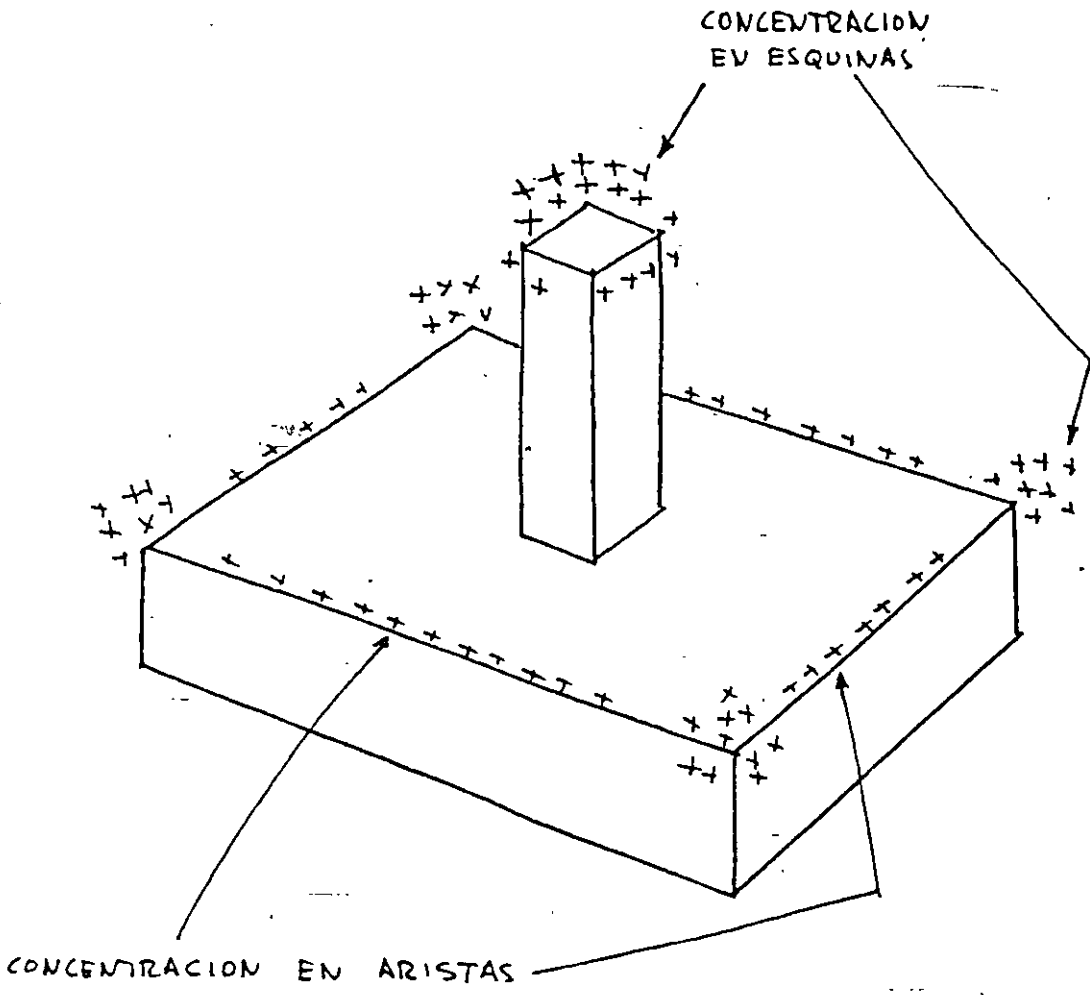


CONCENTRACION

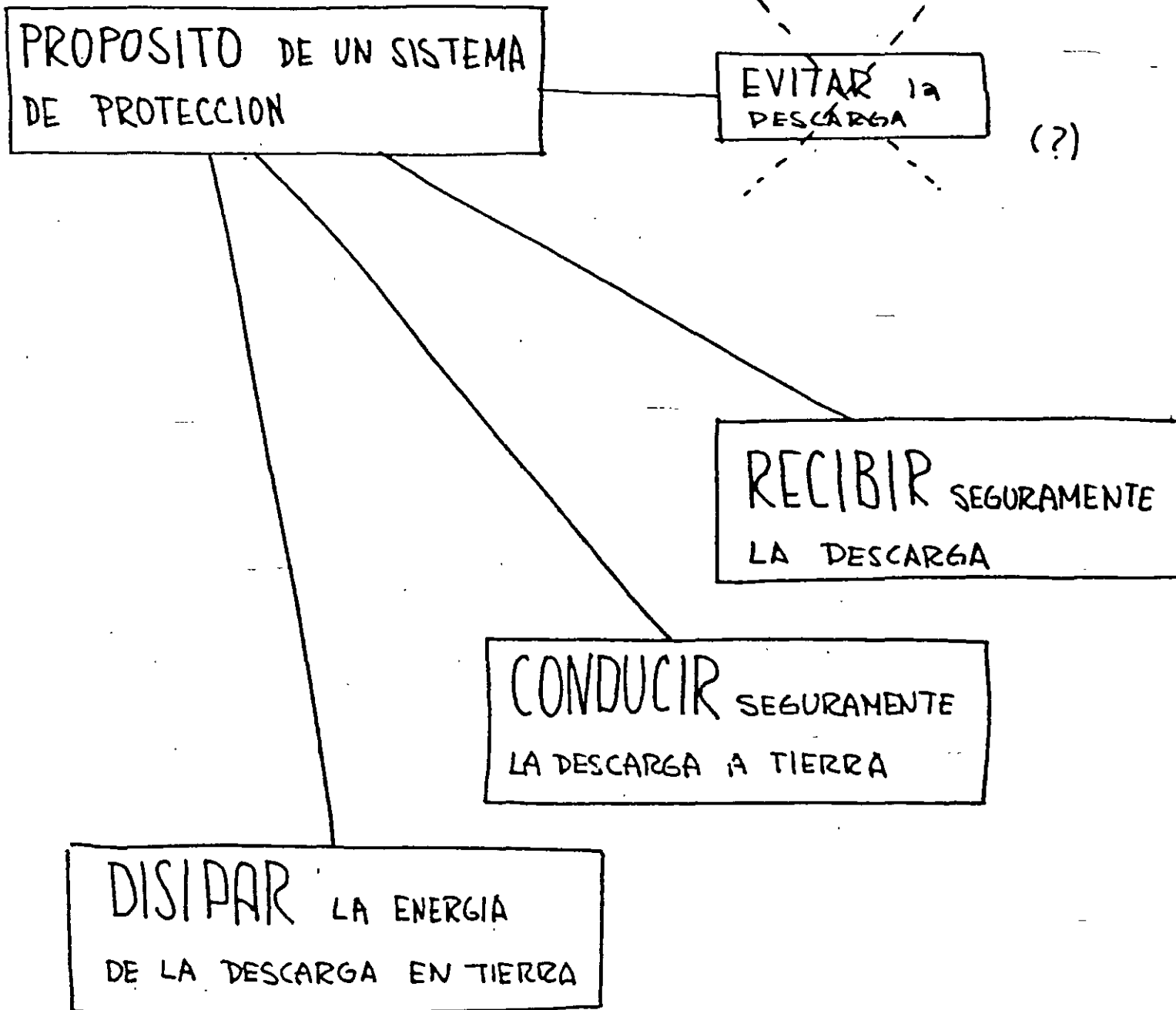


AUMENTA ΔV
 AUMENTA POSIBILIDAD
 DESCARGA
 DE AQUI PARTIRA
 PILOTO SECUNDARIO





ANALISIS DE LOS SISTEMAS



ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PROTECCION

① - RECEPTOR (PUNTAS).

② - CONDUCTOR (RED DE CABLES).

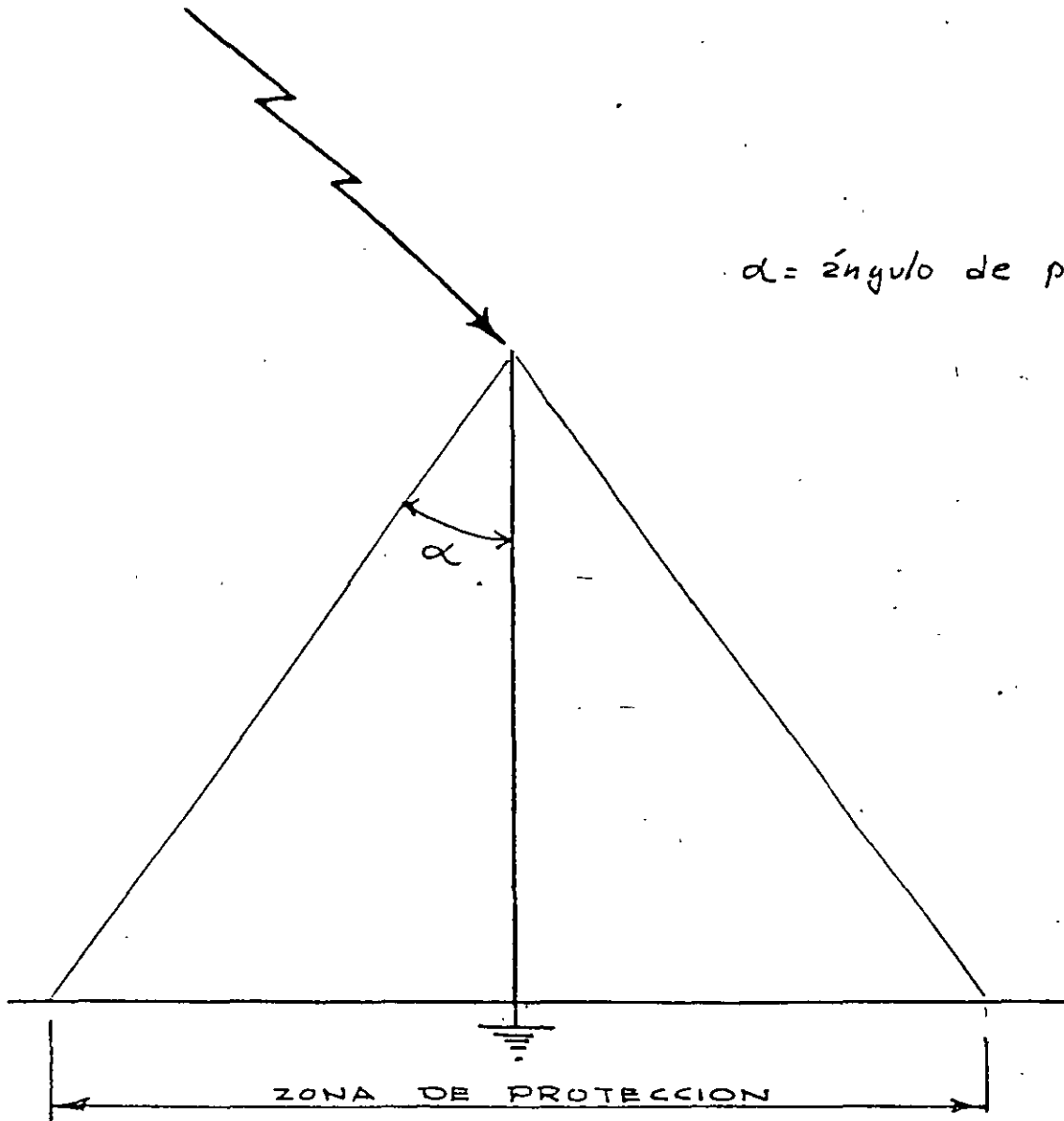
③ - DISPERSOR (ELECTRODOS DE TIERRA).

DIFERENTES SISTEMAS

```
graph TD; A[DIFERENTES SISTEMAS] --> B[DIFERENTE UTILIZACION DE LOS ELEMENTOS 1) 2) 3)];
```

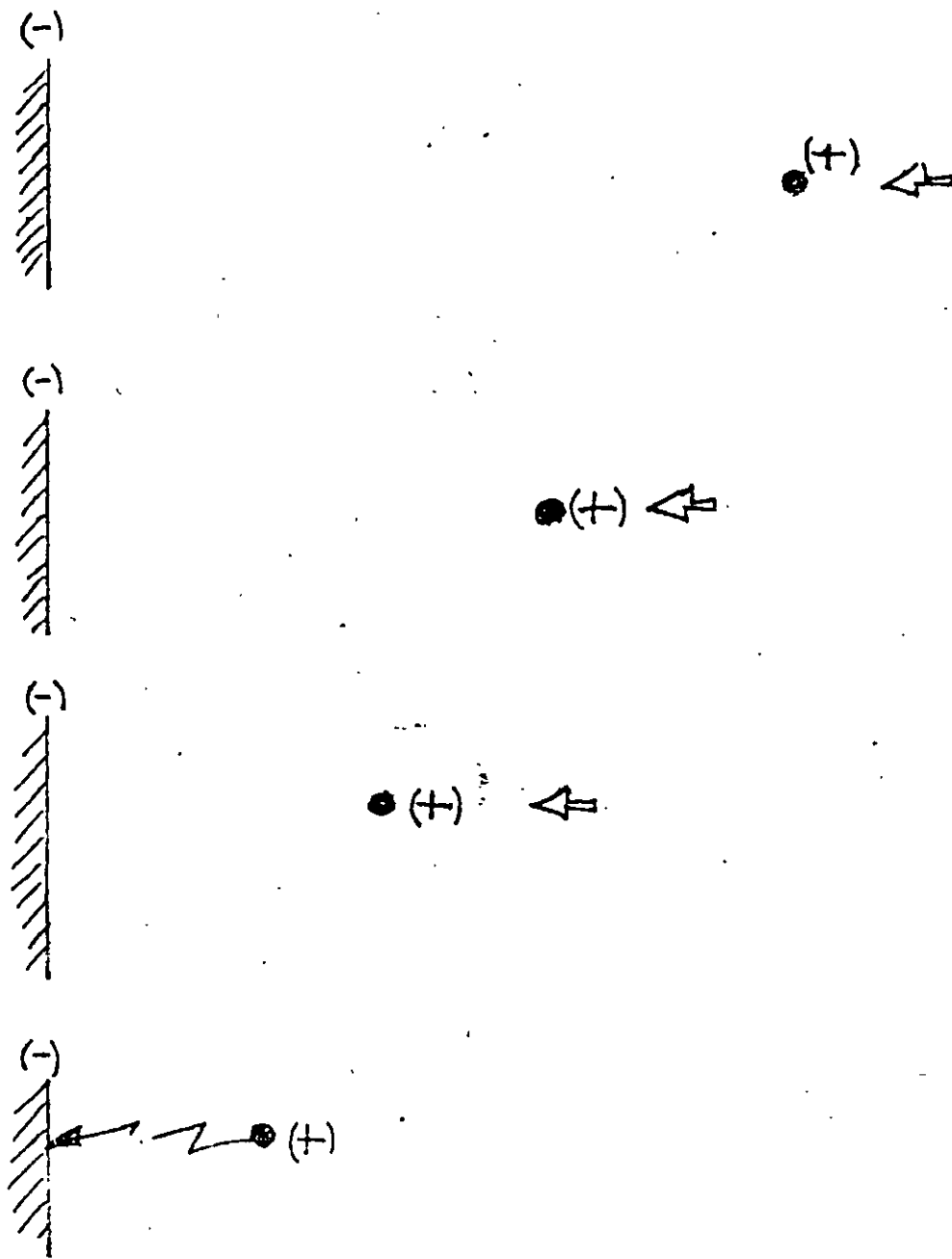
DIFERENTE UTILIZACION DE
LOS ELEMENTOS 1) 2) 3)

SISTEMA FRANKLIN

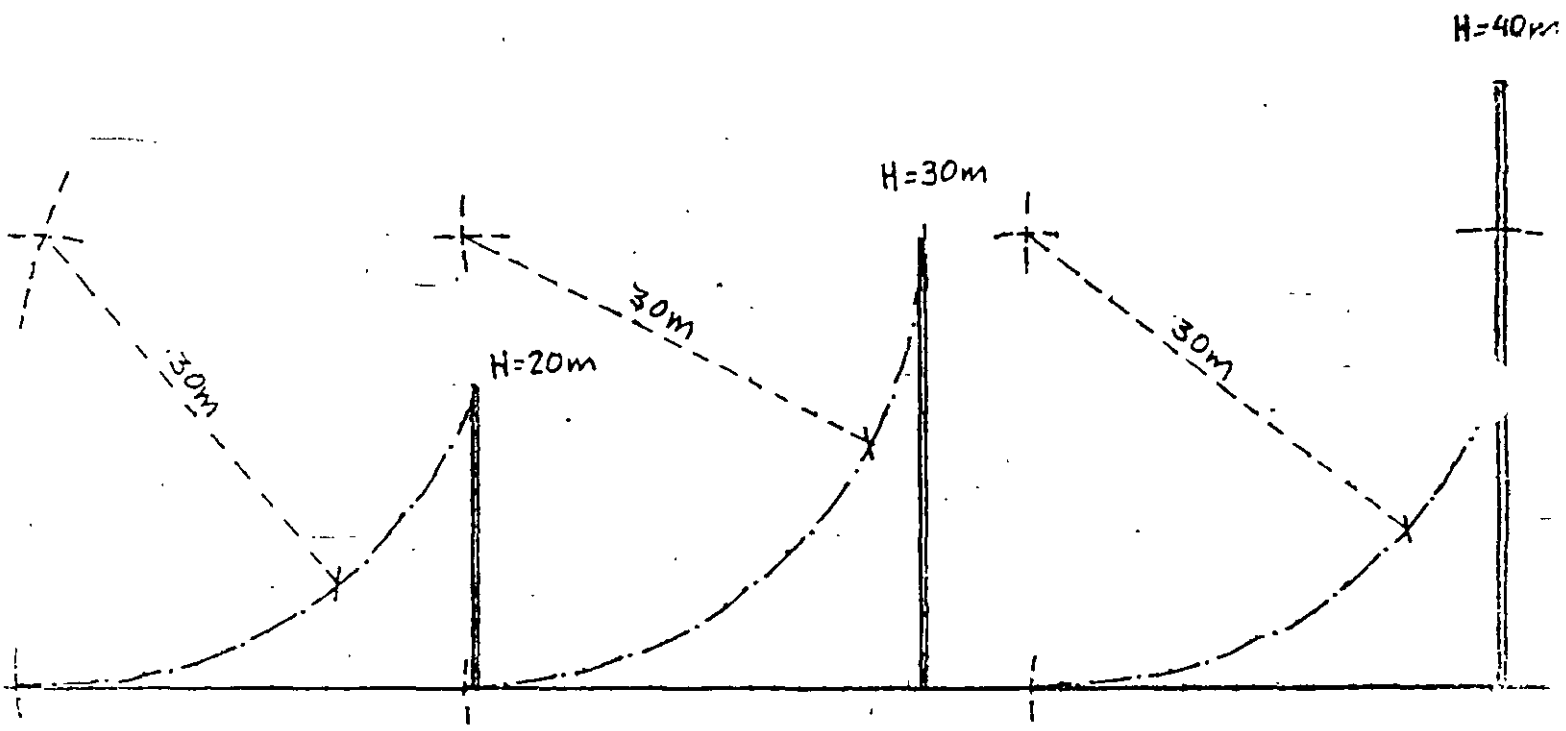


α = ángulo de protección

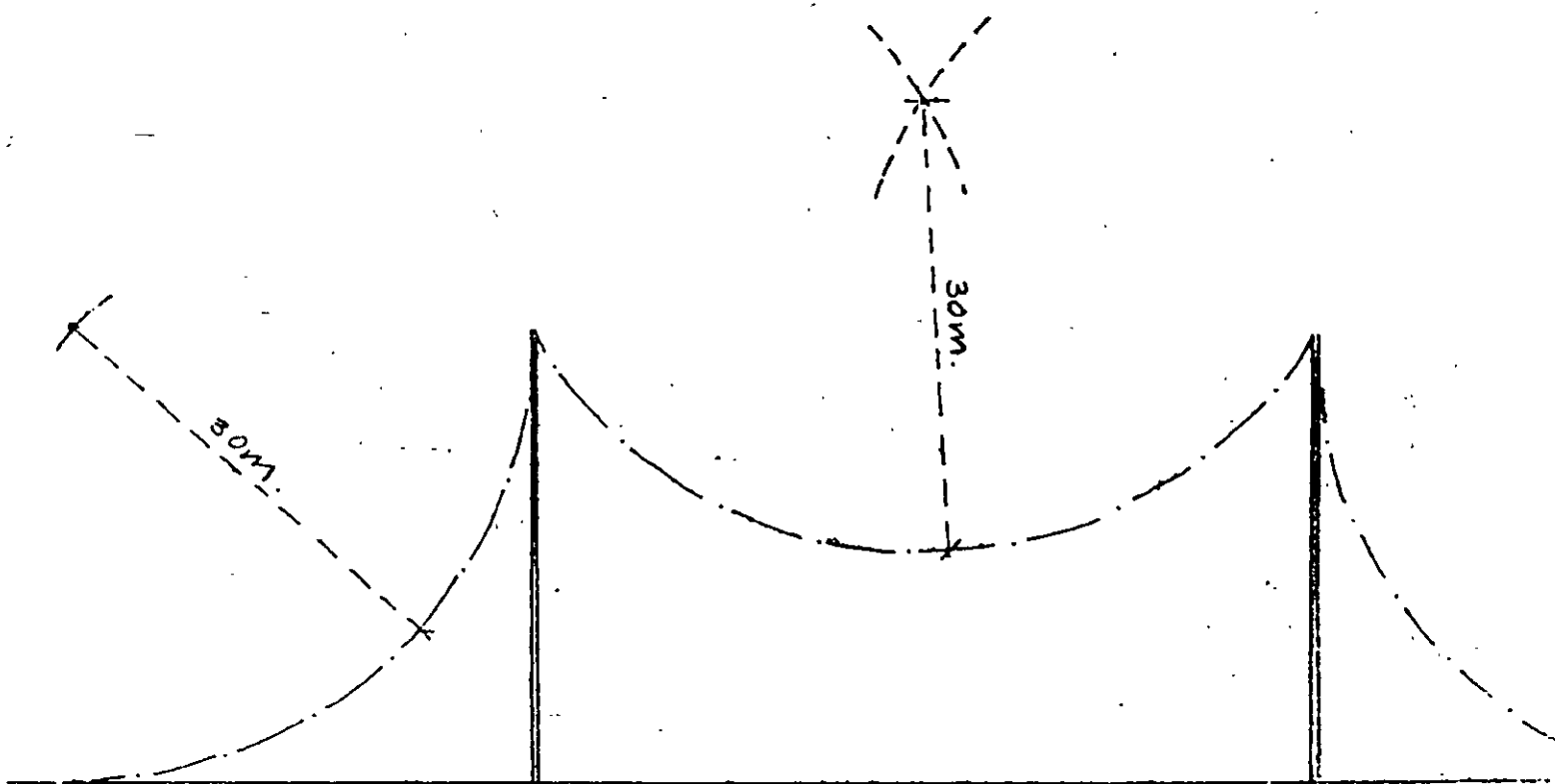
EN DESUSO EN LA
REGLAMENTACION U.L.
Y NFPA PARA EDIFICIOS.



DISTANCIA de ARQUEO



ALTURA vs DISTANCIA de ARQUEO



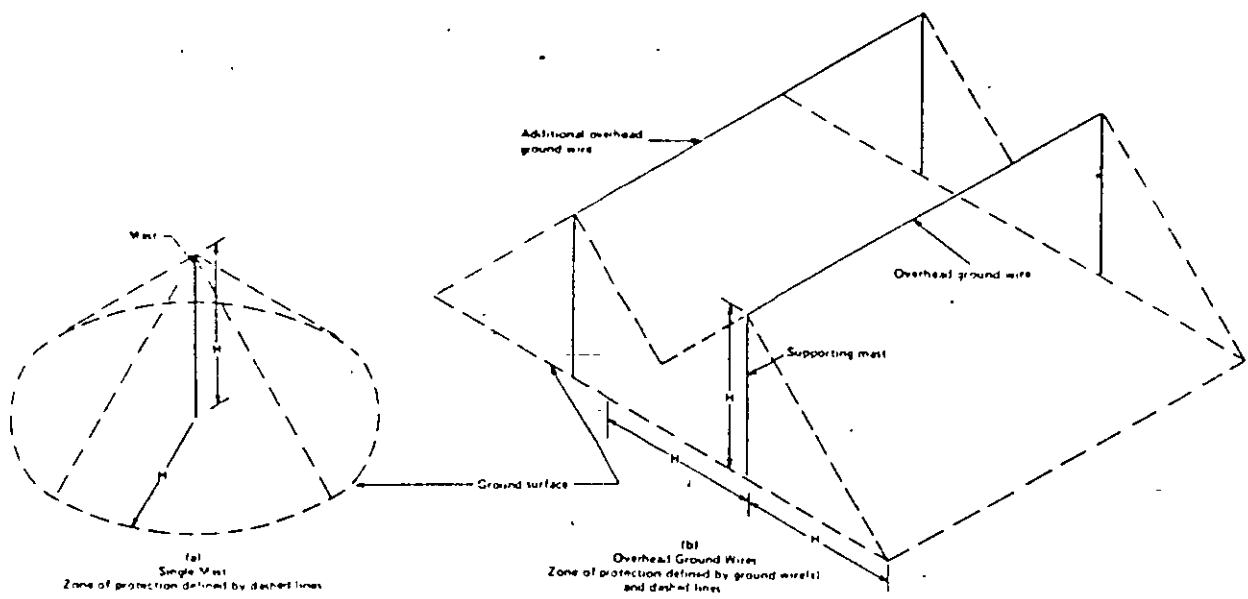


Figure 6-3.3.1. Zone of Protection for Mast Height "H" Not Exceeding 50 Feet (15m).

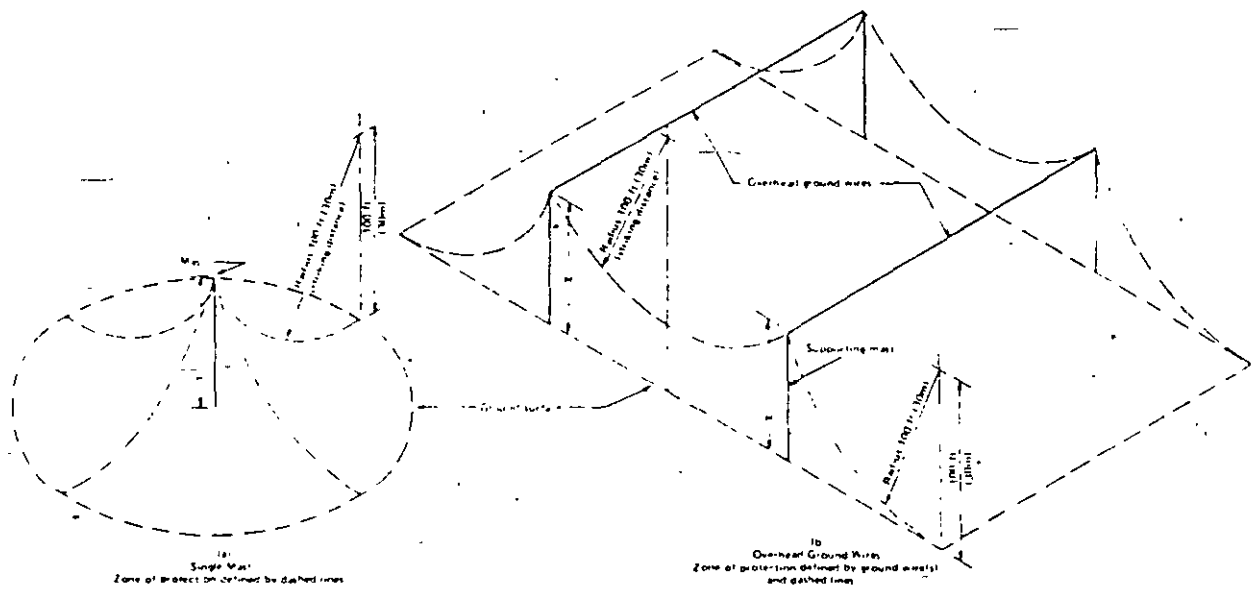
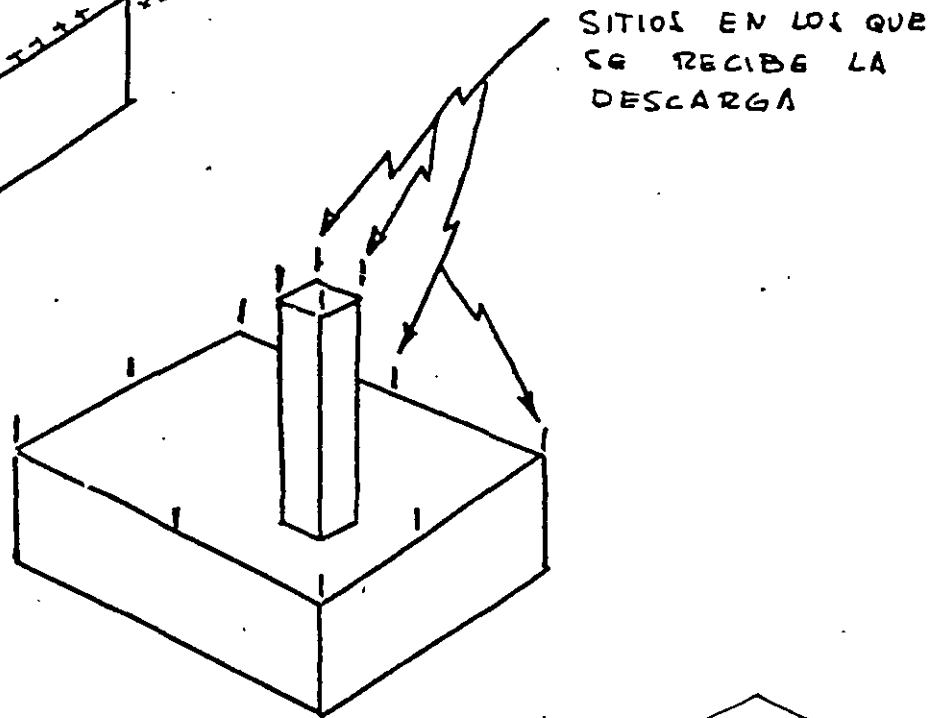
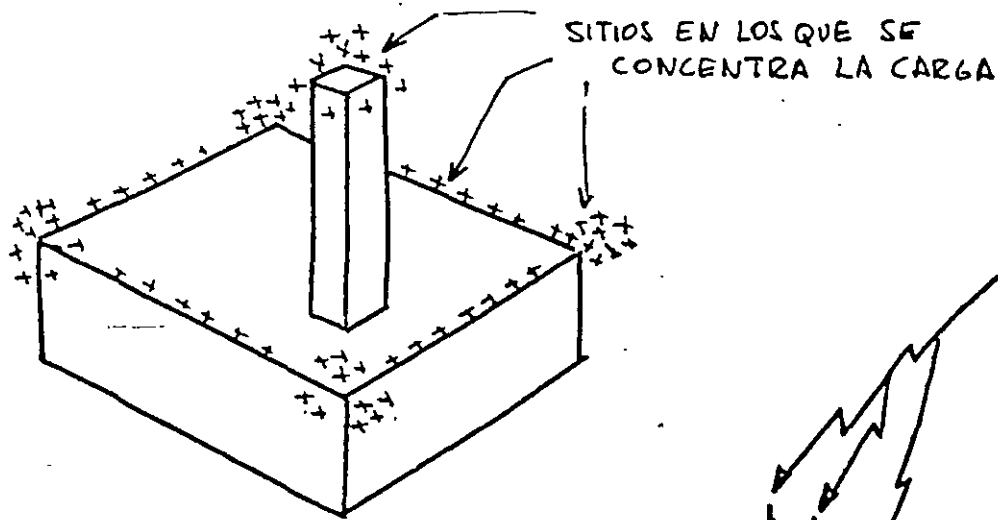


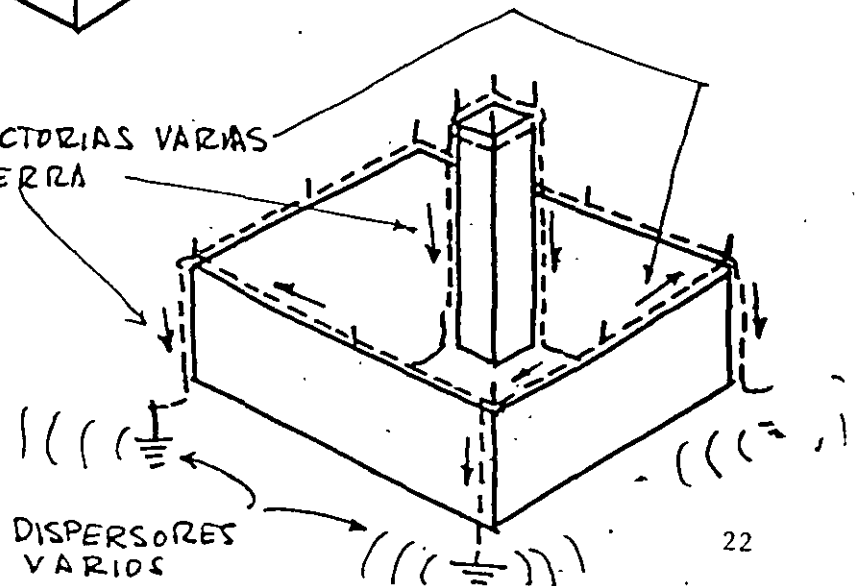
Figure 6-3.3.2. Zone of Protection for Mast Height "H" Exceeding 50 Feet (15m).

SISTEMA FARADAY :-

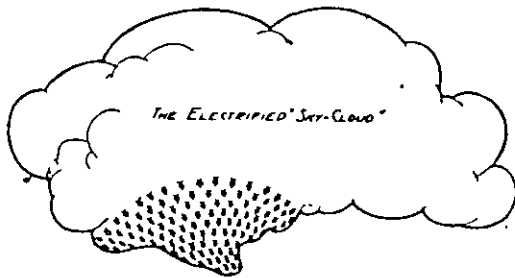
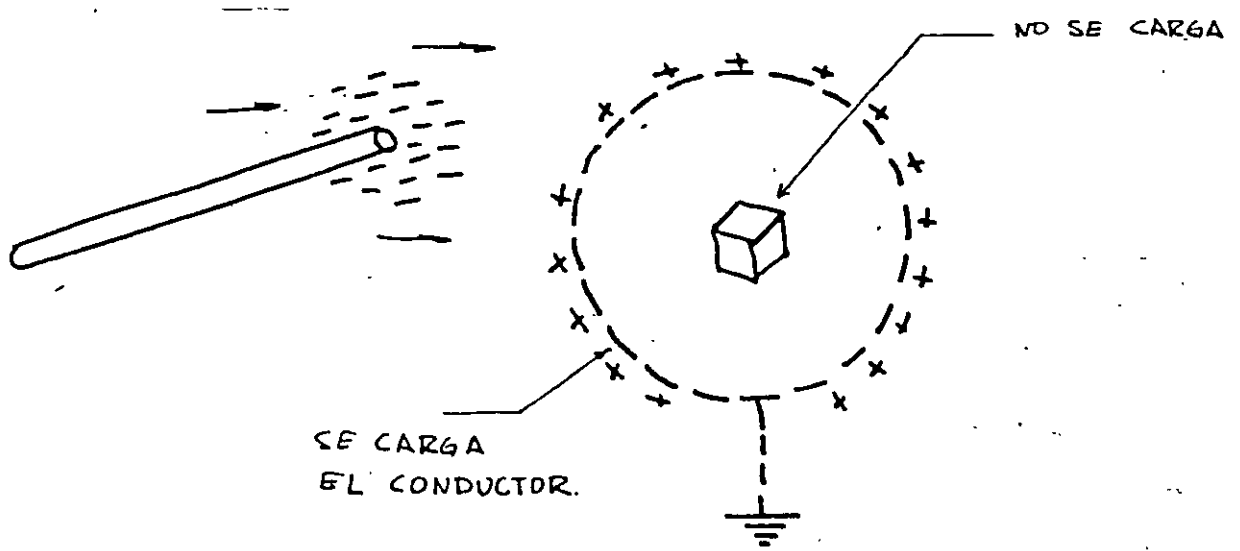
- PRINCIPIO:
- ELEMENTOS RECEPTORES EN LOS SITIOS DE CONCENTRACION ELECTROSTATICO.
 - BLINDAJE ELECTROSTATICO



TRAYECTORIAS VARIAS A TIERRA



• BLINDAJE ELECTROSTATICO

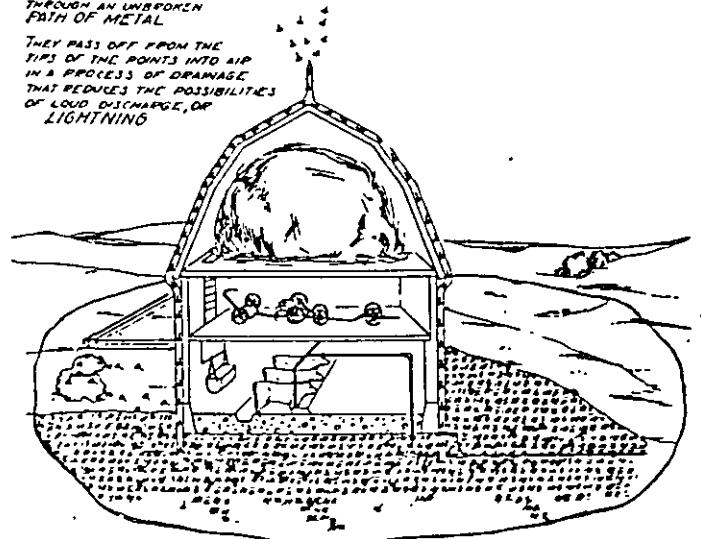
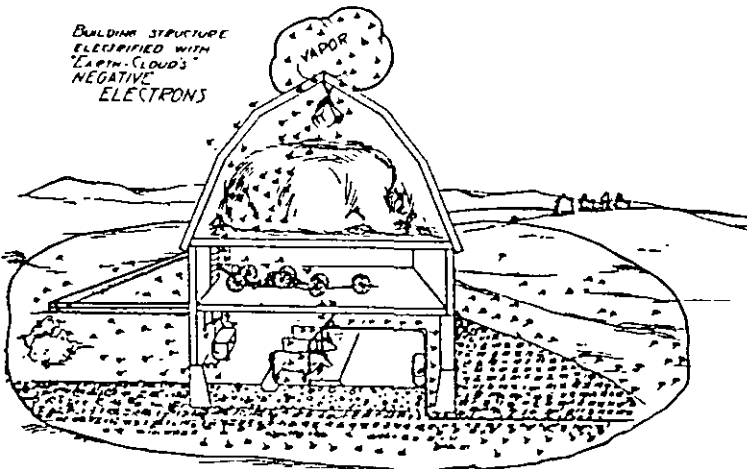


GAP BETWEEN "Sky-Cloud"
AND
"Earth-Cloud"



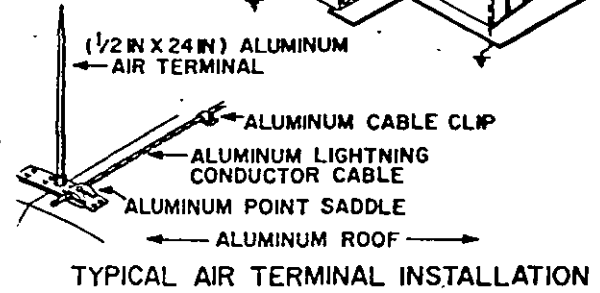
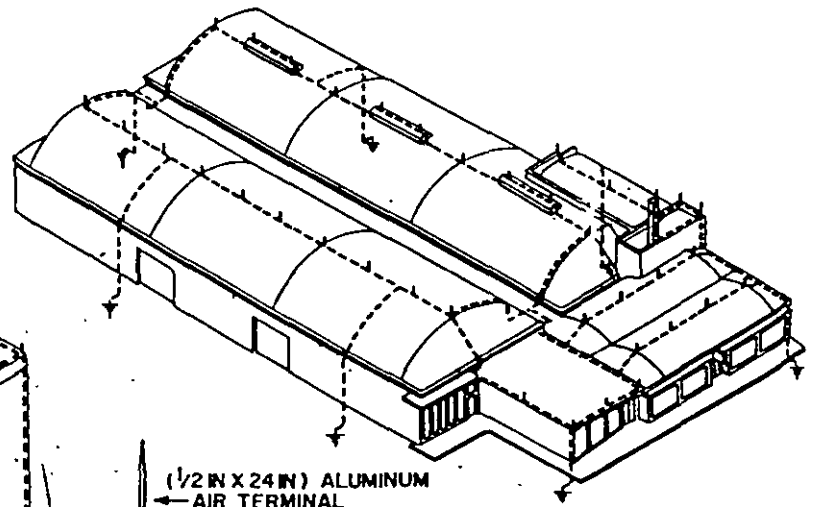
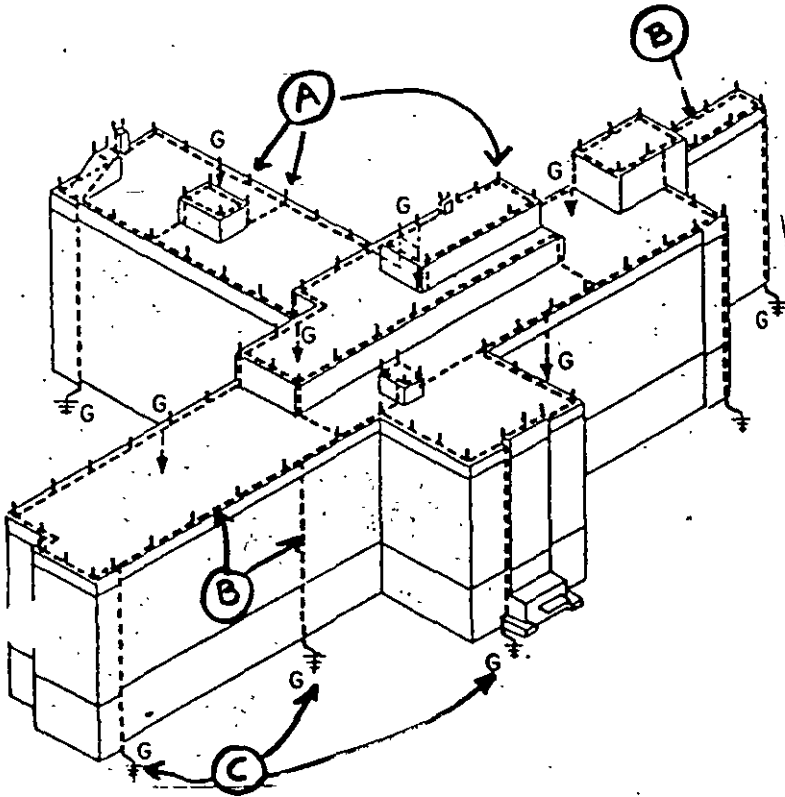
EARTH-CLOUD'S
NEGATIVE ELECTRONS
ARISE FROM THE GROUND
THROUGH AN UNBROKEN
PATH OF METAL

THEY PASS OFF FROM THE
TIPS OF THE POINTS INTO AIR
IN A PROCESS OF DRAINAGE
THAT REDUCES THE POSSIBILITIES
OF LOUD DISCHARGE, OR
LIGHTNING



SISTEMA FARADAY.

EJEMPLOS



VENTAJAS:-

- SEGURIDAD

- REGLAMENTADO → (1904).

- EXPERIMENTADO

- NORMALIZADO :

- UNDERWRITER'S LABORATORIES

↳ UL 96A

- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION

↳ NFPA-78-

- ANSI.-

- IEEE

UBICACION PUNTAS :

- LOCALIZACION
- ESPACIAMIENTO
- ALTURA

LOCALIZACION — SITIOS DE INCIDENCIA DEBIDO A
CONCENTRACION DE CARGA EN ELLOS :-

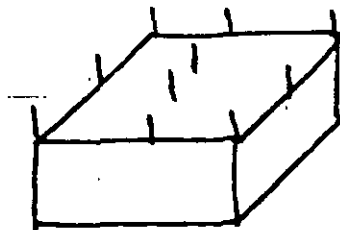
- ESQUINAS
- ARISTAS

• EN LA SUPERFICIE
DE LA AZOTE

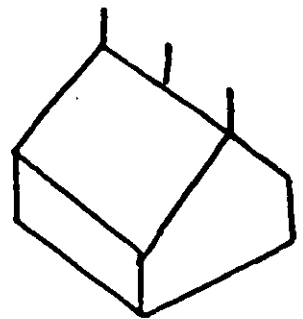
FUNCION DEL TIPO O FORMA
DEL TECHO

CASIFICACION
DE TECHOS:-

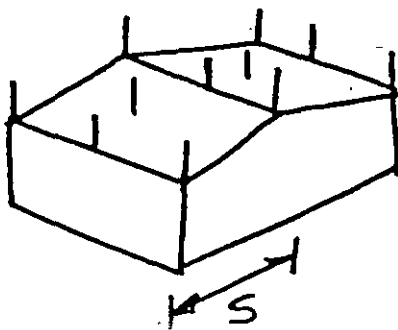
1) PLANO



2) INCLINADO



2) PENDIENTE LIGERA



CONDICIONES:

$S < 12m$ Y PENDIENTE $\leq \frac{1}{8}$

$S > 12m$ Y PENDIENTE $\leq \frac{1}{4}$

SISTEMAS DE PROTECCION VS DESCARGAS ATMOSFERICAS

INSTALACION

DE ACUERDO CON
NFPA-78
UL96A

ELEMENTOS de ANALISIS:-

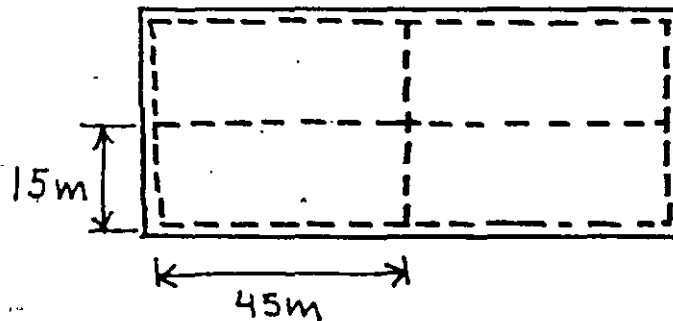
- 1 - UBICACION de PUNTAS
- 2 - TRAYECTORIA de CONDUCTORES
- 3 - UBICACION de ELECTRODOS de TIERRA
- 4 - CONEXIONES ADICIONALES
- 5 - SISTEMAS de INSTALACION
- 6 - ESPECIFICACION de MATERIALES.

TRAYECTORIA CONDUCTORES :-

• HORIZONTALES

CONDICIONES :-

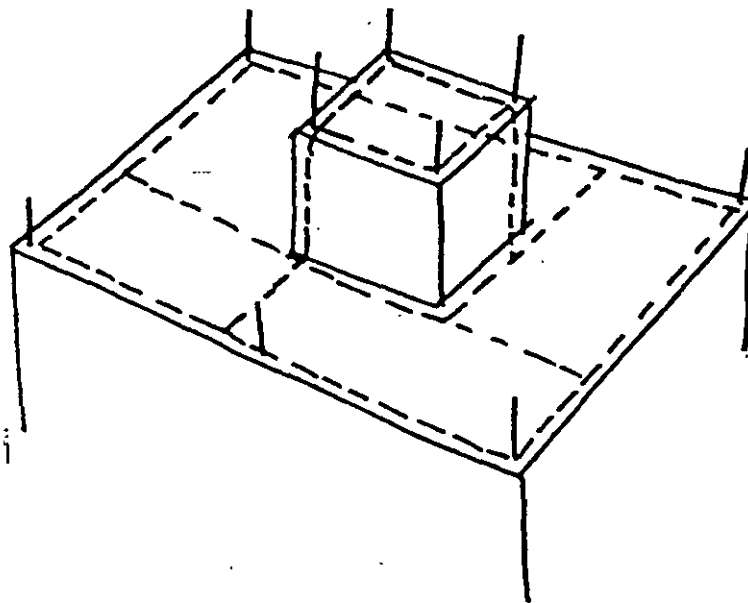
- 1) RED CERRADA QUE INTERCONECTA PUNTAS
- 2) 2 TRAYECTORIAS DIRECTAS A TIERRA (SIN CURVAS -ASCENDENTES, DESDE CADA PUNTA
- 3) RADIO CURVATURA MINIMA = 20 CM.
- 4) ESTABLECER REDES INTERIORES CERRADAS DE DIMENSIONES MAXIMAS 15x45m.



- 5) SUJECION: CADA 90 CM.

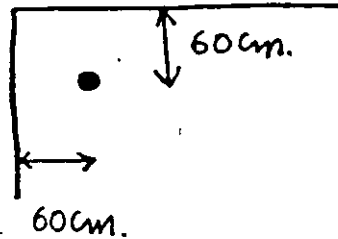
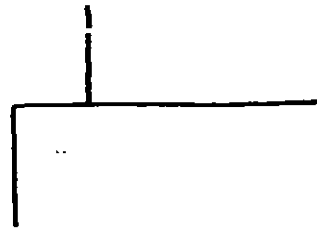
EJEMPLOS :

1) RED CERRADA

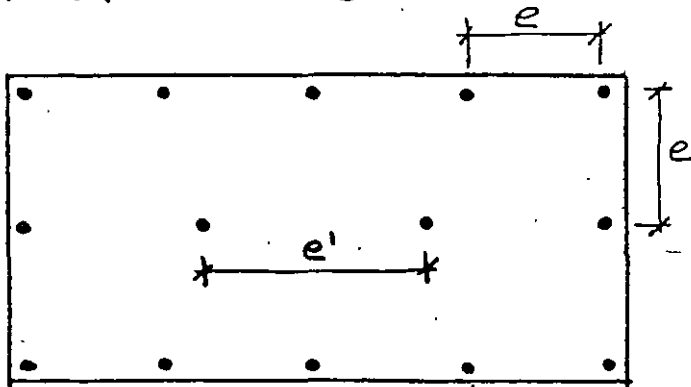


ESPACIAMIENTO PUNTAS

DEL LIMITE DEL CONTORNO:



ENTRE PUNTAS



$e \leq 6m$ HASTA ALTURAS DE PUNTA DE 60cm.

$e \leq 7.62m$ HASTA ALTURA DE PUNTA MAS DE 60cm

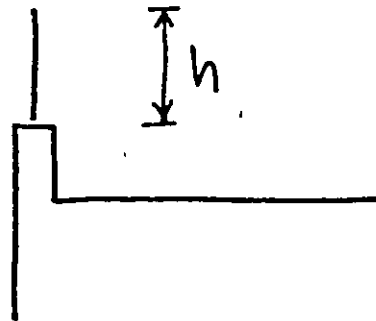
$e' \leq 15m.$

ALTURA PUNTAS

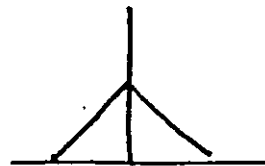
h:

$$90cm > h > 25cm$$

DEL OBJETO O
CONTORNO PROTEGIDO



$h > 60cm \rightarrow$ TRIDIE



TRAYECTORIA CONDUCTORES.

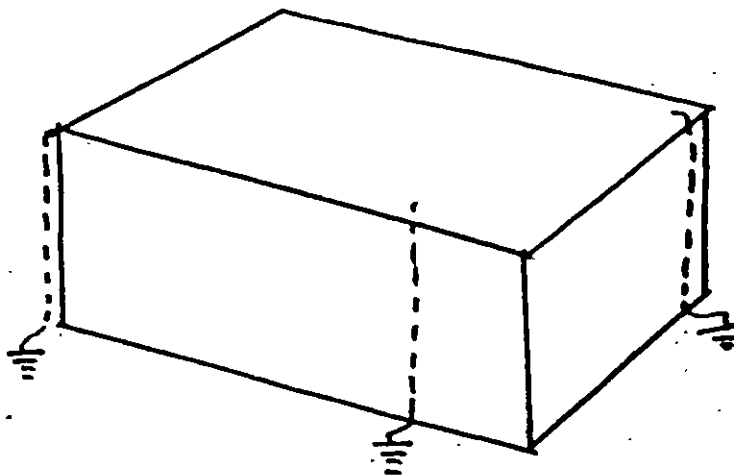
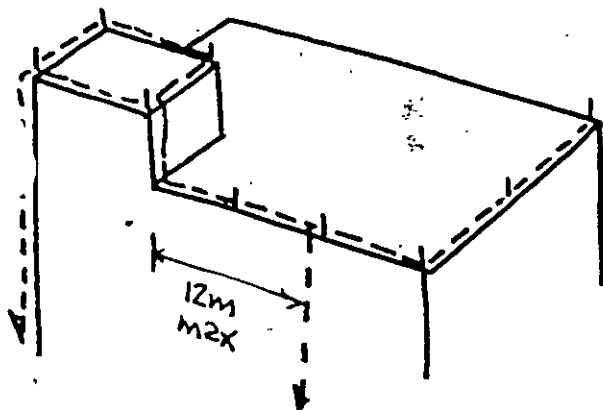
- VERTICALES.

CONECTAN RED HORIZONTAL A TIERRA

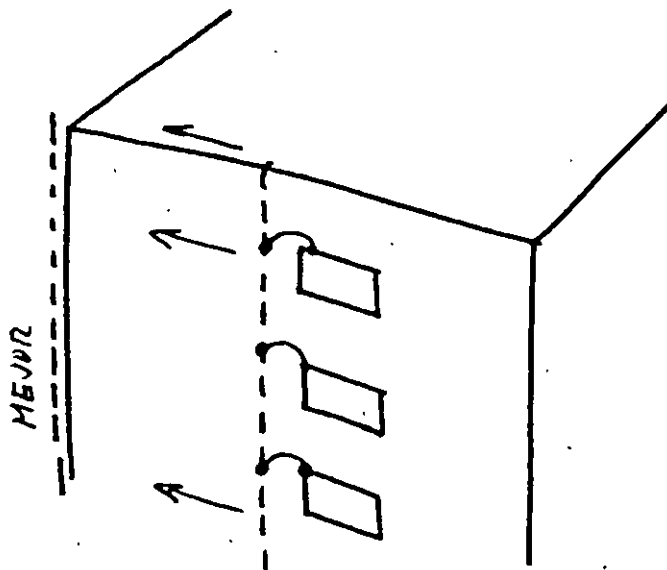
LOCALIZACION:

- CERCA UBICACION TIERRAS

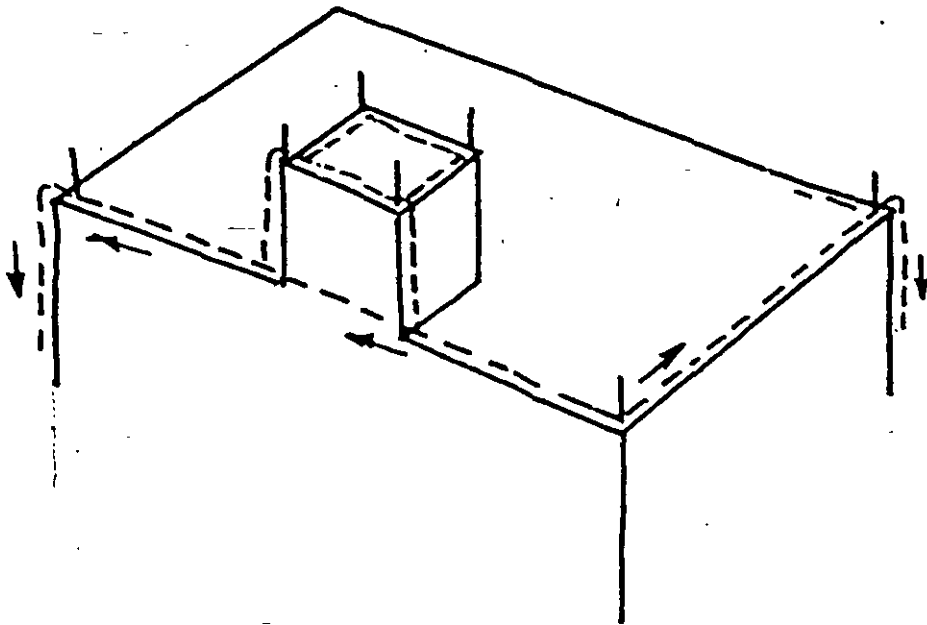
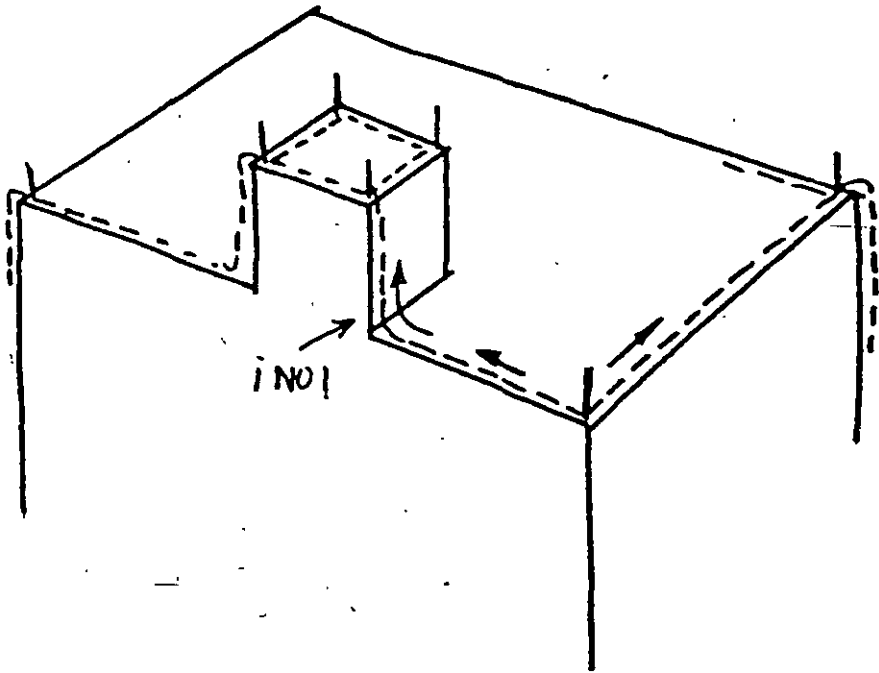
- TRAYECTORIAS DIRECTAS

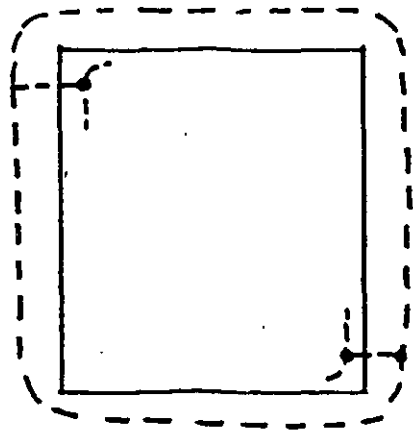


- UBICACION CUERPOS METALICOS

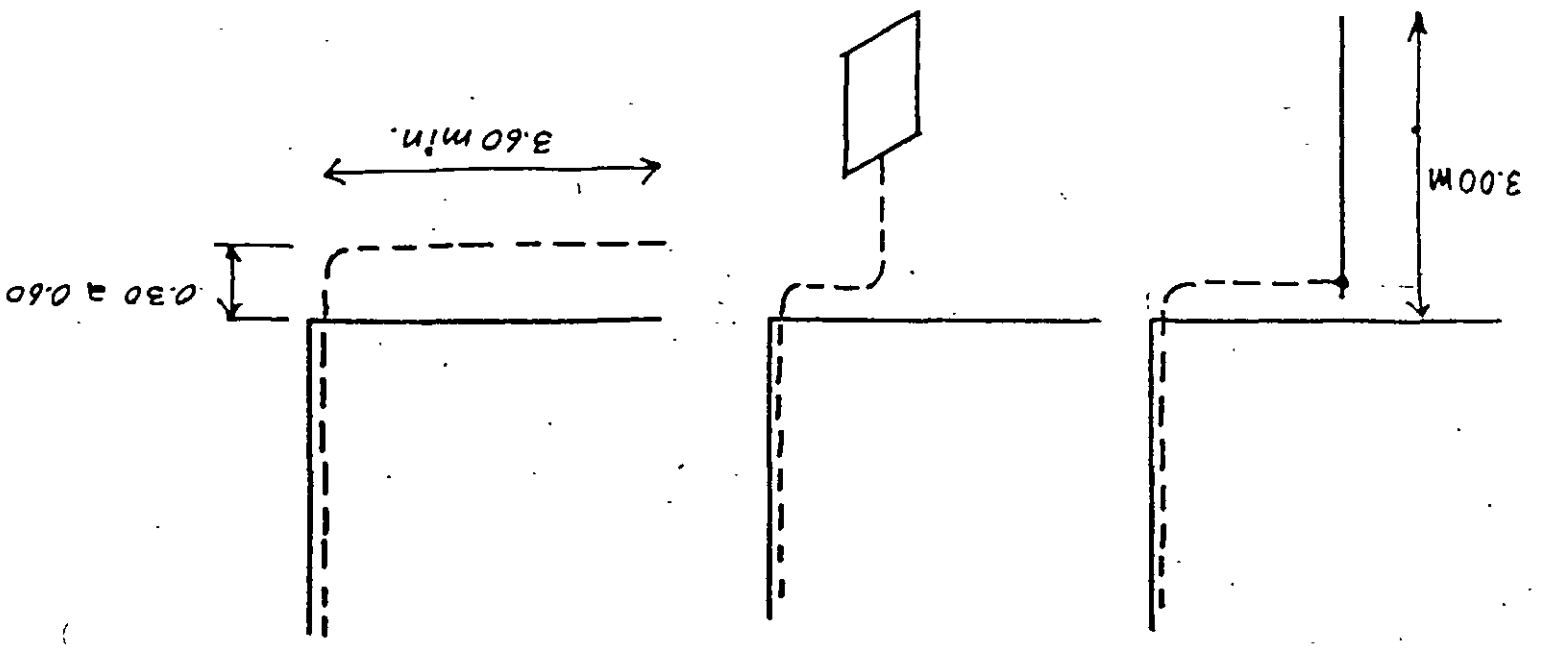


2) TRAYECTORIA DOBLE





CONDICIONES CRITICAS: ←



MEDIOS de CONEXION a TIERRA:

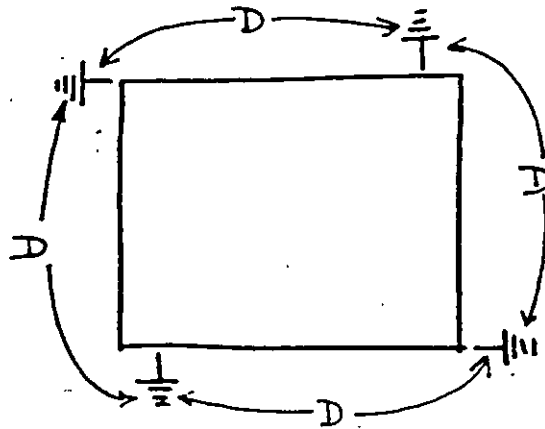
CONEXIONES A TIERRA.

OBJETIVO:

- PERMITIR QUE LA CONCENTRACION DE CARGA PREVIA A LA DESCARGA, QUE OCURRE EN EL TERRENO, TENGA ACCESO A LOS CONDUCTORES VERTICALES PARA FLUIR HASTA LAS PUNTAS.
- DISIPAR LA CORRIENTE DE LA DESCARGA EN EL TERRENO.

CONDICIONES :

1) ESPACIAMIENTO UNIFORME

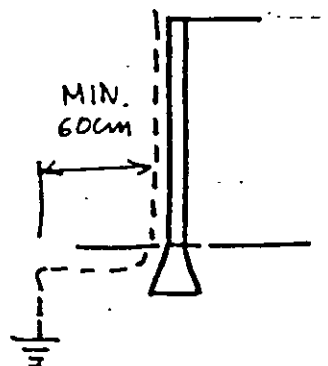
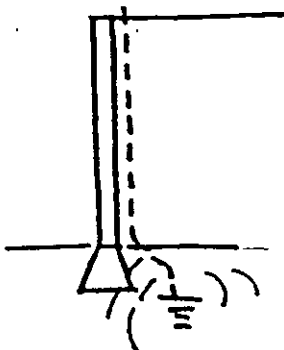


2) DISIPACION FACIL

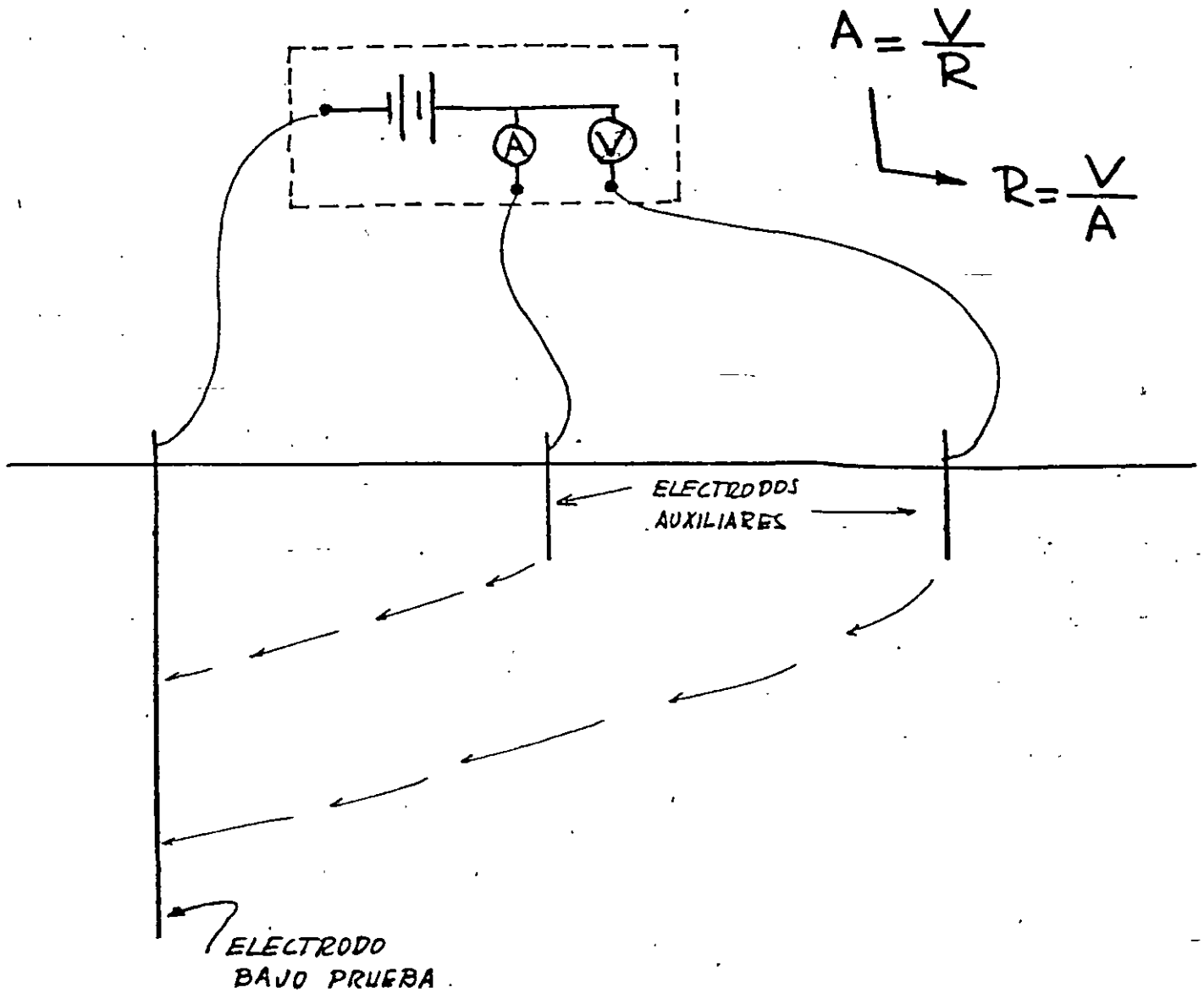
↳ NECESARIO : BAJA RESISTENCIA EN CONEXION.

↳ UL: 50Ω

SIN OBSTACULOS CERCANOS:



MEDICION RESISTENCIA a TIERRA

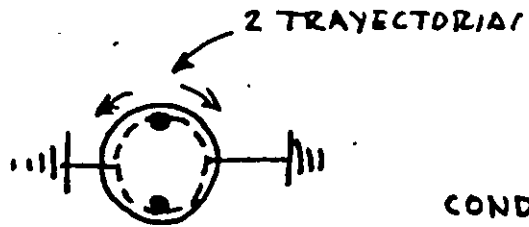


CANTIDAD y UBICACION TIERRAS

ES FUNCION DEL PERIMETRO PROTEGIDO

MINIMO → 2

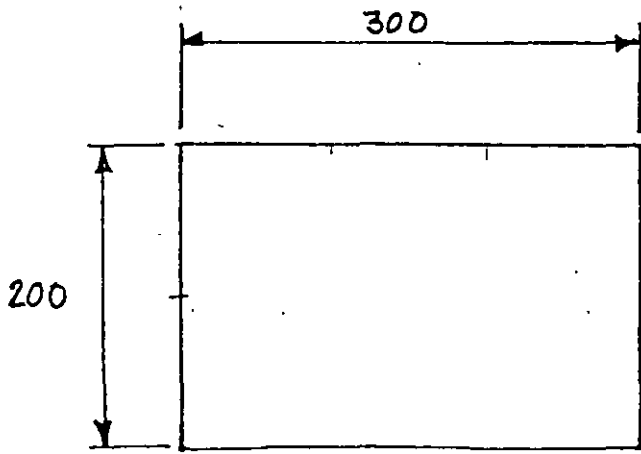
HASTA PERIMETRO DE 75 m.



CONDICION:
OPUESTAS

MAS DE 75 m: → 1 TIERRA ADICIONAL POR CADA 30 m.
EXTRAS DE PERIMETRO

EJEMPLO:-



$$\text{LONG: } 200 + 200 + 300 + 300 = 1000 \text{ m}$$

Nº TIERRAS:-

2 PARA 75 m.

PARA EL RESTO:

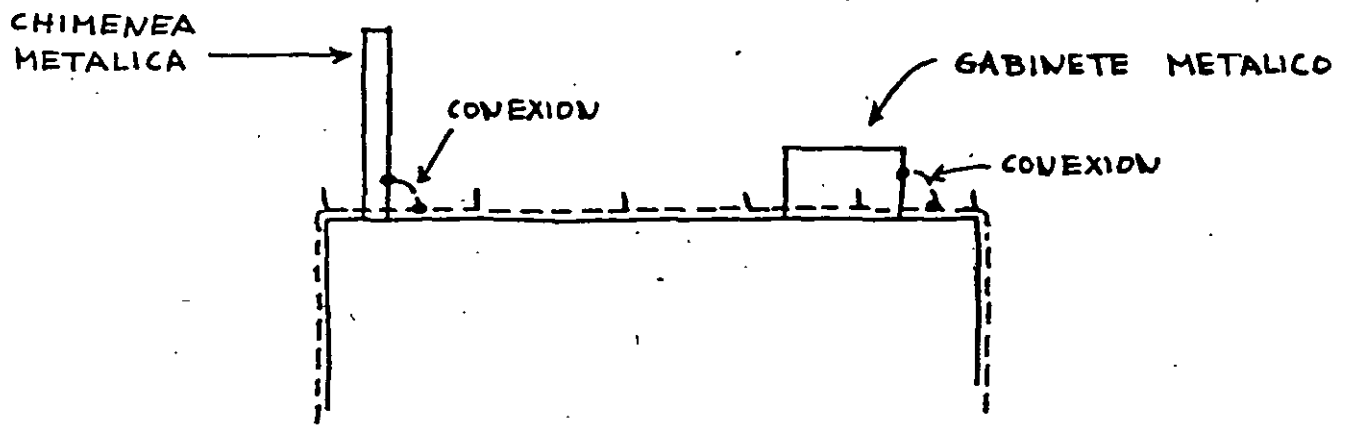
$$31 = \frac{1000 - 75}{30}$$

33 TIERRAS

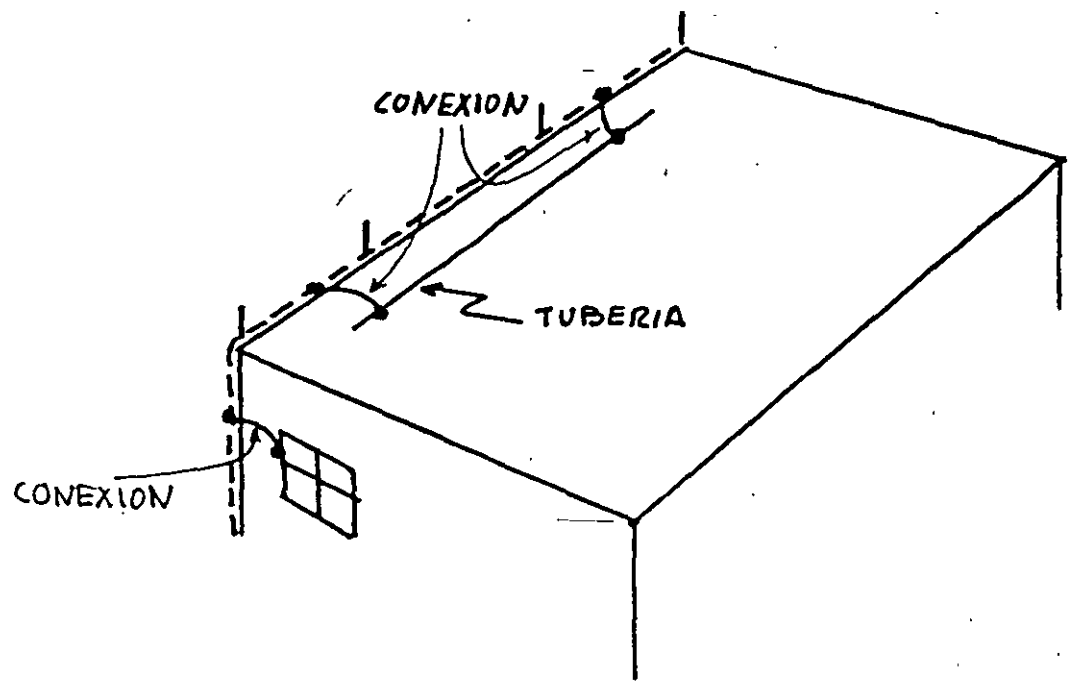
UNIFORMEMENTE
ESPACIADAS.

CONEXIONES ADICIONALES

-) CUERPOS METALICOS QUE PUEDAN RECIBIR UNA DESCARGA DIRECTA.



-) CUERPOS METALICOS CERCANOS AL SISTEMA (MENOS DE 1.80m) EN LOS QUE, AL CIRCULAR UNA CORRIENTE POR ÉSTE, SE ORIGINE EN ELLOS UNA ΔV INDUCIDA QUE PUEDA MOTIVAR UNA "DESCARGA LATERAL".



INTERCONEXIONES

- CON SISTEMAS PUESTOS A TIERRA

- ELECTRICOS
- COMUNICACIONES
- TUBERIAS

AGUA
GASES

CONDICION: ELECTRODOS INDEPENDIENTES

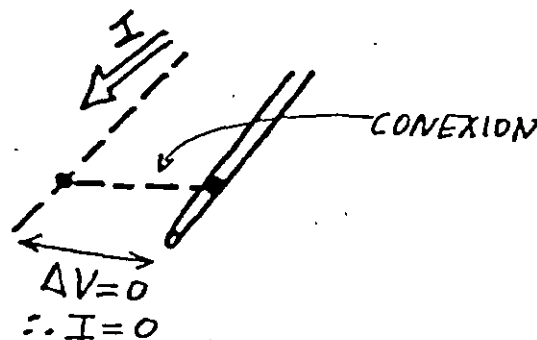
INSTALACIONES ELECTRICAS:

ROIE ART-

OBJETIVO:

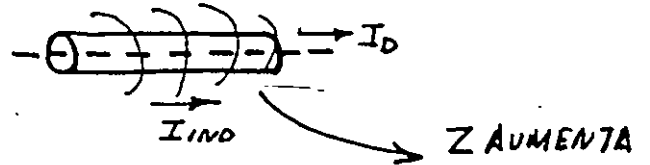
MISMO POTENCIAL A TIERRA

ANULAR POSIBILIDAD DESCARGA LATERAL



SISTEMAS de INSTALACION

- APARENTE (PREFERIBLE)
- OCULTO (DUCTOS NO METALICOS)



- ESTRUCTURALES



CONDUCTIVIDAD TOTAL GARANTIZADA

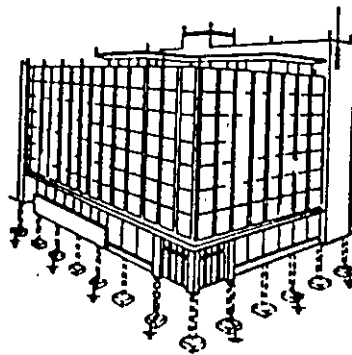


Fig. 2. Steel building: Steel framing in tall buildings should be connected to air terminals. This type of structure requires special lightning protection.

MATERIALES



DENTRO NORMAS ESPECIFICAS "U.L."



TIPO DE CONDUCTOR: FUNCION DE ALTURA

DE 22.86m (75') EN ADELANTE,
MAYOR CALIBRE



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUTIVOS DE UNA INSTALACIÓN ELECTRICA

**EXPOSITOR: ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

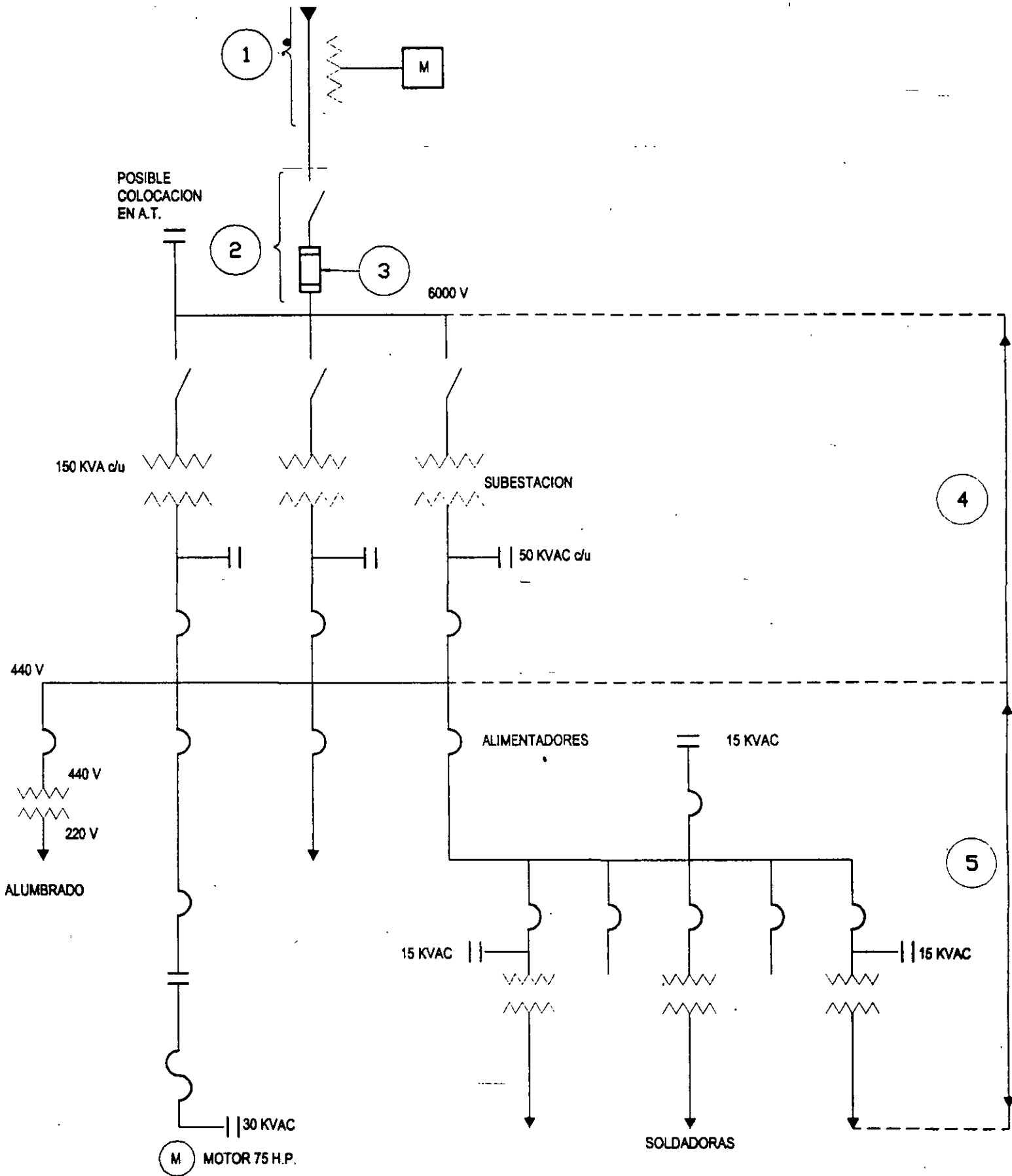


FIGURA 1

instalación alimentada.

2 y 3.- Dispositivos de desconexión y protección principal.- El 2o. y 3o. elementos están normalmente integrados en un solo dispositivo, ya que de acuerdo con las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas indican que la entrada de servicio debe tener un elemento que permita desconectar a todos los conductores de la instalación alimentada, así como un medio de protección contra sobrecorriente.

4 y 5.- Sistema de distribución.- El siguiente elemento o sea el sistema de distribución, se acostumbra dividir en primario y secundario, de acuerdo con la característica de que la tensión de suministro se transforme o no en la instalación alimentada, o también de acuerdo con las diferentes fases que se planeen en la distribución. Este sistema está integrado por:

- * Los circuitos derivados.
- * Los tableros de distribución.
- * Los alimentadores.

6.- Dispositivos de utilización o cargas.- Este será el dispositivo de nuestro sistema que nos representará al conjunto de elementos que usarán la energía eléctrica del sistema.

ANALISIS DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS.

a) Cargas.- El análisis de la instalación eléctrica la desarrollaremos a partir del último elemento, o sean los dispositivos de utilización o cargas.

La carga se define como cualquier dispositivo adecuado para absorber o transformar la energía eléctrica, ya sea en energía luminosa (lámparas), energía mecánica (motores), energía térmica (calefactores), o en cualquier otra forma de energía, por lo que estos elementos constituyen los dispositivos de utilización de energía eléctrica.

Las cargas de acuerdo a su fuente de alimentación se clasifican como sigue:

1.- Cargas en el sistema normal.

2.- Cargas en el sistema de emergencia.

La primera de ellas nos indica que los dispositivos de utilización o cargas están conectados al sistema de alimentación de la compañía suministradora de energía eléctrica y las segundas son las que estando también conectadas al sistema de alimentación de la compañía suministradora, se consideran básicas para proporcionar los servicios para lo cual han sido instaladas por lo que, en el caso de falla por parte de la compañía suministradora, estas cargas estarán conectadas a un generador de energía eléctrica adicional (planta de emergencia) que les suministrará la energía eléctrica necesaria mientras dure la falla mencionada.

Para analizar las cargas, ya sean de servicio normal o de emergencia, se clasifican de la forma siguiente:

A.- Cargas de alumbrado.

- * Utilitaria.
- * Arquitectónica.

B.- Cargas de aparatos.

* Definida.

* Indefinida.

C.- Cargas de motores.

A.- Cargas de alumbrado.- Estas cargas se han dividido en utilitarias y arquitectónicas.

Cargas de alumbrado utilitarias.

Estas cargas sirven para proporcionar la energía luminosa necesaria para iluminar una determinada superficie y permite la visión a un máximo de velocidad, precisión y facilidad, con un mínimo de esfuerzo y fatiga.

La característica principal de este tipo de carga es que se encuentra uniformemente distribuida en función del nivel de iluminación.

El nivel de iluminación está en función del uso del local y se mide en unidades llamadas luxes. De acuerdo a los diversos usos específicos, existen tablas que indican los niveles de iluminación recomendables, los que se consideran sobre el plano de trabajo, ya sea horizontal, vertical u oblicuo.

En el caso donde el área de trabajo no esté definida, la iluminación se considera sobre un plano horizontal de 75 cm. por encima del suelo.

Los valores dados por estas tablas son considerados como el nivel luminoso mínimo recomendado para cualquier punto sobre el sitio de trabajo y en cualquier momento. Esto significa que una instalación debe ser proyectada de tal manera, que ni la suciedad de las luminarias, lámparas, paredes y techos, ni la distribución normal en la emisión luminosa de las lámparas en sí, hagan disminuir la iluminación en algún momento por debajo del nivel recomendado.

Para diseñar las instalaciones de alumbrado existen dos

métodos que son los siguientes:

- * Método de los lúmenes.
- * Método de punto por punto.

El método de los lúmenes proporciona el nivel medio de luxes mediante la utilización de expresiones realmente sencillas. Cada uno de los factores utilizados en estas expresiones debe ser valorado adecuadamente para la obtención de resultados exactos.

El método de punto por punto lleva en sí un cálculo separado de la contribución de cada luminaria a la iluminación total. Por lo general este método se utiliza principalmente para alumbrado público y para alumbrado con proyectores.

Método de los lúmenes.

Para utilizar este método en la resolución de un problema de alumbrado deberá seguirse la siguiente secuela:

NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO

NIVELES de Iluminación, para locales interiores que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C. — Illuminating Engineering Society. — Mexico Chapter., como resultado de las reuniones que para tal objeto se llevaron a cabo en el Auditorio del edificio número 2 de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, en la Unidad Profesional del Instituto Politécnico Nacional en Zacatenco, D.F., en las cuales estuvieron presentes los representantes de diversas Instituciones, Dependencias Oficiales y Compañías interesadas en la buena iluminación.

La primera columna lleva por encabezado I.E.S. 99% y está formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H.R. Blackwell, publicados por el I.E.S. Lighting Handbook edición 1959, con las dos siguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por un segundo.

La segunda columna S.M.I.I. 95%, está formada por los niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95% y las otras 5 asimilaciones por segundo. Esta columna se determinó por medio de un divisor de conversión, que fue encontrado después de hacer interpolaciones entre curvas dadas por el Dr. Blackwell, para 3 asimilaciones por segundo y para 10 asimilaciones por segundo; usando como parámetro valores de brillantes (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en por ciento.

De estos factores se sacaron los valores apropiados de brillantes (B) para cada tarea visual, teniendo ya estos valores se tomó como dividendo común el valor de (B) para 99% de rendimiento visual y como divisores los valores de (B) para cada rendimiento visual requerido. En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor mínimo en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en México, sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causarían cansancio visual a las personas que trabajan en estos locales y que desarrollan una determinada tarea visual y al mismo tiempo no bajan mucho esos valores, ya que de hacerse así, la eficacia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

El divisor de conversión es 1.75.

En los casos en que el valor de la S.M.I.I. 95% y el de I.E.S. 99% son iguales, significa que es el valor mínimo que se debe recomendar.

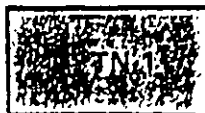
INDICE

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. EDIFICIOS INDUSTRIALES | 5. AREAS COMUNES |
| 2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS | 6. ALUMBRADO EXTERIOR |
| 3. HOSPITALES | 7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS |
| 4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS | 8. ALUMBRADO DE TRANSPORTES |

| | LUXES | |
|--|---------------|-----------------|
| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
| 1. EDIFICIOS INDUSTRIALES | | |
| ACERO (Véase Hierro y Acero) | | |
| ACUMULADORES, MANUFACTURA DE | | |
| Moldeado celdas | 500 | 300 |
| ARCILLA Y CEMENTOS, PRODUCTOS DE | | |
| Molienda, prensa filtrado, hornos de secado, vaciado y devastado | 300 | 200 |
| Esmaltado, pintura y vidriado (Trabajo burdo) | 1000 | 600 |
| Pintura y vidriado (Trabajo fino) | 3000a | 1700a |
| AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE | | |
| Ensamblado bastidor | 500 | 300 |
| Ensamblado chasis | 1000 | 600 |
| Ensamble final e inspección | 2000a | 1100a |
| Manufactura carrocería: | | |
| Ensamblado | 1000 | 600 |
| Partes | 700 | 400 |
| Acabado e inspección | 2000a | 1100a |
| AVIONES, MANUFACTURA DE | | |
| Partes | | |
| Producción | 1000 | 600 |
| Inspección | 2000a | 1100a |
| Acabado de piezas: | | |
| Taladrado, remachado y apretado de tornillos | 700 | 400 |
| CUARTO PINTURA | 1000 | 600 |
| Frazado sobre aluminio, formado partes pequeñas del fuselaje y alas | 1000 | 600 |
| Soldadura: | | |
| Iluminación general | 500 | 300 |
| ILUMINACION LOCALIZADA | 10000 | 6000 |
| Subensamblado: | | |
| Tren de aterrizaje, fuselaje, secciones, alas y otras partes grandes | 1000 | 600 |
| ENSAMBLADO FINAL | | |
| Colocación de motores, hélices, secciones ala y tren de aterrizaje | 1000 | 600 |
| Inspección de la nave ensamblada y su equipo | 1000 | 600 |
| Reparación con máquinas herramientas | 1000 | 600 |
| ASFERRADEROS | | |
| Clasificación de la madera | 2000 | 1700 |
| AZUCAR REFINERIAS DE | | |
| Clasificación | 500 | 300 |
| Inspección color | 2000 | 1100 |
| CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA DE | | |
| Area general de manufactura | 500 | 300 |
| CARBON VERTEDORES DE | | |
| Quebrado, as, cerridos y limpiado | 100 | 60 |
| Selección | 3000a | 1700a |
| CARPINTERIAS | | |
| Trabajo bruto de banco y sierra | 300 | 200 |
| Encolado, cepillado, lijado, trabajo de mediana calidad en máquinas y banco | 500 | 300 |
| Trabajo fino de máquina y banco, lijado y acabado fino | 1000 | 600 |
| CERVEZERAS, INDUSTRIAS | | |
| Elaboración y lavado de barriles | 300 | 200 |
| Llenado de botellas, latas, barriles | 500 | 300 |
| CUARTOS DE CONTROL (Véase Plantas Generadoras) | | |
| DULCES INDUSTRIAS | | |
| Departamento de Chocolate: | | |
| Descascarado, selección, extracción, de aceite, quebrado y refinación alimentación | 500 | 300 |
| Limpieza del grano, selección inmersión, empacado y envoltura | 500 | 300 |
| Molienda | 1000 | 600 |
| Elaboración de crema: | | |
| Mezcla, cocción y moldeado | 500 | 300 |
| Pastillas de goma y jaleas | 500 | 300 |
| Decoración a mano | 1000 | 600 |
| Caramelos: | | |
| Mezcla, cocción y moldeado | 500 | 300 |

| | LUXES | |
|--|---------------|-----------------|
| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
| Corte y selección | 1000 | 600 |
| Elaboración de pesos y envoltura | 1000 | 600 |
| EMPACADORAS DE CARNE | | |
| Moldeado (Rastro) | 300 | 200 |
| Limpieza, desatizado, cocido, molindas, enlatado y empaquetado | 1000 | 600 |
| ENCUADERNACION | | |
| Doblado, ensamblado, empaste, cortado, punzonado y cocido | 700 | 400 |
| Grabado en relieve e inspección | 2000a | 1100a |
| ENLATADORAS DE CONSERVAS | | |
| Clasificación inicial: | | |
| Jitomates | 1000 | 600 |
| Otras muestras | 500 | 300 |
| Clasificación por color (cuartos de corte) | 2000a | 1100a |
| Preparación: | | |
| Selección preliminar: | | |
| Chavacanos y duraznos | 500 | 300 |
| Jitomates | 1000 | 600 |
| Acetunas | 1500 | 900 |
| Cortado y picado | 1000 | 600 |
| Selección final | 1000 | 600 |
| Enlatado | | |
| Enlatado en bandas, sin fin | 1000 | 600 |
| Enlatado estacionario | 1000 | 600 |
| Empacado a mano | 500 | 300 |
| Acetunas | 1000 | 600 |
| Inspección de muestras enlatadas | 2000a | 1100a |
| Manejo de envases: | | |
| Inspección | 2000a | 1100a |
| Etiquetado y empacado | 300 | 200 |
| ENSAMBLADO | | |
| Tosco, fácil de ver | 300 | 200 |
| Tosco, difícil de ver | 500 | 300 |
| Medio | 1000 | 600 |
| Fino | 5000 | 3000 |
| Extrafino | 10000 | 6000 |
| ENSAYOS O PRUEBAS | | |
| General | 500 | 300 |
| Instrumentos, extrafinos, escalas, etc. | 2000a | 1100a |
| EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA DE | | |
| Impregnado | 500 | 300 |
| Aislado, embobinado | 1000 | 600 |
| Pruebas | 1000 | 600 |
| ESTRUCTURAS DE ACERO, MANUFACTURA | | |
| TURA | 500 | 300 |
| EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE | 300 | 200 |
| FORJADO, TALLERES DE | 500 | 300 |
| FUNDICIONES | | |
| Templado (Hornos) | 300 | 200 |
| Limpieza | 300 | 200 |
| Hechura de corazones | | |
| Finos | 1000 | 600 |
| Medianos | 500 | 300 |
| Inspección: | | |
| Fina | 5000a | 3000a |
| Mediana | 1000 | 600 |
| Moldeo | | |
| Mediano | 1000 | 600 |
| Grande | 500 | 300 |
| Colado | 500 | 300 |
| Selección | 500 | 300 |
| Cubilote | 200 | 100 |
| Desmolde | 300 | 200 |
| GALVANOPLASTIA | 300 | 200 |
| GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES | | |
| Taller de Servicio | | |
| Reparaciones | 1000 | 600 |
| Areas activas de tráfico | 200 | 100 |
| Garages para estacionamiento: | | |
| Entrada | 500 | 300 |
| Espacio para circulación | 100 | 100 |
| Espacio para estacionamiento | 50 | 50 |
| GRANJAS | | |
| Establo y Gallinero | 100 | 100 |
| GRABADO (CERA) | 2000a | 1100a |

| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% | | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
|---|---------------|-----------------|---|---------------|-----------------|
| GUANTES, MANUFACTURA DE | | | LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE: | | |
| Planchado y cortado | 3000a | 2000a | Checado y selección | 500 | 300 |
| Tejido y clasificado | 1000 | 600 | Lavado en seco, húmedo y vaporizado | 500 | 300 |
| Cosido e inspección | 5000a | 3000a | Inspección y desmanchado | 5000a | 3000a |
| HANGARES | | | Composturas y modificaciones | 2000a | 1100a |
| Servicio de reparación únicamente | 1000 | 600 | Planchado | 1500 | 900 |
| HIELO, FABRICAS DE | | | LAVANDERIAS | | |
| Cuarto de compresores y máquinas | 200 | 100 | Lavado | 300 | 200 |
| HIERRO Y ACERO, MANUFACTURA DE | | | Planchado de blancos, pesado, hacer listas, marcado | 500 | 300 |
| Hornos de hogar abierto: | 100 | 60 | Planchado a máquina y selección | 700 | 400 |
| Patio de almacenaje | | | Planchado fino a mano | 1000 | 600 |
| Piso de carga | 200 | 100 | LLANTAS DE HULE Y CAMARAS: MANUFACTURA DE | | |
| Resbaladera de vaciado: | | | Preparación materia prima: | | |
| Fosos de escoria | 200 | 100 | Plasticación, molienda y Banbury | 300 | 200 |
| Plataformas de control | 300 | 200 | Prensado en calandra | 500 | 300 |
| Patio de moldes | 50 | 30 | Preparación de la Tela: | | |
| Colado | 300 | 200 | Cortado y construcción de cejas | 500 | 300 |
| Almacenamiento de coladas | 100 | 60 | Máquinas para las cámaras y recubierto | 500 | 300 |
| Bodega de pesado | 100 | 60 | Construcción de llantas: | | |
| Reparaciones | 300 | 200 | Llantas sólidas | 300 | 200 |
| Patio de desmolde | 200 | 100 | Llantas neumáticas | 500 | 300 |
| Patio de chatarra | 100 | 60 | Departamento de vulcanización: | | |
| Edificio de mezcla | 300 | 200 | Cámaras y llantas | 700 | 400 |
| Edificio de Calcinación | 100 | 60 | Inspección final | 2000a | 1100a |
| Bola rompedora | 100 | 60 | Envoltura | 500 | 300 |
| Molinos de laminación de: | | | MOLINOS DE HARINA | | |
| Lingote, planchas, soleras y láminas en caliente | 300 | 200 | Rodillos, cernidores, purificadores | 500 | 300 |
| Laminación en frío de placas | 300 | 200 | Empacado | 300 | 200 |
| Tubo, varilla alambón | 500 | 300 | Control de producción | 1000 | 600 |
| Hierro estructural y planchas | 300 | 200 | Limpieza, cargadores, andenes, tolvas | 300 | 200 |
| Molinos de laminación de hojalata: | | | PAN, INDUSTRIAS DE | | |
| Estañado y galvanizado | 500 | 300 | Cuarto de mezclado | 500 | 300 |
| Laminación en frío | 500 | 300 | Cuarto de fermentado | 300 | 200 |
| Cuarto de motores y máquinas | 300 | 200 | Formado: | | |
| Inspección | | | Pan blanco | 300 | 200 |
| Rebabeo de lámina negra, lingotes y billetes | 1000 | 600 | Pastelillos y pan dulce | 500 | 300 |
| Hojalata y otras superficies brillantes | 1000j | 600j | Cuartos de hornos | 300 | 200 |
| HULE, PRODUCTO DE | | | Re lleno y otros ingredientes | 500 | 300 |
| Preparación de la materia prima: | | | Decorador: | | |
| Plasticación, molienda y Banbury | 300 | 200 | Mecánico | 500 | 300 |
| Prensado en calandra | 500 | 300 | Manual | 1000 | 600 |
| Preparación de la tela | | | Básculas y termómetros | 500 | 300 |
| Cortado y tubos flexibles | 500 | 300 | Envoltura | 300 | 200 |
| Productos por extrusión | 500 | 300 | PAPEL MANUFACTURA DE | | |
| Productos moldeados y vulcanización | 500 | 300 | Bastidores, molinos, calandras | 300 | 200 |
| Inspección | 2000a | 1100a | Acabado, cortado, recorte y máquinas para hacer el papel | 500 | 300 |
| JABONES, MANUFACTURA DE | | | Contado a mano, lado húmedo de la máquina de papel | 700 | 400 |
| Paño, corte, escamas de jabón y detergentes en polvo | 300 | 200 | Carrete máquina de papel, inspección y laboratorio | 1000 | 600 |
| Troquelado, envoltura y empaque, llenado y detergentes en polvo | 500 | 300 | Enrollado | 1500 | 900 |
| LACTEOS, PRODUCTOS | | | PIEL, MANUFACTURA DE (TENERIAS) | | |
| Industria líquida | | | Limpieza, curtido y estirado, pailas | 300 | 200 |
| Cuarto marmitas y almacén botellas | 300 | 200 | Cortado, descarnado y secado | 500 | 300 |
| Botellas | 500 | 300 | Acabado | 1000 | 600 |
| Lavadoras botellas | f | f | PIEL, TRABAJO SOBRE | | |
| Lavadores latas | 300 | 200 | Planchado, trenzado y barnizado | 2000 | 1100 |
| Equipo refrigeración | 300 | 200 | Clasificación, igualado, cortado y cosido | 3000 | 1700 |
| Llenado - Inspección | 1000 | 600 | PIEDRA, TRITURADO Y CERNIDO DE | | |
| Manómetros y tableros de medidores (sobre carátula) | 500 | 300 | Transportadores de bandas, espacios de descargo del tiro, cuarto de tolvas, interior de los depósitos | 100 | 60 |
| Laboratorios | 1000 | 600 | Cuarto de quebradoras primarias, quebradoras auxiliares debajo de los depósitos | 100 | 60 |
| Pasteurizadores | 300 | 200 | Cernidores | 200 | 100 |
| Separadores y cuartos refrigerados | 300 | 200 | PINTURAS, MANUFACTURA DE | | |
| Tanques, cubas | 500 | 300 | Iluminación general | 300 | 200 |
| Termómetro (sobre carátula) | 500 | 300 | Comparación de las mezclas con las muestras y patrones | 2000j | 1100j |
| Cuarto para pesar (iluminación qual) | 300 | 200 | PINTURAS, TALLERES DE | | |
| Básculas | 700 | 400 | Fritura por inmersión o baño con pistola de aire - smalte a fuego | 500 | 300 |
| LAMINA DE HIERRO Y ACERO, TRABAJO EN FRIO | | | | | |
| Prensar máquinas, troqueladora, trabajo en caliente de banco | 500 | 300 | | | |
| Prensado y rechapado | 500 | 300 | | | |
| Inspección de estañado y galvanizado | 2000j | 1100j | | | |
| Troquelado | 2000j | 1100j | | | |



LUXES

I.E.S.
99%S.M.I.I.
95%

| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
|--|---------------|-----------------|
| Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado acabado especial y con plantilla | 500 | 300 |
| Acabado de pintura a mano: | | |
| Trabajo fino | 1000 | 600 |
| Trabajo extra fino (carrocerías, pianos) | 3000a | 1700a |
| PLANTAS GENERADORES | | |
| Equipo de acondicionamiento de aire, precalentadores y piso de ventiladores, exclusión de cenizas | 100 | 60 |
| Auxiliares, sala de acumuladores, bombas alimentadoras de calderas, tanques, compresores y área de manómetros | 200 | 100 |
| Plataformas calderas | 100 | 60 |
| Plantas quemador | 200 | 100 |
| Cuarto de cables, nave de bombas o circuladores | 100 | 60 |
| Transportador carbón, quebradores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transbordo | 100 | 60 |
| Condensadores, piso de areadores, piso evaporador y piso calentadores | 100 | 60 |
| Cuarto de control: | | |
| Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección del "Duplex" viendo hacia el operador: | | |
| Tipo A.-Cuarto de control largo, 170 cms., sobre el piso | 500 | 300 |
| Tipo B.-Control de cuarto ordinario, 170 cms., sobre el piso | 300 | 200 |
| Sección de "Duplex" viendo desde cualquier ángulo | 300 | 200 |
| Pupitre de distribución (nivel horizontal) | 500 | 300 |
| Área dentro de los tableros "Duplex" | 100 | 60 |
| Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical) | 100 | 60 |
| Alumbrado de emergencia en cualquier área | 30 | 20 |
| Tableros despachadores | | |
| Plano horizontal (nivel de la mesa) | 500 | 300 |
| Superficie vertical del tablero (1.25 M. sobre el piso viendo hacia el operador): | | |
| Cuarto despachador sistema de carga | 500 | 300 |
| Cuarto despachador secundario | 300 | 200 |
| Área para tanques de hidrógeno y bixóxido de carbono | 200 | 100 |
| Laboratorio químico | 500 | 300 |
| Precipitadores | 100 | 60 |
| Casa de rejillas | 200 | 100 |
| Plataforma, sopladores de hojín o escoria | 100 | 60 |
| Cabezales para vapor y válvulas | 100 | 60 |
| Cuarto de interruptores de potencia | 200 | 100 |
| Cuarto para equipo telefónico | 200 | 100 |
| Túneles o galerías para tubería | 100 | 60 |
| Subsuelo (parte inferior turbina) | 200 | 100 |
| Cuarto de turbinas | 300 | 200 |
| Áreas para tratamiento de agua | 200 | 100 |
| Plataforma para visitantes | 200 | 100 |
| PULIDORAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA | | |
| Hornos manuales, tanques de hervido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios | 300 | 200 |
| Hornos mecánicos, generadores y destiladores, secadores mecánicos, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos, decoración | 300 | 200 |
| Tanques para cocción, extractores, coladoras, trituradoras, celdas electrolíticas | 300 | 200 |
| SOMBTEROS; MANUFACTURA DE | | |
| Teñido, tensado, galoneado, limpiado y refinado | 1000 | 600 |
| Fornido, cabibrado, realizado, terminado y planchado | 2000a | 1100a |
| Cosido | 5000a | 3000a |
| SOLDADURA | | |
| Iluminación general | 500 | 300 |
| Soldadura Manual de precisión con arco | 10000a | 6000a |

LUXES

I.E.S.
99%S.M.I.I.
95%

| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
|--|---------------|-----------------|
| TABACO, PRODUCTOS DE | | |
| Secado, desmondamiento (iluminación general) | 300 | 200 |
| Clasificación y selección | 2000a | 1100a |
| TALLERES MECANICOS | | |
| Trabajo burdo de maquinaria y banco | 500 | 300 |
| Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerinado burdo, pulido mediano | 1000 | 600 |
| Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerinado mediano, pulido fino | 6000a | 3000a |
| Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerinado fino | 10000a | 6000a |
| TALLERES TEXTILES ALGODON | | |
| Abridores, mezcladoras, batientes | 300 | 200 |
| Cardas y estradoras | 500 | 300 |
| Pabiladoras, veloces, tróviles y cañoneros | 600 | 300 |
| Enrolladores y Engomadores: | | |
| Telas crudas | 500 | 300 |
| Mezclillas | 1500 | 900 |
| Inspección: | | |
| Telas crudas (volteadas a mano) | 1000 | 600 |
| Atado automático | 1500a | 900a |
| Telares | 1000 | 600 |
| Repaso y atado a mano | 2000a | 1100a |
| TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE | | |
| Aljidoras, mezcladoras y batientes | 300 | 200 |
| Clasificación | 1000a | 600a |
| Cardado, peinado y repinado | 500 | 300 |
| Estirado: | | |
| Hilo blanco | 500 | 300 |
| Hilo de color | 1000 | 600 |
| Tróviles | | |
| Hilo blanco | 500 | 300 |
| Hilo de color | 1000 | 600 |
| Torzales | 500 | 300 |
| Devanado | | |
| Hilo blanco | 300 | 200 |
| Hilo de color | 500 | 300 |
| Urdidores | | |
| Hilo blanco | 500 | 300 |
| Hilo blanco (en el peine) | 1000 | 600 |
| Hilo de color | 1000 | 600 |
| Hilo de color (en el peine) | 3000a | 1700a |
| Teñido: | | |
| Telas blancas | 1000 | 600 |
| Telas de color | 2000 | 1100 |
| Cuarto de telas crudas: | | |
| Quitar nudos de la tela | 1500a | 900a |
| Cosido | 3000a | 1700a |
| Doblado | 700 | 400 |
| Acabado húmedo | 500 | 300 |
| Teñido | 1000a | 600a |
| Acabado en seco | | |
| Despelzado, acondicionamiento y planchado | 700 | 600 |
| Cortado | 1000 | 600 |
| Inspección | 2000a | 1100a |
| Doblado | 700 | 400 |
| TALLERES TEXTILES SEDA Y SINTETICOS | | |
| Manufactura: | | |
| Remojado, teñido fugaz y preparación de torcidos | 300 | 200 |
| Debanado, torcido, redevanado y coneras, torcido de fantasía, engomado: | | |
| Hilo claro | 500 | 300 |
| Hilo obscuro | 2000 | 1100 |
| Urdidores (seda) | | |
| En estizola, finales de carrera, devanadora, lanzadera y plegadora | 1000 | 600 |
| Repaso en lisos y en el peine | 2000a | 1100a |
| Teñido | 1000 | 600 |
| TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUÉBLES, ETC | 1000 | 600 |

| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% | | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
|--|---------------|-----------------|---|---------------|-----------------|
| TELA, PRODUCTOS DE | | | EDIFICIOS MUNICIPALES, BOMBEROS Y POLICIA | | |
| Inspección tela | 2000a | 1000a | Policia. | | |
| Cortado | 3000a | 2000a | Archivos de identificación | 1500. | 900 |
| Costura | 500a | 3000a | Celdas y cuartos para interrogatorios | 300 | 200 |
| Planchado | 3000a | 2000a | Bomberos | | |
| TIPOGRAFÍAS, INDUSTRIAS | | | Dormitorios | 200 | 100 |
| Fundición de tipo: | | | Sala recreativa | 300 | 200 |
| Manufactura matrices, acabado de tipos | 1000 | 600 | Garage carros bomba | 300 | 200 |
| Preparación de tipos, selección | 500 | 300 | ESCUELAS | | |
| Fundición | 500 | 300 | Salones de clase | 700 | 400 |
| Impresión | | | Salones de dibujo (sobre retrador) | 1000a | 600a |
| Inspección de colores | 2000a | 1100a | Lectura de movimientos de labios (sordo-mudos), pizarrones, costura | 1500a | 900a |
| Linotipos y cajistas | 1000 | 600 | GALERIAS DE ARTE | | |
| Prensas | 700 | 400 | Iluminación general | 300 | 200 |
| Mesa de formación | 1500 | 900 | Sobre pinturas (localizado) | 300b | 200b |
| Corrección de pruebas | 1500 | 900 | Sobre estatuas y otras exhibiciones | 1000c | 600c |
| Electrotipia. | | | IGLESIAS | | |
| Moldeado, rauteado, acabado, nivelado, moldes y recortado | 1000 | 600 | Altar, retablos | 1000e | 600e |
| Galvanoplastia | 500 | 300 | Coro (D) y presbiterio | 300e | 200e |
| Fotografía: | | | Pulpito (iluminación adicional) | 500e | 300e |
| Grabado al ácido y montado | 500 | 300 | Nave principal de la iglesia (iluminación general) | 150e | 100e |
| Rauteado, acabado, pruebas, entintado | 1000 | 600 | Ventanas emplomadas: | | |
| VIDRIO, FABRICAS DE | | | Color blanco | 500 | 300 |
| Cuarto de Hornos y mezcladoras, prensado, máquinas sopladoras y templado | 300 | 200 | Color mediano | 1000 | 600 |
| Esmerilado, cortado, plateado | 500 | 300 | Color obscuro | 5000 | 3000 |
| Esmerilado fino, biselado, pulido | 1000 | 600 | Ventanal muy denso | 10000 | 6000 |
| Inspección, grabado y decoración | 2000a | 1100a | MERCADOS | | |
| ZAPATOS DE HULE, MANUFACTURA DE | | | Bodegas y Cuartos de Almacenamiento | | |
| Lavado, recubrimiento, molinos de ingre dientes | 300 | 200 | Activos | 200 | 100 |
| Barnizado, vulcanizado, colandras, cortado parte superior y suelas | 500 | 300 | Inactivos | 50 | 50 |
| Rodillos de suelas, procesos de hechura y acabado | 1000 | 600 | Carnicerías, Barbacoas, Pescaderías | 500 | 300 |
| ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE | | | Cocinas (Áreas de trabajo) | 500 | 300 |
| Cortado y costura. | | | Comedores | 300 | 200 |
| Tablas de cortado | 3000a | 1700a | Cuartos de maquinas | 300 | 200 |
| Marcaido, ojalado, adelgazado, seleccion, remendado y contadores | 3000a | 1700a | Ferreterías y Accesorios electricos | 500 | 300 |
| Cosido: | | | Lavadoras para verduras y varios | 500 | 300 |
| Material claros | 500 | 300 | Mercerías, vestidos y zapaterías | 500 | 300 |
| Material oscuros | 3000a | 2000a | Mueblerías y artículos para el hogar | 500 | 300 |
| Hechura y acabado | 2000 | 1100 | Papelarias, libros y juguetes | 500 | 300 |
| 2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS | | | Plataformas de descarga | 200 | 100 |
| AUDITORIOS | | | Sanitarios y baños | 100 | 100 |
| Para exhibiciones | 300 | 200 | Verduras, frutas, flores y plantas | 500 | 300 |
| Para asambleas | 150 | 100 | MUSEOS (Véase Galerías de Arte) | | |
| Para actividades sociales | 50 | 50 | OFICINAS | | |
| BANCOS | | | Proyectos y diseños | 2000 | 1100 |
| Vestibulo (iluminación general) | 500 | 300 | Contabilidad, auditoria, maquinas de contabilidad | 1500 | 900 |
| Pagadores, contadores y recibidores | 1500 | 900 | Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia, archivado activo o continuo | 1000 | 600 |
| Gerencia y Correspondencia | 1500 | 900 | Archivado intermitente o descontinuado | 700 | 400 |
| BIBLIOTECAS | | | Sala de Conferencias, entrevistas, salas de recaso, archivos de poco uso o sean las áreas en las cuales no se exige la fijación de la vista en forma prolongada | 300 | 200 |
| Sala de lectura | 700 | 400 | PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA | | |
| Anaqueles | 300 | 200 | TEATROS Y CINES | | |
| Reparación de libros | 500 | 300 | Sala de espectáculos: | | |
| Archiveros y catalogar | 700 | 400 | Durante intermedios | 50 | 50 |
| Mesa checadora de salidas y entradas de libros | 700 | 400 | Durante exhibición | 1 | 1 |
| CENTRAL DE BOMBEROS (Véase Edificios Municipales) | | | Vestibulo | 200 | 100 |
| CLUBES | | | Sala de descanso (foyer) | 50 | 30 |
| Salas de descanso y de lectura | 300 | 200 | TERMINALES Y ESTACIONES | | |
| CORREOS | | | Salas de espera | 300 | 200 |
| Vestibulos, sobre mesas | 300 | 200 | Oficina de boletos | 1000 | 600 |
| Correspondencia, selección, etc | 1000 | 600 | Oficina de chocar equipaje | 500 | 300 |
| CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES) | | | Vestibulo | 100 | 60 |
| Áreas de asientos (publico) | 300 | 200 | Andenes y Plataformas | 200 | 100 |
| Áreas de actividades propias de la corte | 700 | 400 | 3. HOSPITALES | | |
| | | | Sala de preparación y anestesia | 300 | 200 |

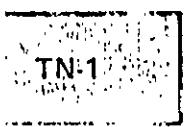


| | LUXES | |
|--|---------------|-----------------|
| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
| Anfiteatro (iluminación gral.) | 200 | 100 |
| Central de instrumentos esterilizados: | | |
| Iluminación general | 300 | 200 |
| Afilado agujas | 1500 | 900 |
| Sala de Cistoscópica: | | |
| Iluminación general | 1000 | 600 |
| Mesa Cistoscópica | 25000 | 14000 |
| Sala dental: | | |
| Cuarto de espera | 300 | 200 |
| Cirugía dental (iluminación gral.) | 700 | 400 |
| Silla dental | 10000 | 6000 |
| Laboratorio (banco de trabajo) | 1000 | 600 |
| Sala de recuperación | 50 | 30 |
| Sala de electroencefalogramas: | | |
| Oficina | 1000 | 600 |
| Cuarto de trabajo | 300 | 200 |
| Sala de espera | 300 | 200 |
| Sala de emergencia: | | |
| Iluminación general | 1000 | 600 |
| Iluminación localizada | 20000 | 9000 |
| Sala de electrocardiogramas, de metabolismo y de muestras: | | |
| Iluminación general | 200 | 100 |
| Mesa de muestras | 500 | 300 |
| Salas de reconocimiento y tratamiento: | | |
| Iluminación general | 500 | 300 |
| Mesas de reconocimiento | 1000 | 600 |
| Sala para ojos, oídos, nariz y garganta: | | |
| Cuarto oscuro | 100 | 60 |
| Cuarto de reconocimiento y tratamiento | 500 | 300 |
| Sala de Fracturas: | | |
| Iluminación general | 500 | 300 |
| Mesa de Fracturas | 2000 | 1100 |
| Laboratorio: | | |
| Cuartos de ensayo | 300 | 200 |
| Mesas de trabajo | 500 | 300 |
| Trabajos más precisos | 1000 | 600 |
| Vestíbulo | 300 | 200 |
| Salas de reposo | 300 | 200 |
| Cuartos para archivar historias clínicas | 1000 | 600 |
| Sala de Rayos X: | | |
| Radiografía y fluoroscopia | 100 | 60 |
| Terapia superficial y profunda | 100 | 60 |
| Cuarto oscuro | 100 | 60 |
| Sala para ver placas | 300 | 200 |
| Archivos, revelado | 300 | 200 |
| Closet de blancos | 100 | 60 |
| Guardería infantil: | | |
| Iluminación general | 100 | 60 |
| Mesa de reconocimiento | 700 | 400 |
| Cuarto de juego, pediátrico | 300 | 200 |
| Obstetricia: | | |
| Cuarto de limpieza (instrumentos) | 300 | 200 |
| Sala de preparación | 200 | 100 |
| Sala de partos (iluminación gral.) | 1000 | 600 |
| Mesa para partos | 26000 | 14000 |
| Farmacia: | | |
| Iluminación general | 300 | 200 |
| Mesa de trabajo | 1000 | 600 |
| Almacén activo | 300 | 200 |
| Cuartos privados y salas comunes: | | |
| Iluminación general | 100 | 60 |
| Iluminación localizada (lectura) | 300 | 200 |
| Área para desequilibrados mentales | 100 | 60 |
| Tratamiento con isótopos radioactivos: | | |
| Laboratorio radioquímico | 300 | 200 |
| Mesa de reconocimiento | 500 | 300 |
| Cirujías: | | |
| Cuarto de limpieza (instrumentos) | 1000 | 600 |
| Sala de operaciones, iluminación general | 1000 | 600 |
| Lavabo de cirujano | 300 | 200 |
| Mesa de operaciones | 25000 | 14000 |
| Sala de restablecimiento | 300 | 200 |
| Terapia: | | |
| Física | 200 | 100 |
| Ocupacional | 300 | 200 |

| | LUXES | |
|--------------------------|---------------|-----------------|
| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
| Salas de espera | 300 | 200 |
| Cuarto utilería | 200 | 100 |
| Puesto de enfermeras: | | |
| Iluminación general | 200 | 100 |
| Escritorio | 500 | 300 |
| Mostrador para medicinas | 1000 | 600 |

4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS

| | LUXES | |
|---|---------------|-----------------|
| | I.E.S. 99% | S.M.I.I. 95% |
| AUTOMOVILES, SALAS DE EXHIBICION | | |
| (Véase tiendas) | | |
| CASAS (Véase residencias) | | |
| Alumbrado nocturno: | | |
| Zonas comerciales principales: | | |
| General | 2000 | 1100 |
| Atracciones principales | 10000 | 6000 |
| Zonas comerciales secundarias: | | |
| General | 2000 | 1100 |
| Atracciones principales | 10000 | 6000 |
| COCINAS (Véase restaurantes o residencias) | | |
| ESCAPARATES (a) | | |
| Alumbrado diurno: | | |
| General | 1000 | 600 |
| Atracciones principales | 5000 | 3000 |
| GASOLINERAS: | | |
| Área de servicio | 300 | 200 |
| Cuarto de ventas | 500 | 300 |
| Estantes | 1000 | 600 |
| HOTELES | | |
| Recámaras: | | |
| Iluminación general | 100 | 60 |
| Para lectura y escritura | 300h | 200h |
| Administración | 500 | 300 |
| Vestíbulo: | | |
| Áreas de trabajo y lectura | 300 | 200 |
| Iluminación general | 100 | 200 |
| Marquesina | 500 | 300 |
| JOYERIA Y RELOJES, MANUFACTURA DE RESIDENCIAS | 5000s | 3000s |
| Tareas visuales específicas (1): | | |
| Juegos de mesa | 300 | 200 |
| Cocina (sobre fregadero u otra superficie de trabajo) | 500 | 300 |
| Lavadero, mesa de planchado | 500 | 300 |
| Cuarto de estudio (sobre escritorio) | 700 | 400 |
| Costura | 1000 | 600 |
| Iluminación general: | | |
| Entradas, halls, escaleras y descanso de escaleras | 100m | 60m |
| Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo o juego | 100m | 60m |
| Cocina, lavandería, cuarto de baño | 300 | 200 |
| RESTAURANTES Y CAFETERIAS | | |
| Área de comedor: | | |
| Cajera | 500 | 300 |
| Del tipo íntimo | | |
| Con ambiente ligero | 100 | 60 |
| Con ambiente acogedor | 30 | 30 |
| Del tipo ordinario: | | |
| Con ambiente ligero | 300 | 200 |
| Con ambiente acogedor | 150 | 100 |
| Del tipo servicio rápido | | |
| Cocina: | | |
| Inspección, etiquetado y precio | 700 | 400 |
| Otras áreas | 300 | 200 |
| SALONES DE BAILES | 50 | 30 |
| TIENDAS (a) | | |
| Áreas de circulación | 300 | 200 |
| Áreas de mercancías: | | |
| Con servicio de vendedores | 1000 | 600 |
| Autoservicio | 2000 | 1100 |
| Mostradores y vitrinas en muro: | | |
| Con servicio de vendedoras | 2000 | 1100 |
| Autoservicio | 5000 | 3000 |



| | I. E. S. 99% | S. M. I. I. 85% |
|--|-----------------|--------------------|
| Atracciones principales. Con servicio de vendedoras Autoservicio | 5000 10000 | 3000 6000 |
| 5. AREAS COMUNES | | |
| BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO | | |
| Inactivas | 50 | 30 |
| Activas | | |
| Piezas toscas | 100 | 60 |
| Piezas medianas | 200 | 100 |
| Piezas finas | 500 | 300 |
| ELEVADORES DE CARGA Y PASAJE | | |
| ROS | 200 | 100 |
| ESCALERAS | 200 | 100 |
| PASILLOS Y CORREDORES | 200 | 100 |
| BAÑOS Y TOCADORES | | |
| Iluminación general | 100 | 60 |
| Espéjo | 300g | 200g |

Dado que en el curso de 10 años, los niveles de iluminación recomendados por el I. E. S., para Alumbrado Exterior, Areas Deportivas y transportes prácticamente no han variado habiendo demostrado durante ese lapso buenos resultados en su aplicación, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A. C. - Illuminating-Engineering Society- México Chapter, aprobó recomendar los mismos niveles de iluminación, teniéndose presente que los lugares en que se aplican, son servicios públicos y en el caso de los espectáculos deportivos, son de paga y susceptibles de televisarse.

| | I. E. S. | S. M. I. I. |
|--|----------|-------------|
| 6. ALUMBRADO EXTERIOR | | |
| ALUMBRADO DE PROTECCION | | |
| Alrededores de áreas activas de embarque | | 50 |
| Alrededores de edificios | | 10 |
| Áreas de almacenamiento activas | | 200 |
| Áreas de almacenamiento inactivas | | 10 |
| Entradas | | |
| Activas (peatones y/o transportes) | | 50 |
| Inactivas (normalmente cerradas, no usadas con frecuencia) | | 10 |
| Límite de propiedad: | | |
| Deslumbramiento por medio de la técnica de protección (Reflectores de dentro hacia afuera) | | 15 |
| Técnica de iluminación general | | 2 |
| Iluminación general áreas inactivas | | 2 |
| Plataformas de carga y descarga | | 200 |
| Ubicaciones y estructuras de importancia | | 50 |
| ASTILLEROS | | |
| Iluminación general | | 50 |
| Caminos, sendas | | 100 |
| Área de construcción | | 300 |
| BANDERAS, ILUMINACION CON PROYECTORES | | |
| (Véase Tableros para boletines y carteles) | | |
| CALLES | | 10 |
| CAMINOS | | 10 |
| CANTERAS | | 50 |
| CARBON, PATIOS PARA (de protección) | | 2 |
| CARRETERAS | | 10 |
| DRAGADO | | 20 |
| EDIFICIOS | | |
| Construcción general | | 100 |
| Trabaja de excavación | | 20 |
| ESTACIONAMIENTOS | | 50 |
| FACHADAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS | | |
| Iluminación con proyectores | | |
| Alrededores brillantes | | |
| Superficies claras | | 150 |
| Superficies medio claras | | 200 |
| Superficies medio oscuras | | 300 |
| Superficies oscuras | | 500 |
| Alrededores oscuros | | |
| Superficies claras | | 50 |

| | LUXES I. E. S. S. M. I. I. |
|--|----------------------------------|
| Superficies medias claras | 100 |
| Superficies medio oscuras | 150 |
| Superficies oscuras | 200 |
| FERROCARRIL, PATIOS DE | |
| De recepción | 2 |
| Clasificación | 3 |
| GASOLINERAS. | |
| Alrededores brillantes | |
| Acceso | 30 |
| Calzada para coches | 50 |
| Áreas bombas de gasolina | 300 |
| Fachadas edificios (de vidrio) | 300 |
| Área de servicio | 70 |
| Alrededores oscuros: | |
| Acceso | 15 |
| Calzadas para coches | 15 |
| Área bombas de gasolina | 200 |
| Fachadas edificio (de vidrio) | 100 |
| Área de servicio | 30 |
| JARDINES (p) | |
| Iluminación general | 5 |
| Senderos, escalones, lejanos de la casa | 10 |
| Parte posterior de la casa, bardas, paredes, árboles, arbustos | 20 |
| Flores, jardines entre rocas | 50 |
| Árboles y arbustos, cuando se quieren hacer destacar | 50 |
| MADERAS PARA CONSTRUCCION, PATIOS DE MUELLES | |
| PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos) | 10 |
| PLANTAS GENERADORAS | 200 |
| Pasarelas | 20 |
| Tiradero de ceniza | 1 |
| Descarga de carbón: | |
| Rampa (Zona de carga y descarga) | 50 |
| Área almacenamiento chalana | 6 |
| Vaciador de carros | 50 |
| Volcador | 50 |
| Área de almacenamiento de carbón | 1 |
| Transportadores | 20 |
| Entradas | |
| Edificio de servicio o generación | |
| Principal | 100 |
| Secundaria | 20 |
| Caseta de compuertas: | |
| Entrada de peatones | 100 |
| Entrada transportadores | 50 |
| Cerca o alambrada | 2 |
| Colectores de entrega del aceite combustible | 50 |
| Tanque de almacenamiento aceite | 10 |
| Patio descubierto | 2 |
| Plataformas Caldera, cubierta de turbina | 50 |
| Caminos: | |
| Entre o a lo largo de los edificios | 10 |
| Que no estén bordeados por edificios | 5 |
| Subestación. | |
| Iluminación general horizontal | 20 |
| Iluminación vertical específica (sobre desconectores) | 20 |
| PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA | |
| Interior de los furgones | 200 |
| PRESIDIO, PATIOS DE | 100 |
| TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS | 50 |
| Alrededores brillantes: | |
| Superficies claras | 500 |
| Superficies oscuras | 1000 |
| Alrededores oscuros: | |
| Superficies claras | 200 |
| Superficies oscuras | 500 |
| 7 ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS | |
| ALBERCA | |
| Iluminación general desde la planta alta | 100 |



LUXES
I.E.S.
S.M.I.I.

LUXES
I.E.S.
S.M.I.I.

| | | |
|---|----------|--------|
| Bajo el agua. | | |
| Exterior | | s |
| Interior | | t |
| ARQUERIA | | |
| Blanco: | | |
| Torneo | | 100 |
| Recreativo | | 50r |
| Línea de tiro. | | |
| Torneo | | 100 |
| Recreativo | | 50 |
| BADMINTON | | |
| Torneo | | 300 |
| Club | | 200 |
| Recreativo | | 100 |
| BASEBALL | Jardines | Cuadro |
| Ligas A y B | 1000 | 1500 |
| Ligas AA y AAA | 500 | 750 |
| Ligas A y B | 300 | 500 |
| Ligas C y D | 200 | 300 |
| Ligas semi profesionales y regionales | 150 | 200 |
| Liga menor (Clase I y Clase II) | 300 | 400 |
| Sobre asientos, durante juego | 20 | |
| Sobre asientos antes y después jro | 50 | |
| BASKETBALL | Jardines | Cuadro |
| Universitario y profesional | | 500 |
| Dentro de Colegios y Secundarias, con espectadores | | 300 |
| Sin espectadores | | 200 |
| Recreativo (exterior) | | 100 |
| BILIAFUTS (sobre mesa) | | |
| Torneo | | 500 |
| Recreativo | | 300 |
| Area general | | 100 |
| BOLICHES | | |
| Mesas: | | |
| Torneo | | 200 |
| Recreativo | | 100 |
| Pinos: | | |
| Torneo | | 500r |
| Recreativo | | 300r |
| BOX O MUCHA (ring) | | |
| Campeonato | | 5000 |
| Profesional | | 2000 |
| Amateur | | 1000 |
| En asientos durante el encuentro | | 20 |
| En asientos antes y después del encuentro | | 50 |
| CARRERAS | | |
| De motor (autos enanos o motocicletas) | | 200 |
| Bicicletas | | 200 |
| Caballos | | 200 |
| Puros | | 300 |
| CROQUET | | |
| Torneo | | 100 |
| Recreativo | | 50 |
| FRONTERAS | | |
| Profesional | | 1000 |
| Aficionados | | 750 |
| Sobre asientos | | 50 |
| FRONTERO CESTA | | |
| Profesional | | 1500 |
| Aficionados | | 1000 |
| Sobre asientos | | 100 |
| FRONTERO A MANO | | |
| Torneo | | 300 |
| Club | | 200 |
| Recreativo | | 100 |
| FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO | | |
| (Índice de distancia de la línea de banda o filo más allá de espectadores) | | |
| Clase I más de 30 Mts | | 1000 |
| Clase II entre 15 y 30 Mts. | | 500 |
| Clase III entre 9 y 15 Mts. | | 300 |
| Clase IV menos de 9 Mts | | 200 |
| La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad de | | |

iluminado requerido, sin embargo en espectáculos de paga y televisados, la capacidad potencial de asientos de las gradas, es el factor determinante que debe tomarse en cuenta para lo cual se da la siguiente clasificación: Clase I para más de 30,000 espectadores, Clase II de 10,000 a 30,000 espectadores, Clase III de 5,000 a 10,000 espectadores y Clase IV para menos de 5,000 espectadores.

GIMNASIOS (Refiérase a deportes específicos enumerados en forma separada)

| | | |
|---|----------|--------|
| Exhibiciones, encuentros | | 300 |
| Para recreación y ejercicio general | | 200 |
| Asambleas | | 100 |
| Baños | | 50 |
| Regaderas y vestidores | | 100 |
| GOLF, CAMPOS DE PRACTICA | | |
| Iluminación general sobre los "Tees" | | 100 |
| A 1.85 Mts | | 50r |
| Práctica en los "greens" | | 100 |
| HOCKEY SOBRE HIELO | | |
| Universitario o profesional | | 500 |
| Liga amateur | | 200 |
| Recreativo | | 100 |
| PATINAJE | | |
| Pista para patines de ruedas | | 50 |
| Pistas para patinar sobre hielo (interior o exterior) | | 50 |
| Laguna, estanque o área inundada | | 10 |
| PING-PONG | | |
| Torneo | | 500 |
| Club | | 300 |
| Recreativo | | 200 |
| PLAYAS | | |
| En tierra | | 10 |
| A 50 Mts. de la orilla (en mar) | | 30r |
| PLAZA DE TOROS | | |
| En el ruedo | | 1000 |
| Pasillos, túneles, patios, gradas | | 50 |
| SHUFFLE BOARD | | |
| Torneo | | 100 |
| Recreativo | | 50 |
| SKIES, RAMPA DE PRACTICA | | 5 |
| SOFTBALL | Jardines | Cuadro |
| Profesional y de campeonato | 300 | 500 |
| Semi profesional | 200 | 300 |
| Ligas industriales | 150 | 200 |
| Recreativo | 75 | 100 |
| TENIS | | |
| Torneo | | 300 |
| Club | | 200 |
| Recreativo | | 100 |

8. ALUMBRADO DE TRANSPORTES.

| | | |
|--|--|-----|
| AEROPUERTOS | | |
| Plataforma frente hangares | | 10 |
| Plataforma frente edificio de la terminal: | | |
| Área de estacionamiento | | 5 |
| Área de carga | | 20 |
| AUTOBUSES | | |
| Urbanos | | 300 |
| Foráneos | | 150 |
| AUTOMOVILES | | |
| Sobre placas | | 5 |
| AVIONES | | |
| Compartimientos pasajeros: | | |
| Iluminación general | | 50 |
| Lectura (en asientos) | | 200 |
| BARCOS | | |
| Camarotes | | 50u |
| Literas, sobre plano de lectura | | 150 |
| Espejo, sobre cara | | 500 |
| Baños | | 50 |
| Pasillos y corredores | | 50 |
| Escaleras | | |



| | LUXES I.E.S. S.M.I.I. | | LUXES I.E.S. S.M.I.I. |
|---|-----------------------------|--|-----------------------------|
| Pasajeros | 100 | Sestrería | 500u |
| Tripulación | 50 | Oficinas postales | 200u |
| Entrada pasajeros | 100v | Vestidores | 30 |
| Salas de descanso, pasajeros y oficiales | 100x | Central telefónica | 100u |
| Cuartos de esperimento tripulación | 200 | Cuarto para almacén | 50 |
| Sobre masas | 300 | Áreas de operación: | |
| Comedor pasajeros | 100w | Cuarto máquinas (áreas de trabajo) | 100u |
| Salón comedor, oficiales y tripulación | 100 | Cuarto calderas (áreas de trabajo) | 100u |
| Sobre masas | 150 | Cuarto ventiladores | 50 |
| Bibliotecas | 100 | Cuartos grupos Motor-Generador | 50 |
| Para lectura | 300 | Cuartos de generación y tablero de control | 100 |
| Salones fumadores | 5x | Cuarto de montacargas | 50 |
| Cubiertas corrales | 100 | Tableros de control, iluminación vertical: | |
| Peluquería y salón de belleza | 200 | Parte alta | 300 |
| Sobre la persona | 500 | A 90 cms. desde el piso | 100 |
| Salones de Cocktail y Cantina | 50w | Cuarto del mecanismo del timón | 50 |
| Salón de baile | 50w | Cuarto de bombas | 10 |
| Piscinas, playacs interiores | 100y | Tablero de medición y control (iluminación vertical): | |
| Tiendas | 200u | Sobre medidores | 300 |
| Teatros: | | Túnel del eje | 30 |
| Durante el espectáculo | 1 | Bodega seca para cargamento (Unidad de iluminación permanente) | 10u |
| Intermedio | 50 | Carga y descarga de cargamento refrigerado | 30u |
| Gimnasios | 200 | Talleres | 200 |
| Hospital: | | Sobre trabajo | 500 |
| Sala de operaciones | 500u | Escotillas de la bodega: | |
| Sala dental | 300u | Área sobre escotilla | 50 |
| Dispensario | 300u | Área adyacente a la cubierta | 30 |
| Sala de encamados | 50u | CARROS DE FF.CC. PARA CORREO | |
| Oficina doctor | 200u | Bultos de correo y cajas para cartas | 300 |
| Sala de espera | 100x | Almacenaje correo | 150 |
| TIRO AL BLANCO | | CARROS DE FF.CC. PARA PASAJEROS | |
| Sobre el blanco | 500r | Escritura y lectura: | |
| Línea de tiro | 100 | General | 200 |
| Área intermedia | 50 | Sobre escritorio | 500 |
| Cabina de radio, vestíbulo pasajeros | 100x | Sección de baños: | |
| Mostrador para pasajeros oficina sobrecargo | 200 | General: | 150 |
| Áreas de navegación: | | Espejo | 300 |
| Timonera (sobre puente de mando): | 50 | Sanitario | 50 |
| Cuarto de mapas | 100 | Carro comedor | 150 |
| Sobre mesa de mapas y Cartas de Navegación | 500 | Cantina | 100 |
| Cuarto del radar | 50 | Áreas sociales | 200 |
| Cuarto de giroscopios | 50 | Escalones y puertas | 100 |
| Cabina de radio | 100u | TRANVIAS Y TROLEBUSES | 300 |
| Oficina del barco | 200 | TIRO AL PICHON | |
| Sobre escritorios y mesas de trabajo | 500 | Blanco, a 50 Mts. | 300r |
| Para teneduría de libros y auditoría | 500 | Línea de tiro, general | 100 |
| Cuarto de registro (cuaderno bitácora) | 100 | VOLLEYBALL | |
| Sobre escritorio | 500 | Torneo | 200 |
| Áreas de servicio: | | Recreativo | 100 |
| Galera | 200u | WATER POLO | |
| Lavandería | 150u | Torneo | 300 |
| Dispensa | 150u | Club | 200 |
| Fregaderos | 150u | Recreativo | 100 |
| Preparación comida | 200u | | |
| Almacén comida (sin y con refrigerador) | 50 | | |
| Carnicería | 150u | | |
| Imprenta | 300u | | |

NOTAS

- Se puede obtener con la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantez recomendadas. Estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largos períodos de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general antes indicado más el alumbrado suplementario especializado. El diseño e instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá dar la dirección apropiada a la luz, difusión y además protección al ojo humano. Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.
- Las pinturas o cuadros con colores oscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 a 3 veces mayor.
- En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 Luxes, es necesaria para hacer resaltar la belleza de las estatuas.
- La iluminación se puede reducir o aminorar durante el sermón, la introducción o la meditación.

Iluminación PARA LA Industria, s. a.

NORTE 3 No. 215 COL. FEDERAL MEXICO 8, D.F.

571-57-08 571-80-44 571-55-13

- e. Si los acabados interiores son oscuros (menos de 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantez, como en el caso de las páginas de los libros de salmos o canto; y el medio semiobscuro que lo rodea. Es esencial un diseño cuidadoso para evitar brillantez desagradable.
- f. Alumbrado especial, tal que (1) el área luminosa sea lo suficientemente grande para cubrir completamente la superficie que está siendo inspeccionada y (2) la brillantez deberá estar dentro de los límites necesarios para obtener condiciones de contrastes confortables. Esto implica el uso de fuentes luminosas de gran área y relativa baja brillantez en los casos en que la brillantez de la fuente luminosa se considere como un factor principal en vez de los Luxes producidos en un punto considerado.
- g. Para inspección minuciosa, 500 luxes.
- h. Los manuscritos a lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 luxes.
- i. Para inspección minuciosa, 500 luxes. Esto se puede hacer en el cuarto de baño, pero si se tiene un tocador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado.
- j. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado, o alguna determinada orientación del trabajo.
- k. O no menos de 1/5 del nivel de las áreas adyacentes.
- l. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea.
- m. La iluminación general de éstas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.
- n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos,
 - (A) Los valores recomendados son iluminación sobre la mercancía o aparadores. El plano en el cual la luz sea más importante puede variar desde el horizontal al vertical. (B) Áreas específicas en las cuales se involucra una difícil visión, se puede iluminar con niveles de iluminación considerablemente más altos. (C) La selección del color de las lámparas fluorescentes es importante. Para una mejor apariencia de la mercancía se puede combinar los sistemas fluorescentes e incandescentes. (D) La iluminación puede hacerse muchas veces no uniforme para hacer resaltar la distribución de la mercancía.
- o. Estos valores están basados en un 25% de reflexión, ya que éste es el promedio de reflexión de la vegetación y superficies exteriores típicas. Estos valores se deben ajustar para las reflexiones de materiales específicos iluminados, para obtener una brillantez equivalente. Estos niveles dan una brillantez satisfactoria cuando son vistos desde interiores o terrazas en penumbra. Cuando son vistos desde áreas oscuras se pueden reducir cuando menos a la mitad o se pueden doblar cuando se desee un efecto más dramático.
- p. Iluminación promedio recomendada (Luxes).

TRANSITO DE PEATONES

CLASIFICACION DE TRANSITO DE VEHICULOS POR HORA

| | Muy escaso (Menos de 150) | Escaso (150 a 500) | Mediano (500 a 1200) | Intenso (más de 1200) |
|---------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Intenso | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Mediano | 4 | 6 | 0 | 10 |
| Escaso | 2 | 4 | 6 | 8 |

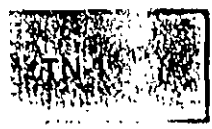
Estos valores están basados en condiciones de reflexión del pavimento muy favorables, del orden de 10%. Cuando la reflexión sea pobre (del orden de 3%, como en el asfalto) la iluminación recomendada deberá aumentarse 50%. Cuando la reflexión sea raramente alta (20% o más, como en el concreto claro) los valores recomendados pueden reducirse un 25%.

Los valores recomendados se supone que deberán mantenerse en servicio.

Si el mantenimiento es bajo, estos valores deberán aumentarse.

El valor más bajo en cualquier punto de la carretera no deberá ser menos de 1/10 de los valores indicados en la tabla para carreteras con tránsito de vehículos muy escaso y con tránsito de peatones escaso, y no menor de 1/4 de los valores anteriores indicados para todos los demás casos de carreteras.

- r. Vertical.
- s. 800 lúmenes por metro cuadrado de superficie.
- t. 1000 lúmenes por metro cuadrado de superficie.
- u. En este espacio se deberá usar alumbrado suplementario con objeto de poder obtener los niveles de iluminación recomendados que requiere cada tarea visual involucrada.
- v. La instalación deberá ser tal, que el nivel de la iluminación pueda ser aumentado por lo menos 400 luxes para embarques diurnos.
- w. En las áreas públicas, tales como salas de descanso, salones de baile, fumadores, cantinas y comedores, los valores de Luxes pueden variar ampliamente, dependiendo de la atmósfera, deseada, los decorados interiores y el uso que se vaya a dar a cada uno de estos lugares.

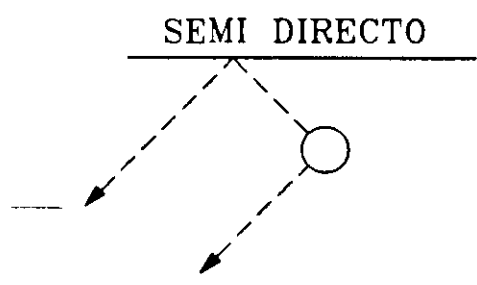
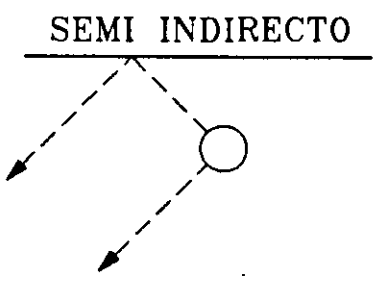
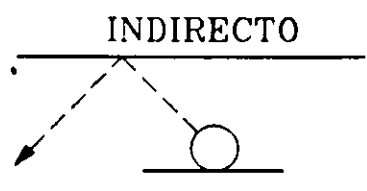
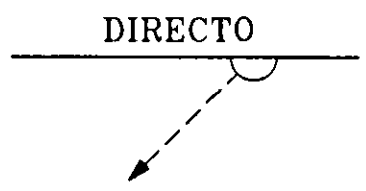
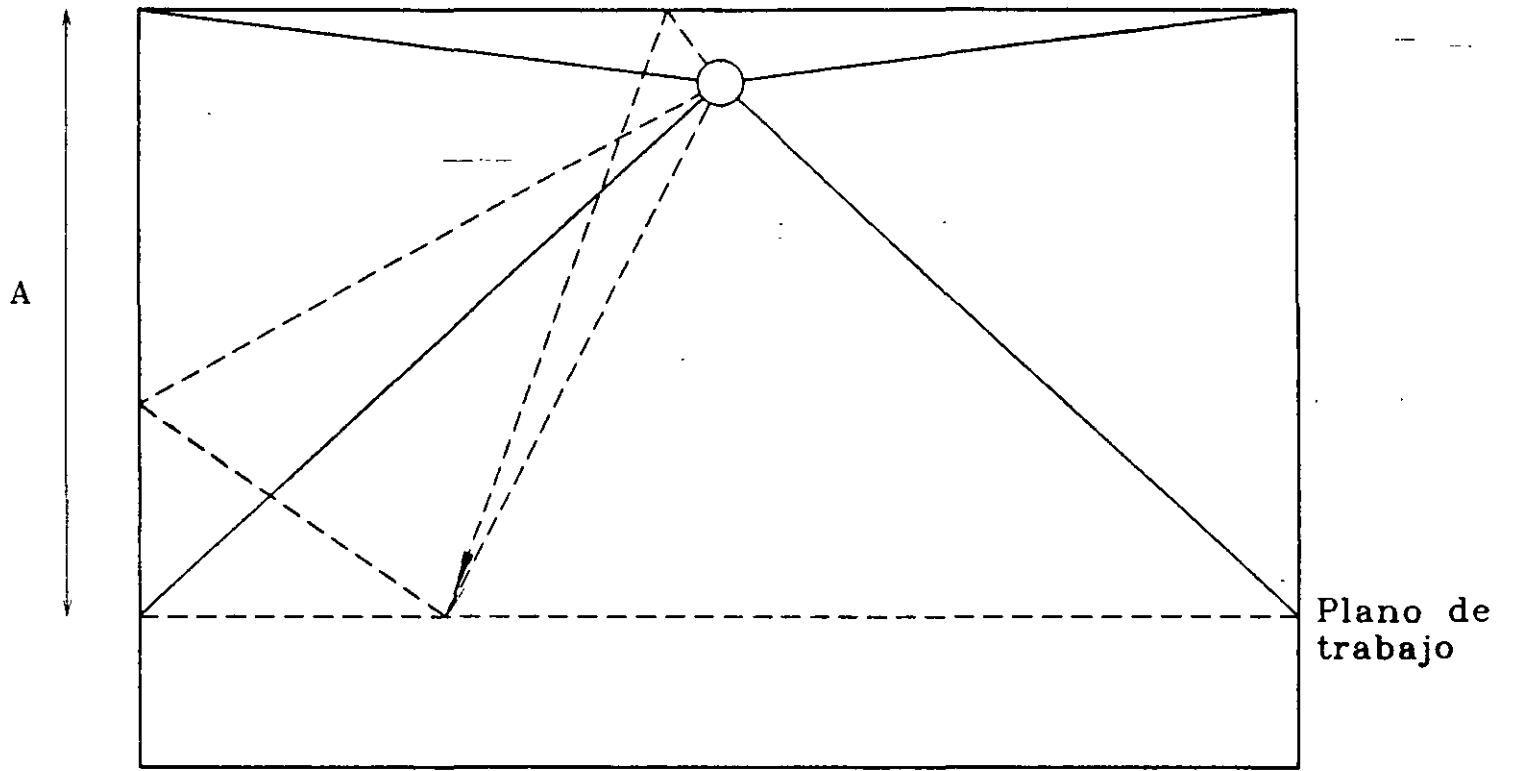


1.- Determinar el nivel requerido de iluminación.- De acuerdo a las tablas existentes, deberá determinarse el nivel de iluminación mínimo para el trabajo específico que se vaya a realizar.

2.- Seleccionar el sistema de alumbrado y las luminarias.- Los sistemas de alumbrado se clasifican de la siguiente manera:

- * directo.
- * semidirecto.
- * general difuso o directo-indirecto.
- * semi-indirecto.
- * indirecto.

Por lo general, las oficinas quedan mejor iluminadas utilizándose, ya sea un sistema indirecto, un semi-indirecto o un, directo-indirecto. En la industria general se utiliza el sistema directo o el semi-directo y las áreas comerciales pueden usar cualquier tipo de alumbrado o combinación de sistemas. La instalación del mejor sistema dependerá de las tareas visuales a realizar y de las características del área por iluminar.



3.- Determinar el coeficiente de utilización.- El coeficiente de utilización es la relación del flujo luminoso que llega al plano de trabajo sobre el total del flujo generado por las lámparas. Es un factor que tiene en cuenta la eficiencia y distribución de las luminarias, su altura de montaje, las dimensiones del local y la reflexión de las paredes, techos y suelos.

Los locales se clasifican con relación a su forma en diez grupos, cada uno de los cuales es identificado con una letra conocida bajo el nombre de índice del local. Los índices del local para una amplia gama de dimensiones se proporcionan en las tablas que se anexan.

La clasificación de los índices del local están basados en las relaciones entre las dimensiones de las habitaciones las que se calculan de la forma siguiente:

Para luminarias directas, semi-directas, directa-indirecta y general difusa:

$$RL = \frac{A \times L}{H \times (A + L)}$$

Para luminarias semi-indirectas e indirectas:

$$RL = \frac{3 \times A \times L}{2 \times H \times (A + L)}$$

donde:

- RL Relación del local.
- A Ancho del local.
- L Largo del local.
- H Altura del techo sobre el plano de trabajo.

Cada índice del local representa un valor de la relación del

⊕ Índice del Local

(Clasificación de locales de acuerdo con sus dimensiones)

| Ancho del local (m.) | Largo del local (m.) | Altura de techo en metros Para alumbrado Semi-Indirecto e Indirecto | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2.75 | 3.20 | 3.65 | 4.10 | 4.55 | 5.00 | 5.50 | 6.40 | 7.30 | 8.25 | 10.05 | 11.90 | 14.65 | 19.20 |
| | | Altura de montaje sobre el suelo en metros Para alumbrado Directo, Semi-Directo, Directo-Indirecto v General Difuso | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2.15 | 2.45 | 2.75 | 3.05 | 3.35 | 3.65 | 3.95 | 4.55 | 5.20 | 5.80 | 7.00 | 8.25 | 10.05 | 13.10 |
| 2.45 | 3.05 | H | I | J | J | J | J | J | | | | | | | |
| | 3.65 | H | I | I | J | J | J | J | | | | | | | |
| | 4.26 | G | H | I | J | J | J | J | | | | | | | |
| | 4.87 | G | H | I | I | J | J | J | | | | | | | |
| | 5.48 | G | H | I | I | J | J | J | J | | | | | | |
| | 6.10 | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | | | | |
| | 7.30 | G | H | H | I | J | J | J | J | J | J | | | | |
| | 9.15 | F | G | H | I | I | J | J | J | J | J | J | | | |
| | 10.65 | F | G | H | I | I | I | J | J | J | J | J | J | | |
| | 12.20 | F | G | H | I | I | I | J | J | J | J | J | J | J | |
| 15.25 | F | G | H | H | I | I | J | J | J | J | J | J | J | J | |
| 3.05 | 3.05 | H | H | I | J | J | J | J | | | | | | | |
| | 3.65 | G | H | I | I | J | J | J | | | | | | | |
| | 4.26 | G | H | I | I | J | J | J | J | | | | | | |
| | 4.87 | F | H | I | I | I | J | J | J | | | | | | |
| | 5.48 | F | G | H | I | I | J | J | J | | | | | | |
| | 6.10 | F | G | H | I | I | J | J | J | J | | | | | |
| | 7.30 | F | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | | | |
| | 9.15 | F | G | G | H | I | I | J | J | J | J | J | | | |
| | 10.65 | F | F | G | H | H | I | I | J | J | J | J | J | | |
| | 12.20 | F | F | G | H | H | I | I | J | J | J | J | J | J | |
| | 15.25 | E | F | G | H | H | I | I | J | J | J | J | J | J | J |
| | 18.30 | E | F | G | H | H | I | I | J | J | J | J | J | J | J |
| | 21.35 | E | F | G | H | H | H | I | J | J | J | J | J | J | J |
| 3.65 | 3.65 | G | H | H | I | I | J | J | J | | | | | | |
| | 4.26 | F | G | H | I | I | J | J | J | | | | | | |
| | 4.87 | F | G | H | I | I | J | J | J | | | | | | |
| | 5.48 | F | G | H | H | I | I | J | J | J | | | | | |
| | 6.10 | F | G | H | H | I | I | J | J | J | J | | | | |
| | 7.30 | F | G | G | H | H | I | J | J | J | J | J | | | |
| | 9.15 | E | F | G | H | H | I | J | J | J | J | J | J | | |
| | 10.65 | E | F | G | G | H | H | I | J | J | J | J | J | J | |
| | 12.20 | E | F | G | G | H | H | I | J | J | J | J | J | J | J |
| | 15.25 | E | F | F | G | H | H | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 18.30 | E | F | F | G | G | H | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 21.35 | D | F | F | G | G | H | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 24.40 | D | F | F | F | F | G | H | J | J | J | J | J | J | J |
| 30.50 | D | F | F | F | F | G | H | J | J | J | J | J | J | J | |
| 4.25 | 4.26 | F | G | H | H | I | I | J | J | J | | | | | |
| | 4.87 | F | G | H | H | I | I | J | J | J | | | | | |
| | 5.48 | F | G | H | H | H | I | J | J | J | J | | | | |
| | 6.10 | F | G | H | H | H | I | J | J | J | J | | | | |
| | 7.30 | E | F | G | H | H | H | I | J | J | J | J | | | |
| | 9.15 | E | F | F | G | H | H | H | J | J | J | J | J | | |
| | 10.65 | E | F | F | G | H | H | H | J | J | J | J | J | J | |
| | 12.20 | D | F | F | G | G | H | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 15.25 | D | F | F | F | G | G | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 18.30 | D | F | F | F | G | G | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 21.35 | D | F | F | F | F | G | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 24.40 | D | F | F | F | F | G | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 30.50 | D | F | F | F | F | G | H | J | J | J | J | J | J | J |
| 4.85 | 4.87 | E | F | G | H | H | I | J | J | J | | | | | |
| | 5.48 | E | F | G | H | H | I | J | J | J | | | | | |
| | 6.10 | E | F | G | H | H | I | J | J | J | | | | | |
| | 7.30 | E | F | F | G | H | H | J | J | J | J | | | | |
| | 9.15 | D | F | F | G | H | H | J | J | J | J | J | | | |
| | 10.65 | D | F | F | F | G | H | H | J | J | J | J | J | | |
| | 12.20 | D | F | F | F | G | H | H | J | J | J | J | J | J | |
| | 15.25 | D | F | F | F | F | G | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 18.30 | C | D | F | F | F | F | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 21.35 | C | D | D | F | F | F | H | J | J | J | J | J | J | J |
| 24.40 | C | D | D | F | F | F | H | J | J | J | J | J | J | J | |
| 30.50 | C | D | D | F | F | F | H | J | J | J | J | J | J | J | |
| 5.50 | 5.48 | E | F | F | G | H | H | I | J | J | | | | | |
| | 6.10 | E | F | F | G | H | H | I | J | J | | | | | |
| | 7.30 | D | F | F | G | H | H | J | J | J | | | | | |
| | 9.15 | D | F | F | G | H | H | J | J | J | J | | | | |
| | 10.65 | D | F | F | F | G | H | H | J | J | J | J | | | |
| | 12.20 | D | F | F | F | G | H | H | J | J | J | J | J | | |
| | 15.25 | C | D | F | F | F | H | H | J | J | J | J | J | J | |
| | 18.30 | C | D | D | F | F | F | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 21.35 | C | D | D | F | F | F | H | J | J | J | J | J | J | J |
| | 24.40 | C | D | D | F | F | F | H | J | J | J | J | J | J | J |
| 30.50 | C | D | D | F | F | F | H | J | J | J | J | J | J | J | |
| 36.60 | C | D | D | F | F | F | H | J | J | J | J | J | J | J | |

⊕ Índice del Local

(Clasificación de locales de acuerdo con sus dimensiones)

| Ancho del local (m.) | Largo del local (m.) | Altura de techo en metros | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Para alumbrado Semi-Indirecto e Indirecto | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2.75 | 3.20 | 3.65 | 4.10 | 4.55 | 5.00 | 5.50 | 6.40 | 7.30 | 8.25 | 10.05 | 11.90 | 14.65 | 19.20 | 23.75 | 28.35 |
| | | Altura de montaje sobre el suelo en metros | | | | | | | | | | | | | | | |
| Para alumbrado Directo, Semi-Directo, Directo-Indirecto y General Difuso | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2.15 | 2.45 | 2.75 | 3.05 | 3.35 | 3.65 | 3.95 | 4.55 | 5.20 | 5.80 | 7.00 | 8.25 | 10.05 | 13.10 | 16.15 | 19.20 |
| 6.10 | 6.10 | E | E | F | G | G | H | H | I | J | J | J | | | | | |
| | 7.30 | D | E | F | F | G | H | H | I | J | J | J | | | | | |
| | 9.15 | D | E | F | F | G | H | H | I | J | J | J | | | | | |
| | 10.65 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| | 12.20 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| | 15.25 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| | 18.30 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| | 21.35 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| | 24.40 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| 7.30 | 21.35 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| | 24.40 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| | 30.50 | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | G | G | | | | |
| | 36.60 | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | G | G | | | | |
| | 42.70 | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | G | G | | | | |
| | 7.30 | D | E | F | F | G | G | H | H | I | J | J | J | | | | |
| | 9.15 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| | 10.65 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| | 12.20 | C | D | E | E | F | F | G | G | H | H | I | J | | | | |
| 9.15 | 15.25 | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | G | G | | | | |
| | 18.30 | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | G | G | | | | |
| | 21.35 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 24.40 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 30.50 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 36.60 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 42.70 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 10.65 | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | G | G | | | | |
| | 12.20 | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | G | G | | | | |
| 10.65 | 15.25 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 18.30 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 21.35 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 24.40 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 30.50 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 36.60 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 42.70 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 12.20 | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | G | G | | | | |
| | 15.25 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| 12.20 | 18.30 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 21.35 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 24.40 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 30.50 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 36.60 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 42.70 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 15.25 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 18.30 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 21.35 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| 15.25 | 24.40 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 30.50 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 36.60 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 42.70 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 51.80 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 60.95 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 18.30 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 21.35 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 24.40 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| 18.30 | 30.50 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 36.60 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 42.70 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 51.80 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 60.95 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 24.40 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 42.70 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 60.95 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 30.50 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| 36.60 | 36.60 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 48.80 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |
| | 60.95 | A | A | B | B | C | C | D | D | E | E | F | F | | | | |


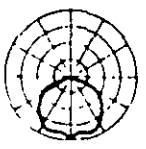





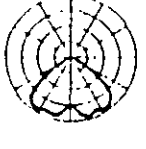



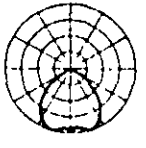

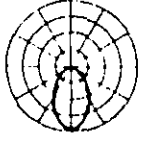

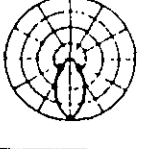

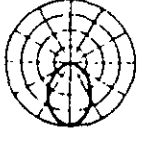
local y las tablas de coeficiente de utilización se basan en el valor en el punto central de cada una de estas relaciones.

VALOR DE LAS RELACIONES DEL LOCAL


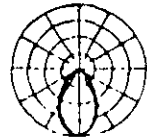

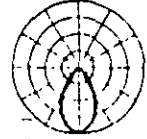

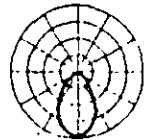

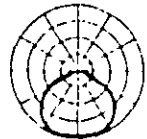

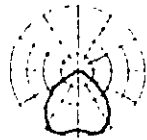

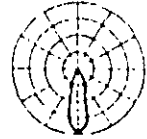

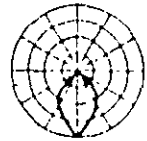

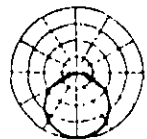
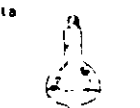
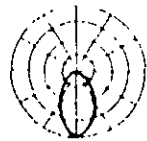
| Indice del local | Relación del local | Punto central |
|------------------|--------------------|---------------|
| J | Menos de 0.7 | 0.60 |
| I | 0.7 a 0.9 | 0.80 |
| H | 0.9 a 1.12 | 1.00 |
| G | 1.12 a 1.38 | 1.25 |
| F | 1.38 a 1.75 | 1.50 |
| E | 1.75 a 2.25 | 2.00 |
| D | 2.25 a 2.75 | 2.50 |
| C | 2.75 a 3.50 | 3.00 |
| B | 3.50 a 4.50 | 4.00 |
| A | Más de 4.50 | 5.00 |

La tabla de coeficiente de utilización aplicable a una luminaria


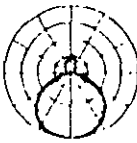

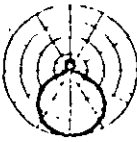



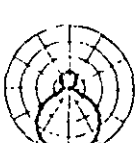

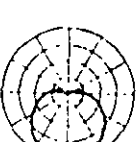
⊕ Coeficientes de Utilización


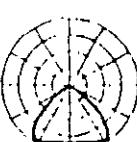
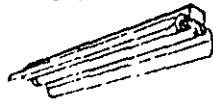



| Tipo | Unidad de alumbrado Directa | Distribución | Distancia entre lámparas inferior a | Factor de mantenimiento | Reflexiones | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|---|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|
| | | | | | Techo | | 70% | | 50% | | 30% | | | |
| | | | | | Paredes | | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% | 30% | 10% |
| | | | | | Indice local | | | | | | | | | |
| Coeficiente de utilización | | | | | | | | | | | | | | |
| Lámparas descendientes | Directa  Reflector de cúpula RLM |  | 1.3 x Altura de montaje | 300-750 W Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.55 | J I H G F E D C B A | 0.33 0.40 0.47 0.54 0.59 0.65 0.69 0.72 0.76 0.78 | 0.28 0.36 0.43 0.49 0.54 0.61 0.65 0.68 0.73 0.75 | 0.25 0.33 0.39 0.45 0.50 0.57 0.62 0.65 0.70 0.73 | 0.32 0.40 0.47 0.53 0.58 0.64 0.68 0.70 0.74 0.76 | 0.28 0.36 0.42 0.48 0.53 0.60 0.64 0.67 0.72 0.74 | 0.25 0.33 0.39 0.45 0.50 0.57 0.62 0.65 0.69 0.72 | 0.28 0.36 0.42 0.48 0.53 0.59 0.63 0.66 0.69 0.72 | 0.25 0.33 0.39 0.45 0.50 0.56 0.60 0.63 0.66 0.69 | |
| | Directa  Intemperie dura haz medio |  | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.80 Medio 0.77 Malo 0.73 | J I H G F E D C B A | 0.43 0.50 0.55 0.59 0.61 0.65 0.67 0.68 0.70 0.71 | 0.40 0.47 0.52 0.56 0.59 0.62 0.65 0.66 0.68 0.70 | 0.38 0.45 0.50 0.54 0.57 0.61 0.63 0.64 0.66 0.67 | 0.43 0.50 0.55 0.58 0.61 0.64 0.66 0.67 0.69 0.70 | 0.40 0.47 0.52 0.55 0.58 0.62 0.64 0.65 0.66 0.67 | 0.38 0.45 0.50 0.54 0.57 0.60 0.62 0.63 0.65 0.66 | 0.39 0.47 0.51 0.55 0.58 0.61 0.63 0.64 0.66 0.67 | 0.38 0.45 0.50 0.54 0.57 0.60 0.62 0.63 0.65 0.66 | |
| | Directa  Intemperie dura haz estrecho. |  | 0.9 x Altura de montaje | 300-750 W Bueno 0.80 Medio 0.77 Malo 0.73 | J I H G F E D C B A | 0.45 0.53 0.57 0.61 0.64 0.67 0.69 0.70 0.72 0.73 | 0.42 0.50 0.54 0.58 0.61 0.64 0.67 0.68 0.70 0.71 | 0.40 0.48 0.52 0.56 0.59 0.62 0.65 0.66 0.68 0.70 | 0.45 0.52 0.56 0.60 0.63 0.66 0.68 0.69 0.71 0.71 | 0.42 0.50 0.54 0.58 0.61 0.64 0.67 0.68 0.69 0.71 | 0.40 0.48 0.52 0.56 0.59 0.62 0.65 0.66 0.68 0.69 | 0.42 0.49 0.53 0.56 0.59 0.62 0.65 0.66 0.68 0.69 | 0.40 0.48 0.52 0.55 0.58 0.61 0.63 0.64 0.66 0.67 | |
| | Directa  Lámpara reflectora R-52 haz ancho 500 y 750 w |  | 1.8 x Altura de montaje | Bueno 0.80 Medio 0.78 Malo 0.75 | J I H G F E D C B A | 0.50 0.62 0.70 0.77 0.82 0.88 0.92 0.94 0.97 0.99 | 0.45 0.57 0.65 0.72 0.77 0.84 0.88 0.91 0.94 0.97 | 0.42 0.53 0.62 0.69 0.74 0.81 0.85 0.87 0.89 0.92 | 0.49 0.61 0.69 0.76 0.81 0.87 0.90 0.92 0.95 0.97 | 0.45 0.57 0.65 0.72 0.77 0.84 0.88 0.91 0.94 0.97 | 0.41 0.53 0.62 0.69 0.74 0.81 0.85 0.87 0.89 0.92 | 0.45 0.57 0.64 0.71 0.76 0.82 0.86 0.88 0.91 0.93 | 0.41 0.53 0.61 0.68 0.73 0.80 0.84 0.86 0.88 0.91 | |
| | Directa  Lámpara reflectora R-57 haz estrecho 500 y 750 w. |  | 0.7 x Altura de montaje | Bueno 0.80 Medio 0.78 Malo 0.75 | J I H G F E D C B A | 0.66 0.75 0.80 0.85 0.88 0.93 0.96 0.98 1.00 1.01 | 0.62 0.71 0.76 0.81 0.85 0.90 0.93 0.95 0.98 1.00 | 0.60 0.73 0.80 0.88 0.92 0.98 1.00 1.00 1.00 | 0.65 0.77 0.84 0.88 0.92 0.99 1.00 1.00 1.00 | 0.62 0.73 0.80 0.84 0.88 0.92 0.95 0.97 0.99 1.00 | 0.59 0.71 0.78 0.83 0.87 0.92 0.94 0.96 0.98 0.99 | 0.59 0.71 0.78 0.83 0.87 0.91 0.93 0.95 0.97 0.98 | 0.59 0.71 0.78 0.83 0.87 0.91 0.93 0.95 0.97 0.98 | |
| Vapor de mercurio | Directa  Ventilada de aluminio para grandes alturas haz ancho, 400 w H33-1-CD |  | 1.5 x Altura de montaje | Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65 | J I H G F E D C B A | 0.38 0.47 0.53 0.59 0.63 0.68 0.71 0.72 0.75 0.77 | 0.34 0.43 0.49 0.55 0.59 0.64 0.67 0.70 0.73 0.75 | 0.32 0.40 0.46 0.52 0.56 0.62 0.65 0.67 0.71 0.73 | 0.38 0.46 0.52 0.58 0.62 0.67 0.70 0.74 0.77 0.77 | 0.34 0.43 0.49 0.54 0.58 0.64 0.67 0.70 0.74 0.77 | 0.32 0.40 0.46 0.52 0.56 0.61 0.65 0.67 0.71 0.73 | 0.34 0.43 0.48 0.54 0.58 0.63 0.66 0.68 0.71 0.73 | 0.32 0.40 0.46 0.52 0.56 0.61 0.65 0.67 0.71 0.73 | |
| | Directa  Ventilada de aluminio para grandes alturas haz medio, 400 w H33-1-CD |  | 0.7 x Altura de montaje | Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65 | J I H G F E D C B A | 0.46 0.54 0.59 0.63 0.65 0.69 0.71 0.73 0.75 0.78 | 0.43 0.51 0.56 0.60 0.63 0.67 0.69 0.71 0.73 0.75 | 0.41 0.49 0.53 0.57 0.60 0.64 0.66 0.68 0.70 0.73 | 0.46 0.53 0.58 0.62 0.65 0.68 0.70 0.73 0.75 0.77 | 0.43 0.51 0.55 0.60 0.63 0.66 0.68 0.70 0.73 0.75 | 0.41 0.49 0.53 0.57 0.60 0.64 0.66 0.68 0.70 0.73 | 0.41 0.48 0.53 0.57 0.60 0.63 0.65 0.67 0.70 0.72 | 0.41 0.48 0.53 0.57 0.60 0.63 0.65 0.67 0.70 0.72 | |
| | Directa  Ventilada de aluminio grandes alturas haz estrecho, 400 w, H33-1-GL/C |  | 0.8 x Altura de montaje | Bueno 0.73 Medio 0.68 Malo 0.63 | J I H G F E D C B A | 0.51 0.58 0.62 0.66 0.69 0.72 0.74 0.75 0.77 0.78 | 0.48 0.55 0.59 0.63 0.66 0.69 0.72 0.74 0.76 0.77 | 0.46 0.53 0.57 0.61 0.64 0.67 0.70 0.73 0.75 0.77 | 0.51 0.57 0.61 0.65 0.68 0.70 0.73 0.75 0.77 0.77 | 0.48 0.55 0.59 0.63 0.66 0.69 0.72 0.74 0.76 0.77 | 0.46 0.53 0.57 0.61 0.64 0.67 0.70 0.73 0.75 0.77 | 0.46 0.53 0.57 0.60 0.63 0.66 0.68 0.71 0.73 0.74 | 0.46 0.53 0.57 0.60 0.63 0.65 0.67 0.70 0.72 0.74 | |
| | Directa  Ventilada de aluminio grandes alturas haz ancho, 700 ó 1000 w, vap. merc. color Corr |  | 1.1 x Altura de montaje | Bueno 0.68 Medio 0.63 Malo 0.58 | J I H G F E D C B A | 0.39 0.48 0.53 0.59 0.63 0.67 0.70 0.72 0.75 0.77 | 0.36 0.44 0.50 0.55 0.59 0.64 0.67 0.70 0.73 0.75 | 0.33 0.41 0.47 0.52 0.56 0.61 0.64 0.67 0.70 0.73 | 0.39 0.47 0.53 0.58 0.62 0.66 0.70 0.74 0.77 0.77 | 0.36 0.44 0.49 0.54 0.58 0.63 0.66 0.69 0.72 0.74 | 0.33 0.41 0.47 0.52 0.56 0.61 0.64 0.67 0.70 0.73 | 0.36 0.44 0.49 0.54 0.58 0.63 0.66 0.68 0.71 0.73 | 0.33 0.41 0.47 0.52 0.56 0.61 0.64 0.67 0.70 0.72 | |



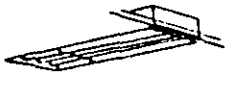



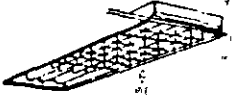
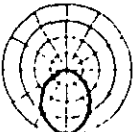
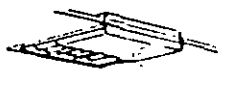
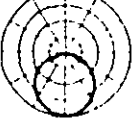
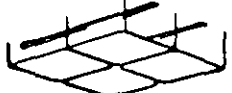


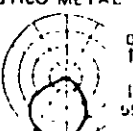
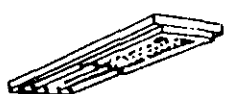



⊕ Coeficientes de Utilización

| Tipo | Unidad de alumbrado | Distribución | Distancia entre lámparas inferiores | Factor de mantenimiento | Reflexiones | | | | | | | | |
|-------------------|---|------------------------|---|----------------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | Techo | | 70% | | 50% | | 30% | | |
| | | | | | Paredes | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% | 30% | |
| | | | | | Indice local | Coeficiente de utilización | | | | | | | |
| | Directa  Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz estrecho, 700 ó 1000 w. Vap. merc. color corr. | 0 \| - \| 79 |  | 0,9 x Altura de montaje | Bueno 0,68 Medio 0,63 Malo 0,58 | J I H G F E D C B A | 0,60 0,57 0,62 0,66 0,69 0,73 0,75 0,77 0,78 0,80 | 0,47 0,54 0,59 0,63 0,67 0,71 0,73 0,75 0,77 | 0,45 0,52 0,57 0,61 0,64 0,68 0,70 0,72 0,73 | 0,50 0,57 0,62 0,66 0,69 0,72 0,74 0,76 0,77 | 0,47 0,54 0,59 0,63 0,67 0,70 0,72 0,73 | 0,45 0,52 0,57 0,61 0,64 0,68 0,70 | 0,45 0,52 0,57 0,61 0,64 0,68 0,70 |
| | Directa  Aluminio grandes alturas con cristal, 700 ó 1000 w. Vapor mercurio, color corregido | 0 \| - \| 69 |  | 0,9 x Altura de montaje | Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68 | J I H G F E D C B A | 0,45 0,51 0,55 0,59 0,61 0,64 0,66 0,67 0,69 0,70 | 0,42 0,48 0,53 0,56 0,59 0,62 0,64 0,65 0,66 | 0,40 0,47 0,51 0,54 0,57 0,60 0,63 0,65 0,66 | 0,44 0,50 0,55 0,58 0,61 0,63 0,65 0,66 0,68 | 0,40 0,46 0,51 0,54 0,57 0,60 0,62 0,63 0,66 | 0,46 0,52 0,57 0,61 0,64 0,66 0,67 0,68 | 0,40 0,46 0,51 0,54 0,57 0,60 0,62 0,63 |
| | Directa  Ventilada para bajas alturas 400 w H33-1-GL/C | 0 \| - \| 16 |  | 1,2 x Altura de montaje | Bueno 0,73 Medio 0,68 Malo 0,63 | J I H G F E D C B A | 0,35 0,43 0,49 0,55 0,59 0,64 0,67 0,69 0,73 | 0,32 0,39 0,45 0,51 0,55 0,60 0,64 0,66 0,70 | 0,29 0,37 0,42 0,48 0,52 0,57 0,60 0,62 0,68 | 0,31 0,39 0,45 0,50 0,54 0,58 0,60 0,62 0,68 | 0,29 0,37 0,42 0,48 0,52 0,57 0,60 0,62 0,68 | 0,29 0,37 0,42 0,48 0,52 0,57 0,60 0,62 0,68 | |
| | Directa  Ventilada de porcelana Esmaltada para bajas alturas 400 w H33-1-DN/C | 0 \| - \| 84 |  | 1,5 x Altura de montaje | Bueno 0,73 Medio 0,68 Malo 0,63 | J I H G F E D C B A | 0,34 0,44 0,50 0,57 0,62 0,69 0,73 0,76 0,79 | 0,30 0,39 0,46 0,52 0,57 0,64 0,69 0,72 0,75 | 0,27 0,35 0,42 0,48 0,53 0,60 0,66 0,70 0,74 | 0,30 0,37 0,45 0,50 0,54 0,60 0,65 0,70 0,74 | 0,27 0,35 0,42 0,48 0,53 0,60 0,65 0,70 0,74 | 0,27 0,35 0,42 0,48 0,53 0,60 0,65 0,70 0,74 | |
| Vapor de mercurio | Directa  Interperie dura. Haz ancho 400 w H33-1-CD | 0 \| - \| 64 |  | 1,5 x Altura de montaje | Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68 | J I H G F E D C B A | 0,37 0,40 0,45 0,49 0,52 0,56 0,59 0,61 0,63 0,64 | 0,29 0,37 0,42 0,46 0,50 0,54 0,57 0,58 0,61 0,62 | 0,27 0,34 0,39 0,44 0,48 0,52 0,55 0,56 0,58 0,60 | 0,29 0,37 0,42 0,46 0,50 0,54 0,57 0,58 0,60 0,62 | 0,27 0,34 0,39 0,44 0,48 0,52 0,55 0,56 0,58 0,60 | 0,27 0,34 0,39 0,44 0,48 0,52 0,55 0,56 0,58 0,60 | |
| | Directa  Interperie dura Haz estrecho. 400 w H33-1-CD | 0 \| - \| 62 |  | 0,5 x Altura de montaje | Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68 | J I H G F E D C B A | 0,42 0,48 0,50 0,54 0,56 0,58 0,60 0,61 0,62 0,63 | 0,40 0,45 0,48 0,52 0,54 0,56 0,57 0,58 0,59 0,60 | 0,39 0,44 0,47 0,50 0,52 0,54 0,55 0,56 0,57 0,58 | 0,40 0,45 0,48 0,52 0,54 0,56 0,57 0,58 0,59 0,60 | 0,39 0,44 0,47 0,50 0,52 0,54 0,55 0,56 0,57 0,58 | 0,39 0,44 0,47 0,50 0,52 0,54 0,55 0,56 0,57 0,58 | |
| | Directa  Interperie dura Haz medio 1000 w H34-12GV, H36-15GV | 0 \| - \| 61 |  | 0,7 x Altura de montaje | Bueno 0,70 Medio 0,67 Malo 0,63 | J I H G F E D C B A | 0,34 0,40 0,45 0,49 0,52 0,55 0,57 0,58 0,60 0,62 | 0,31 0,38 0,42 0,46 0,49 0,52 0,54 0,55 0,56 0,57 | 0,29 0,35 0,40 0,44 0,47 0,50 0,52 0,53 0,54 0,55 | 0,31 0,38 0,42 0,46 0,49 0,52 0,54 0,55 0,56 0,57 | 0,29 0,35 0,40 0,44 0,47 0,50 0,52 0,53 0,54 0,55 | 0,29 0,35 0,40 0,44 0,47 0,50 0,52 0,53 0,54 0,55 | |
| | Directa  Lámpara reflectora R-57. Haz ancho. 400 w H33-1-FY | 0 \| - \| 96 |  | 1,3 x Altura de montaje | Bueno 0,80 Medio 0,75 Malo 0,70 | J I H G F E D C B A | 0,38 0,48 0,56 0,63 0,69 0,76 0,81 0,85 0,90 0,93 | 0,33 0,42 0,49 0,57 0,62 0,71 0,76 0,80 0,86 0,89 | 0,29 0,38 0,44 0,51 0,57 0,65 0,70 0,74 0,78 0,82 | 0,33 0,42 0,49 0,57 0,62 0,71 0,76 0,80 0,86 0,89 | 0,29 0,38 0,44 0,51 0,57 0,65 0,70 0,74 0,78 0,82 | 0,29 0,38 0,44 0,51 0,57 0,65 0,70 0,74 0,78 0,82 | |
| | Directa  Lámpara reflectora R-57. Haz medio 400 w H33-1-HS | 0 \| - \| 92 |  | 0,8 x Altura de montaje | Bueno 0,80 Medio 0,75 Malo 0,70 | J I H G F E D C B A | 0,49 0,58 0,65 0,72 0,76 0,82 0,86 0,89 0,92 0,95 | 0,44 0,53 0,60 0,66 0,71 0,77 0,82 0,85 0,89 0,92 | 0,41 0,51 0,56 0,62 0,67 0,74 0,78 0,80 0,83 0,86 | 0,44 0,53 0,60 0,66 0,71 0,77 0,82 0,85 0,89 0,92 | 0,41 0,51 0,56 0,62 0,67 0,74 0,78 0,80 0,83 0,86 | 0,41 0,51 0,56 0,62 0,67 0,74 0,78 0,80 0,83 0,86 | |

☉ Coeficientes de Utilización

| Tipo | Unidad de alumbrado | Distribución | Distancia entre lámparas inferior a | Factor de mantenimiento | Reflexiones | | | | | | | | |
|-------------|--|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | Techo | 70% | | | 50% | | | 30% | |
| | | | | | Paredes | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% | 30% | 10% |
| | | | | | Índice local | Coeficiente de utilización | | | | | | | |
| Luz directa | Semidirecta  2 lámparas 1-12 |  12 f — 75 | 1,4 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.25 | 0.21 |
| | Semidirecta  3 lámparas 40 w y "Slimline" |  11 f — 74 | 1,3 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.25 | 0.22 |
| | Semidirecta  2 lámparas 1-12 con rejilla difusora de 23° |  18 f — 60 | 1,2 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60 | J | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.26 | 0.22 | 0.20 | 0.22 | 0.19 |
| | Semidirecta  2 lámparas de Alta Emisión de 1.5 amps. |  18 f — 64 | 1,3 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.23 | 0.20 |
| | Semidirecta  Lámpara Baja Temper. de 100 w. con plásturo exterior |  10 f — 62 | 1,4 x Altura de montaje | Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65 | J | 0.24 | 0.19 | 0.15 | 0.23 | 0.19 | 0.15 | 0.18 | 0.15 |
| | | | | | I | 0.31 | 0.26 | 0.21 | 0.29 | 0.25 | 0.21 | 0.23 | 0.20 |
| | | | | | H | 0.36 | 0.31 | 0.26 | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.28 | 0.25 |
| | | | | | G | 0.42 | 0.36 | 0.32 | 0.39 | 0.34 | 0.30 | 0.33 | 0.29 |
| | | | | | F | 0.46 | 0.40 | 0.36 | 0.43 | 0.38 | 0.34 | 0.36 | 0.33 |
| | | | | | E | 0.51 | 0.46 | 0.41 | 0.48 | 0.43 | 0.40 | 0.41 | 0.38 |
| | | | | | D | 0.54 | 0.50 | 0.46 | 0.51 | 0.47 | 0.44 | 0.44 | 0.41 |
| | | | | | C | 0.57 | 0.53 | 0.49 | 0.53 | 0.50 | 0.47 | 0.47 | 0.44 |
| | | | | | B | 0.60 | 0.57 | 0.53 | 0.57 | 0.54 | 0.51 | 0.50 | 0.48 |
| | | | | | A | 0.63 | 0.60 | 0.57 | 0.59 | 0.57 | 0.54 | 0.54 | 0.52 |

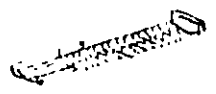





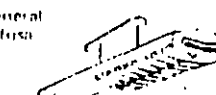


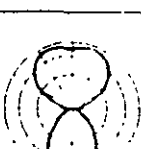
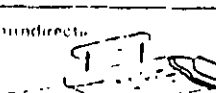
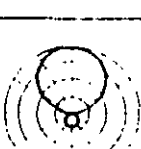
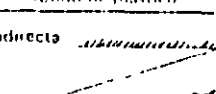
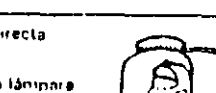

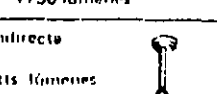

| Tipo | Unidad de alumbrado | Distribución | Distancia entre lámparas inferior a | Factor de mantenimiento | Reflexiones | | | | | | | | | |
|--------------|--|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | Techo | 80% | | | 70% | | | 50% | | |
| | | | | | Paredes | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% |
| | | | | | Índice local | Coeficiente de utilización | | | | | | | | |
| Luz descente | Directa  Empotrada con lente piramética. |  0 f — 63 | 1,5 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.33 | 0.29 | 0.27 | 0.33 | 0.29 | 0.27 |
| | Semidirecta  2 lámparas de 40 w y "Slimline" Sin visera |  18 f — 68 | 1,3 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.30 | 0.24 | 0.21 | 0.29 | 0.24 | 0.21 | 0.28 | 0.24 | 0.21 |
| | Semidirecta  2 lámparas de 40 w y "Slimline" Con visera |  18 f — 63 | 1,3 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.29 | 0.24 | 0.22 | 0.29 | 0.24 | 0.22 | 0.28 | 0.24 | 0.21 |
| | | | | | I | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.36 | 0.31 | 0.28 |
| | | | | | H | 0.44 | 0.39 | 0.35 | 0.43 | 0.38 | 0.35 | 0.41 | 0.37 | 0.34 |
| | | | | | G | 0.50 | 0.45 | 0.41 | 0.49 | 0.44 | 0.40 | 0.47 | 0.42 | 0.39 |
| | | | | | F | 0.55 | 0.49 | 0.45 | 0.53 | 0.49 | 0.45 | 0.51 | 0.47 | 0.43 |
| | | | | | E | 0.61 | 0.56 | 0.52 | 0.60 | 0.55 | 0.51 | 0.56 | 0.52 | 0.49 |
| | | | | | D | 0.67 | 0.60 | 0.57 | 0.63 | 0.59 | 0.56 | 0.60 | 0.56 | 0.53 |
| | | | | | C | 0.68 | 0.64 | 0.60 | 0.66 | 0.62 | 0.59 | 0.62 | 0.59 | 0.56 |
| | | | | B | 0.72 | 0.69 | 0.65 | 0.70 | 0.66 | 0.64 | 0.65 | 0.63 | 0.61 | |
| | | | | A | 0.74 | 0.71 | 0.68 | 0.72 | 0.69 | 0.67 | 0.67 | 0.65 | 0.63 | |

| Tipo | Unidad de alumbrado | Distribución | Distancia entre lámparas inferior a | Factor de mantenimiento | Reflexiones | | | | | | | | | | |
|---------------|---|--------------------|---|----------------------------|---------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | Techo | 80% | | | 70% | | | 60% | | | |
| | | | | | Paredes | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% | |
| Indice local | Coeficiente de utilización | | | | | | | | | | | | | | |
| Fluorescentes | Semidirecta  2 lámparas de 1.20 o 2.40 m. Montaje de superficie | 20 ↑ ↓ 73 |  | 1.4 x Altura de montaje | Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.65 | J | 0.27 | 0.21 | 0.17 | 0.27 | 0.21 | 0.17 | 0.22 | 0.20 | 0.17 |
| | Directa  2 lámparas empotradas con vidrio plano estrado | 0 ↑ ↓ 53 |  | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.26 | 0.22 | 0.20 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.25 | 0.22 | 0.20 |
| | Directa  2 lámparas empotradas con rejilla difusora de plástico de 45° | 0 ↑ ↓ 52 |  | 1.0 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.24 | 0.21 | 0.18 |
| | Directa  4 lámparas empotradas con rejilla difusora metálica de 30° | 0 ↑ ↓ 59 |  | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.26 | 0.23 | 0.20 |
| | Directa  8 lámparas empotradas con plástico | 1 ↑ ↓ 61 |  | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.27 | 0.22 | 0.20 | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.25 | 0.22 | 0.19 |
| | Directa  Cielo luminoso 50% de transmisión y 80% de reflexión en la cavidad | 0 ↑ ↓ 119 |  | | Bueno 0.65 Medio 0.55 Malo 0.45 | J | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.22 | 0.18 | 0.15 |
| | Directa  Techo con rejilla difusora visera de 45°. 80% de reflexión en la cavidad | 0 ↑ ↓ 65 |  | | Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.55 | J | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.22 | 0.19 | 0.17 |
| | Directa  3 lámparas con rejilla difusora de plástico de 45° Montaje de superficie | 1 ↑ ↓ 51 |  | 1.1 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60 | J | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.22 | 0.19 | 0.17 |
| | Directa  | 1 ↑ ↓ 1 |  | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.19 | 0.16 | 0.14 |

* Eficacia para habitaciones de indice "A" Para habitaciones con otros índices con la menor eficacia con la menor reflexión en la fuente de luz estimada.

* Eficacia para habitaciones de indice "A" Para habitaciones con otros índices con la menor eficacia con la menor reflexión en la fuente de luz estimada.

Fuente: L. A. ...

| e Tipo | Unidad de Alumbrado | Distribución | Distancia entre Lámparas inferiores | Factor de Mantenimiento | Reflexiones | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | Techo | | | 80% | | | 70% | | | 50% | | |
| | | | | | Paredes | | | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% | 50% | 30% | 10% |
| | | | | | Índice local | Coeficiente de utilización | | | | | | | | | | |
| Fluorescente | Directa  2 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie | 7 \| - \| 58  | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60 | J I H G F E D C B A | 0.31 0.27 0.24 0.37 0.33 0.30 0.42 0.37 0.34 0.46 0.42 0.38 0.50 0.45 0.42 0.54 0.50 0.47 0.56 0.52 0.50 0.58 0.55 0.52 0.61 0.59 0.56 0.62 0.60 0.58 | 0.30 0.26 0.23 0.37 0.33 0.29 0.41 0.37 0.34 0.45 0.41 0.38 0.48 0.44 0.41 0.53 0.49 0.46 0.55 0.52 0.49 0.57 0.54 0.52 0.59 0.57 0.55 0.61 0.59 0.57 | 0.29 0.26 0.23 0.36 0.32 0.29 0.40 0.36 0.33 0.43 0.40 0.39 0.46 0.43 0.40 0.50 0.47 0.45 0.53 0.50 0.48 0.54 0.52 0.50 0.57 0.55 0.53 0.58 0.56 0.55 | | | | | | | | |
| | Directa  4 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie | 3 \| - \| 52  | 1.1 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60 | J I H G F E D C B A | 0.28 0.24 0.22 0.34 0.30 0.27 0.38 0.34 0.31 0.41 0.37 0.35 0.44 0.40 0.38 0.47 0.44 0.42 0.50 0.47 0.44 0.51 0.49 0.46 0.53 0.51 0.49 0.55 0.53 0.51 | 0.28 0.24 0.22 0.33 0.30 0.27 0.37 0.34 0.31 0.40 0.37 0.35 0.43 0.40 0.37 0.47 0.44 0.41 0.49 0.46 0.44 0.50 0.48 0.46 0.52 0.50 0.48 0.53 0.52 0.50 | 0.27 0.24 0.22 0.32 0.29 0.27 0.36 0.33 0.30 0.39 0.36 0.34 0.42 0.39 0.37 0.45 0.43 0.41 0.47 0.45 0.43 0.48 0.46 0.45 0.50 0.49 0.48 0.51 0.50 0.49 | | | | | | | | |
| | Directa  2 lámparas 40 W y "Slimline" con repilla difusora de 45° y lado de plástico montaje de superficie | 5 \| - \| 56  | 1.2 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60 | J I H G F E D C B A | 0.27 0.23 0.20 0.33 0.29 0.26 0.37 0.33 0.29 0.41 0.36 0.33 0.44 0.40 0.36 0.48 0.44 0.41 0.51 0.47 0.44 0.53 0.50 0.47 0.56 0.53 0.50 0.57 0.55 0.52 | 0.27 0.23 0.20 0.32 0.28 0.25 0.36 0.32 0.29 0.40 0.36 0.33 0.43 0.39 0.36 0.47 0.43 0.40 0.50 0.46 0.44 0.52 0.49 0.46 0.54 0.52 0.49 0.56 0.54 0.52 | 0.26 0.23 0.20 0.32 0.28 0.25 0.35 0.31 0.29 0.39 0.35 0.32 0.42 0.38 0.35 0.45 0.42 0.39 0.48 0.45 0.42 0.50 0.47 0.45 0.52 0.50 0.48 0.54 0.52 0.50 | | | | | | | | |
| | General Difusa  2 lámparas 40 W "Slimline" con repilla difusora de 35° x 45° suspendida y con lados de plástico | 47 \| - \| 39  | 1.5 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60 | J I H G F E D C B A | 0.24 0.19 0.16 0.32 0.26 0.22 0.38 0.32 0.28 0.44 0.38 0.33 0.49 0.42 0.38 0.56 0.49 0.45 0.60 0.54 0.51 0.64 0.58 0.54 0.68 0.64 0.59 0.71 0.67 0.63 | 0.24 0.19 0.16 0.31 0.25 0.22 0.36 0.31 0.26 0.42 0.36 0.32 0.46 0.41 0.36 0.52 0.47 0.43 0.56 0.51 0.47 0.59 0.55 0.51 0.63 0.59 0.56 0.66 0.63 0.60 | 0.22 0.18 0.15 0.28 0.24 0.20 0.33 0.28 0.25 0.37 0.33 0.29 0.41 0.36 0.33 0.46 0.41 0.38 0.49 0.45 0.42 0.51 0.48 0.45 0.54 0.51 0.49 0.56 0.54 0.52 | | | | | | | | |
| | Semidirecta  4 lámparas 40 W "Slimline" con repilla difusora de 45° suspendida y con lados de plástico | 51 \| - \| 31  | 1.4 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60 | J I H G F E D C B A | 0.24 0.19 0.16 0.30 0.25 0.21 0.36 0.30 0.26 0.41 0.35 0.31 0.46 0.40 0.35 0.52 0.46 0.42 0.57 0.51 0.47 0.60 0.55 0.50 0.64 0.60 0.56 0.67 0.63 0.60 | 0.23 0.18 0.16 0.29 0.24 0.20 0.34 0.29 0.25 0.39 0.33 0.30 0.43 0.38 0.33 0.49 0.43 0.39 0.52 0.48 0.44 0.55 0.51 0.47 0.59 0.56 0.52 0.61 0.58 0.56 | 0.21 0.17 0.15 0.26 0.22 0.19 0.30 0.26 0.23 0.34 0.30 0.27 0.37 0.33 0.30 0.42 0.38 0.34 0.44 0.41 0.38 0.47 0.43 0.41 0.49 0.47 0.45 0.51 0.49 0.47 | | | | | | | | |
| | Semidirecta  4 lámparas 40 W "Slimline" suspendida y con lados y fondo de plástico | 62 \| - \| 14  | 1.5 x Altura de montaje | Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50 | J I H G F E D C B A | 0.16 0.11 0.07 0.21 0.15 0.12 0.26 0.20 0.16 0.32 0.25 0.20 0.36 0.30 0.24 0.42 0.36 0.31 0.46 0.40 0.36 0.50 0.44 0.40 0.54 0.50 0.45 0.57 0.53 0.50 | 0.15 0.10 0.06 0.19 0.15 0.12 0.23 0.19 0.15 0.28 0.23 0.19 0.33 0.26 0.22 0.38 0.33 0.27 0.41 0.36 0.33 0.44 0.40 0.36 0.48 0.44 0.41 0.51 0.48 0.44 | 0.12 0.08 0.06 0.16 0.12 0.08 0.19 0.15 0.12 0.23 0.18 0.15 0.25 0.21 0.18 0.29 0.25 0.22 0.32 0.29 0.25 0.34 0.31 0.28 0.37 0.34 0.32 0.39 0.36 0.34 | | | | | | | | |
| | Indirecta  Moldura sin reflector | Moldura situada de 30 a 45 cms. por debajo del techo. Colocando refle- tores a las lámparas fluo- rescentes aumenta el coefi- ciente de utilización del 5 al 10 por 100. | | Bueno 0.60 Medio 0.50 Malo 0.40 | J I H G F E D C B A | 0.11 0.09 0.06 0.15 0.12 0.10 0.18 0.15 0.12 0.22 0.18 0.16 0.25 0.21 0.19 0.29 0.26 0.22 0.33 0.30 0.28 0.35 0.32 0.30 0.36 0.34 0.32 0.39 0.38 0.36 | 0.09 0.07 0.06 0.13 0.10 0.08 0.16 0.13 0.10 0.20 0.16 0.14 0.21 0.19 0.17 0.25 0.22 0.20 0.28 0.26 0.24 0.31 0.28 0.26 0.32 0.30 0.28 0.35 0.34 0.32 | 0.07 0.05 0.04 0.09 0.07 0.06 0.10 0.09 0.07 0.13 0.11 0.10 0.15 0.13 0.11 0.17 0.15 0.14 0.20 0.19 0.17 0.21 0.20 0.19 0.22 0.21 0.20 0.24 0.23 0.23 | | | | | | | | |
| | Directa  Con lámpara PAR 38, 150 w, difusora Visera de 45° emisión luminosa total, 1730 lúmenes | 0 \| - \| 62  | 0.7 x Altura de montaje | En todas las condiciones 0.75 | J I H G F E D C B A | 0.53 0.51 0.49 0.56 0.54 0.53 0.58 0.56 0.55 0.60 0.58 0.57 0.62 0.60 0.59 0.63 0.62 0.60 0.64 0.63 0.61 0.65 0.64 0.63 0.66 0.65 0.64 0.66 0.66 0.65 | 0.53 0.51 0.49 0.56 0.54 0.53 0.58 0.56 0.55 0.60 0.58 0.57 0.61 0.60 0.59 0.63 0.61 0.60 0.63 0.62 0.61 0.64 0.63 0.63 0.65 0.64 0.63 0.66 0.65 0.64 | 0.52 0.51 0.49 0.56 0.54 0.53 0.57 0.56 0.55 0.60 0.58 0.57 0.61 0.59 0.58 0.62 0.61 0.60 0.63 0.62 0.61 0.63 0.63 0.62 0.64 0.63 0.63 0.64 0.64 0.64 | | | | | | | | |
| | Indirecta  Watts lúmenes 300 5360 600 9300 | 17 \| - \| 15  | 1.5 x Altura de | 300 /50 W Bueno 0.70 Medio 0.60 | J I H G F | 0.13 0.07 0.04 0.18 0.11 0.07 0.23 0.15 0.10 0.28 0.20 0.15 0.33 0.25 0.19 | 0.12 0.07 0.04 0.16 0.10 0.06 0.20 0.14 0.09 0.25 0.18 0.13 0.29 0.22 0.17 | 0.10 0.06 0.03 0.13 0.08 0.05 0.16 0.11 0.07 0.19 0.14 0.10 0.22 0.16 0.12 | | | | | | | | |

determinada se seleccionará entre las que se anexan, sobre la base de similitud de distribución de flujo luminoso y de eficiencia. El coeficiente de utilización puede determinarse por el índice del local y por la reflectancia adecuada en las superficies de la habitación.

Las reflexiones recomendadas, en por ciento, se anotan en la siguiente tabla.

REFLEXIONES RECOMENDADAS EN %

| Superficie | Techo | Paredes | Piso |
|----------------------|-------|---------|-----------|
| Oficinas | 80-92 | 40-60 | 21-39 |
| Plantas industriales | 80-90 | 40-60 | Mínimo 20 |
| Escuelas | 70-90 | 40-60 | 30-50 |
| Residencias | 60-90 | 35-60 | 15-35 |
| Hospitales | 80-92 | 40-60 | 20-40 |

4.- Estimar el factor de conservación.- En el funcionamiento de

cualquier sistema de alumbrado hay tres elementos de conservación que son variables y que afectan a la cantidad de luz obtenida del sistema:

- * Pérdida en la emisión luminosa de la lámpara. La emisión luminosa media a lo largo de la vida de la lámpara es de 10 a 25 % más baja que la inicial. El valor de esta disminución depende del tamaño.

- * Pérdida debida a la acumulación de suciedad sobre la superficie reflectora o transmisora de la luminaria y sobre las propias lámparas.

- * Pérdida de luz reflejada debida a la acumulación de suciedad por las paredes y techos.

En las tablas de coeficientes de utilización que se mencionaron con anterioridad, los factores de conservación que se proporcionan para lámparas y luminarias han sido calculadas para tres condiciones definidas, que son las siguientes:

* Factor de mantenimiento bueno.- Cuando las condiciones atmosféricas son buenas, las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se reponen por el sistema de sustitución en grupos.

* Factor de mantenimiento medio.- Cuando existen condiciones atmosféricas menos limpias, la limpieza de las luminarias no es frecuente y solo se sustituyen las lámparas cuando se funden.

* Factor de mantenimiento malo.- Cuando la atmósfera es bastante sucia y la instalación tiene una conservación deficiente.

5.- Calcular el número de lámparas y luminarias requeridas.- El número de lámparas y luminarias puede calcularse mediante las expresiones siguientes:

$$N_{La} = \frac{E \times S}{I \times CU \times FC}$$

$$N Lu = \frac{N La \cdot I \cdot CU \cdot FC}{E \cdot S \cdot LL}$$

donde:

- N La.- Número de lámparas.
- E.- Nivel de iluminación en luxes.
- S.- Superficie en metros cuadrados.
- I.- Intensidad luminosa en lúmenes.
- CU.- Coeficiente de utilización.
- FC.- Factor de conservación.
- N Lu.- Número de luminarias.
- L L.- Lámparas por luminaria.

6.- Determinar el emplazamiento de las luminarias.- El emplazamiento de las luminarias, depende en general de la arquitectura y dimensiones de la habitación, posición de las salidas existentes, tipo de luminarias, etc.

En las tablas mencionadas de coeficiente de utilización se tiene la columna “distancia entre lámparas inferior a” que proporciona las relaciones máximas permitidas entre la distancia entre lámparas y la altura de montaje, sobre el plano de trabajo, para los distintos tipos de luminarias. En la mayor parte de los casos, es necesario colocar las luminarias más próximas unas a otras, de lo que estas relaciones máximas determinen. Con relación a los equipos fluorescentes es recomendable que sean montados en líneas continuas.

Ejemplo:

Se tiene una oficina de 18.30 metros de ancho por 30.50 metros de largo y con una altura de su techo de 4.00 metros. La reflexión del techo es de 80 % y la de las paredes de 50 %, con una buena conservación de luz para las luminarias y superficie de la habitación.

De acuerdo con el orden mencionado para efectuar el cálculo de alumbrado analizaremos este ejemplo.

TABLA DE DATOS DE LAMPARAS

INCANDESCENTES

| WATTS | VOLTS (TENSION DE OPERACION) | LUMENES INICIALES | VIDA APROX EN HORAS | EFICACIA EN LUMENES/ WATT | FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D. | BASE | BULBO • | ACABADO | LONGITUD TOTAL EN mm |
|-------|------------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------|------------|------------------|----------------------------|
| 40 | 125 | 465 | 1000 | 12 | 0.875 | MEDIA | A-19 | PERLA o CLARO | 108 |
| 60 | 125 | 870 | 1000 | 15 | 0.93 | " | " | " | 112 |
| 60 | 220 | 480 | 1000 | 8 | 0.93 | " | " | " | " |
| 75 | 125 | 1098 | 1000 | 15 | 0.92 | " | " | " | " |
| 100 | 125 | 1565 | 1000 | 16 | 0.905 | " | " | " | " |
| 100 | 220 | 1250 | 1000 | 13 | 0.90 | " | " | " | " |
| 150 | 125 | 2300 | 1000 | 15 | 0.875 | " | A-23 | " | 157 |
| 150 | 220 | 2100 | 1000 | 14 | 0.87 | " | " | " | " |
| 200 | 125 | 3500 | 1000 | 18 | 0.85 | " | PS-25 | " | 176 |
| 200 | 220 | 3000 | 1000 | 15 | 0.90 | " | " | " | " |
| 300 | 125 | 5750 | 1000 | 19 | 0.825 | " | PS 30 | " | 204 |
| 300 | 220 | 4830 | 1000 | 16 | 0.89 | " | " | " | " |
| 500 | 125 | 9825 | 1000 | 20 | 0.89 | MOGUL | PS-40 | " | 247 |
| 500 | 220 | 8900 | 1000 | 18 | 0.87 | " | " | " | " |
| 1000 | 220 | 19500 | 1000 | 20 | 0.89 | " | PS-52 | " | 331 |

*NOTA LA LETRA INDICA LA FORMA DEL BULBO U BOMBILLO Y EL NUMERO QUE LE SIGUE EL DIAMETRO MAXIMO DEL MISMO EN OCTAVOS DE PULGADA

EJEMPLO: PS-40
PS-PERA CON CUELLO RECTO
40/8" DE DIAMETRO

Hokopline

GRUPO DE LAMPARAS FLUORESCENTES

| WATTS | | ACABADO | LUMENES INICIALES | VIDA EN HORAS | EFICACIA LUMENES/WATT | FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D. | BASE | BULBO | LONGITUD EN CENTIMETROS | ENCENDIDO |
|------------------------------------|----------|-------------|-------------------|---------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|-------|-------------------------|----------------|
| 22 | CIRCULAR | BLANCO FRIO | 1050 | 12000 | 48 | 0.72 | 4 ALFILERES | T-9 | 20.96 φ | RAPIDO |
| 22 | CIRCULAR | LUZ DE DIA | 850 | 12000 | 39 | 0.72 | 4 ALFILERES | T-9 | 20.96 φ | RAPIDO |
| 32 | CIRCULAR | BLANCO FRIO | 1900 | 12000 | 59 | 0.82 | 4 ALFILERES | T-9 | 30.48 φ | RAPIDO |
| 32 | CIRCULAR | LUZ DE DIA | 1500 | 12000 | 47 | 0.82 | 4 ALFILERES | T-9 | 30.48 φ | RAPIDO |
| 40 | CIRCULAR | BLANCO FRIO | 2600 | 12000 | 65 | 0.77 | 4 ALFILERES | T-9 | 40.64 φ | RAPIDO |
| ALTA DESCARGA H. O. 800 mA | | | | | | | | | | |
| 20 | | BLANCO FRIO | 1300 | 9000 | 65 | 0.85 | MEDIANA 2 ALFILERES | T-12 | 60.96 | CON ARRANCADOR |
| 20 | | LUZ DE DIA | 1075 | 9000 | 54 | 0.85 | MEDIANA 2 ALFILERES | T-12 | 60.96 | CON ARRANCADOR |
| 21 | | LUZ DE DIA | 1030 | 7500 | 49 | 0.81 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 60.96 | INSTANTANEO |
| 39 | | BLANCO FRIO | 3000 | 9000 | 77 | 0.82 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 121.92 | INSTANTANEO |
| 39 | | LUZ DE DIA | 2500 | 9000 | 64 | 0.82 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 121.92 | INSTANTANEO |
| 40 | | BLANCO FRIO | 3150 | 12000 | 79 | 0.83 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 121.92 | RAPIDO |
| 40 | | LUZ DE DIA | 2600 | 12000 | 65 | 0.83 | MEDIANA 2 ALFILERES | T-12 | 121.92 | RAPIDO |
| 40 | TIPO "U" | BLANCO FRIO | 2900 | 12000 | 73 | 0.84 | MEDIANA 2 ALFILERES | T-12 | 57.15 | RAPIDO |
| 75 | | BLANCO FRIO | 6300 | 12000 | 84 | 0.89 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 243.84 | INSTANTANEO |
| 75 | | LUZ DE DIA | 5450 | 12000 | 73 | 0.89 | SLIMLINE UN ALFILER | T-12 | 243.84 | INSTANTANEO |
| MUY ALTA DESCARGA V. H. O. 1500 mA | | | | | | | | | | |
| 60 | | BLANCO FRIO | 4300 | 12000 | 72 | 0.82 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 121.92 | RAPIDO |
| 85 | | BLANCO FRIO | 6650 | 12000 | 78 | 0.72 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 182.88 | RAPIDO |
| 110 | | BLANCO FRIO | 9200 | 12000 | 84 | 0.82 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 243.84 | RAPIDO |
| 110 | | LUZ DE DIA | 7800 | 12000 | 71 | 0.82 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | T-12 | 243.84 | RAPIDO |
| POWER GROOVE 1500 mA | | | | | | | | | | |
| 110 | | BLANCO FRIO | 7450 | 12000 | 68 | 0.69 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | PG-17 | 121.92 | RAPIDO |
| 165 | | BLANCO FRIO | 11500 | 12000 | 70 | 0.69 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | PG-17 | 182.88 | RAPIDO |
| 215 | | BLANCO FRIO | 16000 | 12000 | 74 | 0.69 | 2 CONTACTOS EMBUTIDA | PG-17 | 243.84 | RAPIDO |

Holografina

DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

| WATTS | ACABADO | LUMENES INICIALES | VIDA APROX. EN HORAS | EFICACIA EN LUMENES/WATTS | FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D | BASE | BULBO | LONG. TOTAL APROX. EN CMS |
|-------|-----------------|-------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------|-------|---------------------------|
| 100 | BLANCO DE LUJO | 4200 | 24,000 | 42 | 0.67 | MOGUL | BT-25 | 19.1 |
| 175 | BLANCO DE LUJO | 8600 | | 49 | 0.75 | | E-28 | 21 |
| 175 | COLOR CORREGIDO | 7250 | | 41 | 0.79 | | E-28 | 21 |
| 250 | BLANCO DE LUJO | 12100 | | 48 | 0.74 | | E-28 | 21 |
| 250 | COLOR CORREGIDO | 10700 | | 43 | 0.80 | | E-28 | 21 |
| 400 | BLANCO DE LUJO | 22500 | | 56 | 0.70 | | BT-37 | 29.2 |
| 400 | COLOR CORREGIDO | 20500 | | 51 | 0.76 | | BT-37 | 29.2 |
| 700 | BLANCO DE LUJO | 44500 | | 64 | 0.64 | | BT-46 | 36.8 |
| 1000 | BLANCO DE LUJO | 63000 | | 63 | 0.49 | | BT-56 | 39 |
| 1000 | COLOR CORREGIDO | 55000 | | 55 | 0.59 | | BT-56 | 39 |

DATOS DE LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS

| | | | | | | | | |
|------|-----------|--------|-------|-----|------|-------|-------|------|
| 175 | CLARO | 14000 | 10000 | 80 | 0.71 | MOGUL | BT-28 | 21.1 |
| 175 | FOSFORADO | 14000 | 10000 | 80 | 0.71 | | BT-28 | 21.1 |
| 250 | CLARO | 20500 | 10000 | 82 | 0.75 | | BT-28 | 21.1 |
| 250 | FOSFORADO | 20500 | 10000 | 82 | 0.75 | | BT-28 | 21.1 |
| 400 | CLARO | 36000 | 20000 | 90 | 0.72 | | BT-37 | 29.2 |
| 400 | FOSFORADO | 36000 | 20000 | 90 | 0.72 | | BT-37 | 29.2 |
| 1000 | CLARO | 110000 | 12000 | 110 | 0.64 | | BT-56 | 39 |
| 1000 | FOSFORADO | 105000 | 12000 | 105 | 0.64 | | BT-56 | 39 |
| 1500 | CLARO | 155000 | 3000 | 103 | 0.91 | | BT-56 | 39* |
| 1500 | CLARO | 155000 | 3000 | 103 | 0.91 | | BT-56 | 39** |

DATOS DE LAMPARAS VAPOR DE SODIO ALTA PRESION

| | | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|------|------|-------|----------|------|
| 70 | CLARO | 5800 | 24 000 | 83 | 0.90 | MOGUL | E-23 1/2 | 19.7 |
| 70 | DIFUSO | 5400 | | 77 | 0.90 | | E-23 1/2 | 19.7 |
| 100 | CLARO | 9500 | | 95 | 0.90 | | E-23 1/2 | 19.7 |
| 100 | DIFUSO | 8800 | | 88 | 0.90 | | E-23 1/2 | 19.7 |
| 150 (55) | CLARO | 16000 | | 107 | 0.89 | | E-28 | 19.7 |
| 150 (55) | DIFUSO | 15000 | | 100 | 0.89 | | E-28 | 19.7 |
| 250 | CLARO | 27500 | | 110 | 0.88 | | E-18 | 24.8 |
| 250 | DIFUSO | 26000 | | 104 | 0.88 | | E-28 | 22.9 |
| 400 | CLARO | 50000 | | 125 | 0.86 | | E-18 | 24.8 |
| 400 | DIFUSO | 47500 | | 119 | 0.86 | | E-37 | 28.7 |
| 1000 | CLARO | 140000 | 140 | 0.84 | E-25 | 38.3 | | |

* BASE ARRIBA

** BASE ABAJO

Hidrocarburos

DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO BAJA PRESION

| WATTS | ACABADO | LUMENES INICIALES | VIDA APROX. EN HORAS | EFICACIA LUMEN/WATT | FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D. | BASE | BULBO | LONG. TOTAL EN CMS |
|-------|---------|-------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------|--------|-------|--------------------|
| 18 | CLARO | 1800 | 20 000 | 100 | 1.0 | B, 22d | T-54 | 21.6 |
| 35 | | 4800 | | 137 | | | | 31.1 |
| 55 | | 8000 | | 145 | | | | 42.5 |
| 90 | | 13500 | | 150 | | | T-68 | 52.8 |
| 135 | | 22500 | | 167 | | | | 77.5 |
| 180 | | 33000 | | 183 | | | | 112.00 |

DATOS DE LAMPARAS DE IODO CUARZO

| WATTS | ACABADO | VOLTS (TENSION) | LUMENES INICIALES | VIDA APROX. EN HORAS | EFICACIA LUMENES WAT. | FACTOR DE DEPRECIACION | BASE | BULBO | LONG TOTAL CMS. |
|-------|---------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-------|-----------------|
| 500 | CLARO | 125 | 10 950 | 2 000 | 22 | 0.96 | CONTACTO EMBUTIDO | T-3 | 11.9 |
| 1000 | | 220 | 21 400 | | 21 | | | | 25.6 |
| 1500 | | 220 | 35 800 | | 24 | | | | 25.6 |

DATOS DE LAMPARAS DE LUZ MIXTA

| | | | | | | | | | |
|-----|-----------------|-----|-------|------|----|------|---------|------------|------|
| 160 | COLOR CORREGIDO | 220 | 3000 | 6000 | 19 | 0.60 | MEDIANA | E - 23 1/2 | 18.4 |
| 250 | | | 5500 | | 22 | 0.65 | MOGUL | E - 28 | 23.8 |
| 500 | | | 12500 | | 25 | 0.75 | MOGUL | E - 37 | 28.6 |

Industria

1.- Con relación a la tabla de niveles de iluminación recomendados, para una oficina de este tipo nos marca, de acuerdo con el I.E.S. 1000 luxes y con el S.M.I.I. 600 luxes. Trabajaremos con el valor recomendado por I.E.S. de 1000 luxes.

2.- Se seleccionan luminarias fluorescentes de 4 x 40 watts de arranque rápido del tipo semi-indirecto y rejilla inferior montadas a 0.61 metros por debajo del techo.

3.- De acuerdo con la tabla de índice de local, para este caso el valor es "A". El coeficiente de utilización, de acuerdo con la tabla correspondiente, para un local de 80 % de reflectancia del techo y de 50 % de las paredes es 0.67 metros.

4.- De la misma tabla de coeficiente de utilización, obtenemos un factor de mantenimiento de 0.70.

5.- Sustituyendo los valores anteriores en la expresión correspondiente para el cálculo de número de luminarias y de acuerdo con

las características de una lámpara fluorescente de 40 watts, que tiene 2900 lúmenes, obtenemos:

$$N_{Lu} = \frac{1000 \times 18.30 \times 30.50}{4 \times 2900 \times 0.67 \times 0.70} = 102$$

6.- Con relación a las dimensiones de la oficina, una distribución de 8 filas de 13 luminarias cada una proporciona una iluminación satisfactoria, con una separación dentro del máximo recomendado.

Método de punto por punto.

Este método se basa en la cantidad real de luz que se ha producido en cada punto del área iluminada. Esto requiere un conocimiento de la forma según la cual la luz se distribuye desde las diversas fuentes de iluminación que se tienen para tal efecto. Se tienen las siguientes relaciones

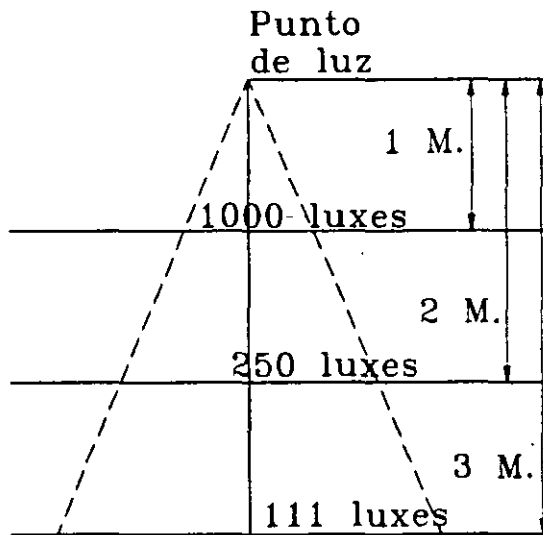
fundamentales:

1.- Fuentes puntiformes.- La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Una lámpara incandescente sola o en un globo cerrado, puede generalmente ser tratada como una fuente de luz puntiforme.

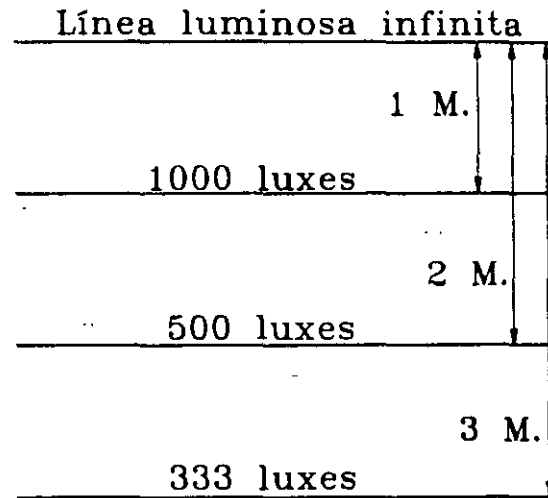
2.- Fuentes lineales de longitud infinita.- La iluminación es inversamente proporcional a la distancia. Una fila de lámparas fluorescentes o incluso una lámpara fluorescente a corta distancia se aproximan a una fuente lineal.

3.- Fuente superficial de área infinita.- La iluminación no cambia con la distancia. Un grupo pánel luminoso o un techo iluminado por medios totalmente indirectos se aproxima a esta condición, y dentro de ciertos límites, la iluminación no cambiará mucho con la distancia.

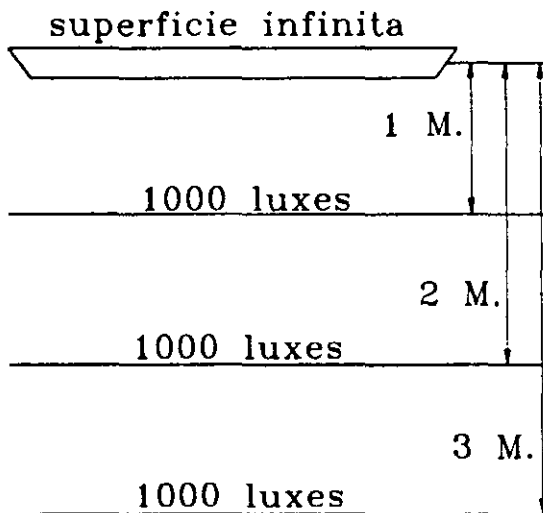
4.- Haz paralelo de luz.- La iluminación no cambia con la distancia. Una fuente verdaderamente puntiforme en un reflector



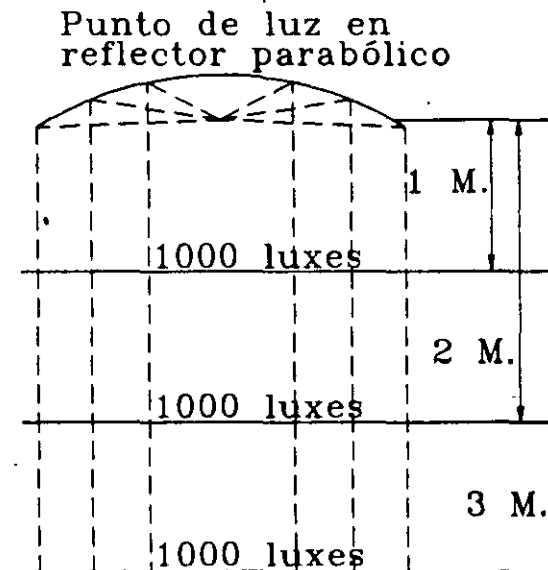
1.-Fuentes puntiformes



2.-Fuentes lineales de longitud infinita



3.-Fuente superficial de área infinita.



4.-Haz paralelo de luz.

perfectamente parabólico, produciría un haz de rayos paralelos, sin embargo, como cualquier fuente de luz tiene dimensiones finitas o sea nunca se alcanzará un haz paralelo completo.

La ley de la inversa de los cuadrados se puede usar para calcular la iluminación de proyectores, focos concentradores y otras luminarias productoras de haces, más allá de una cierta distancia mínima, determinada por el diámetro y la distancia focal del reflector y el tamaño de la fuente de luz.

Teóricamente, la ley de la inversa de los cuadrados está basada en una fuente de luz puntiforme que radia uniformemente en todas las direcciones. Así, donde la fuente de luz es grande y extensa, sea una línea de luz o una área de gran superficie, no podrá generalmente usarse el método de punto por punto para calcular la iluminación para distancias normales de trabajo. Se podría usar en todo caso para cualquier fuente de luz, a condición de que la distancia entre la fuente y la superficie iluminada sea suficientemente grande con respecto al tamaño de la fuente. Con fuentes difusoras de luz, se acepta generalmente como distancia mínima, para poder

calcular con exactitud razonable la iluminación, cinco veces la dimensión mayor de la fuente.

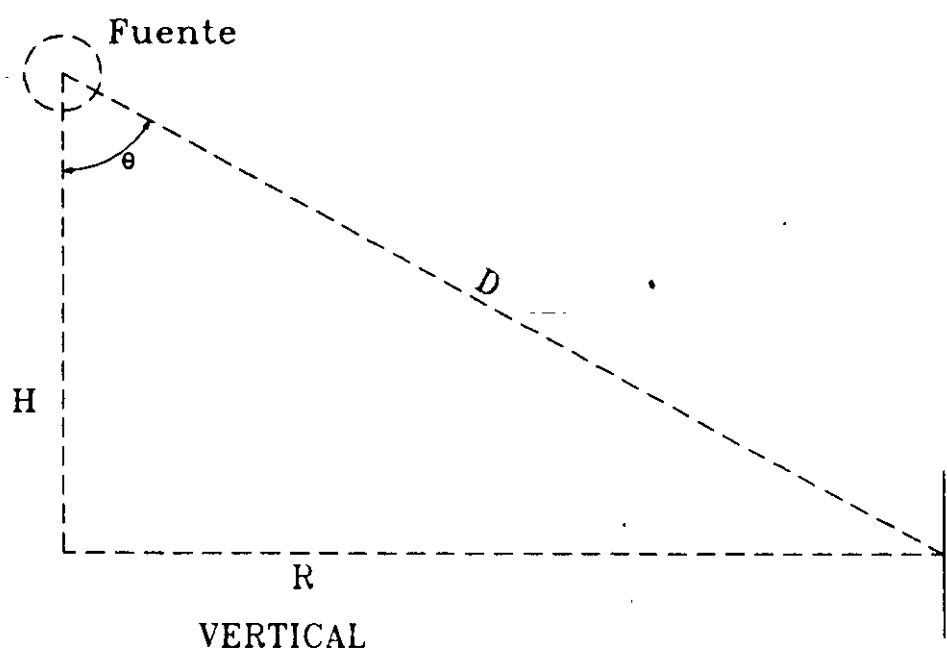
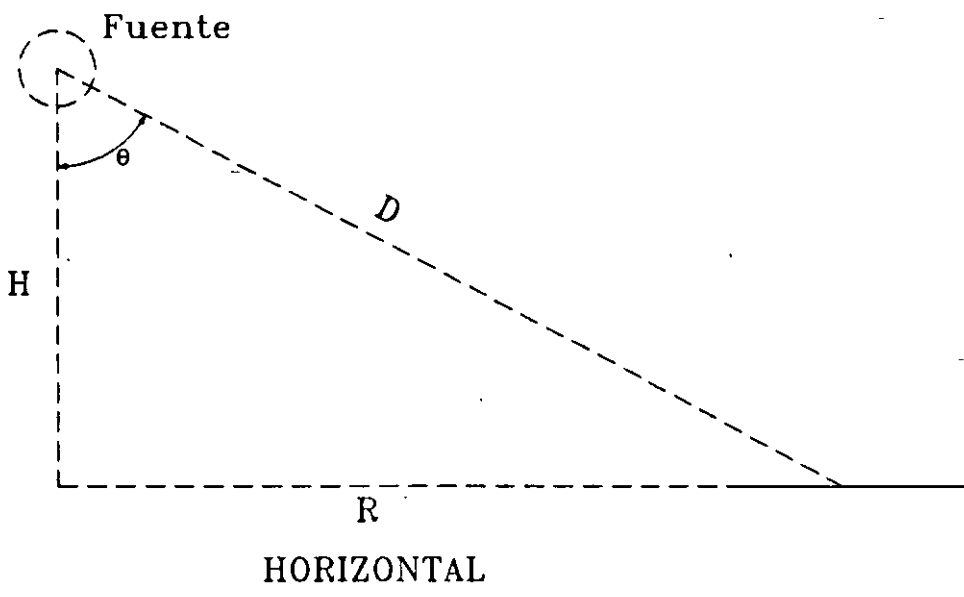
En los casos en que se den estas condiciones y en los que haya curva de distribución luminosa de la fuente, se puede determinar la iluminación sobre la superficie horizontal o vertical, mediante el empleo de las fórmulas siguientes:

$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2} \quad (\text{superficie horizontal})$$

$$E = \frac{I \times \text{sen } \theta}{D^2} \quad (\text{superficie vertical})$$

donde:

- E.- Nivel de iluminación en luxes.
- I.- Intensidad luminosa en candelas.



D.- Distancia de la fuente luminosa al lugar iluminado,

 en metros.

y como:

$$\text{seno } \theta = \frac{R}{D} \quad \text{y,} \quad \text{coseno } \theta = \frac{H}{D}$$

Las fórmulas pueden escribirse de la forma siguiente:

En el plano horizontal:

$$E = \frac{I \times H}{D^3} = \frac{I \times \cos^3 \theta}{H^2}$$

En el plano vertical:

$$E = \frac{I \times R}{D^3} = \frac{I \times \cos^2 \theta \times \text{sen } \theta}{H^2}$$

Para facilitar el cálculo de los niveles de iluminación en el plano horizontal, se tienen las tablas que se anexan las que se usarán siguiendo los tres puntos siguientes:

1.- Determinar el ángulo en grados de la figura anterior por medio de la tabla.

2.- De la curva de distribución luminosa de la fuente de luz, determinar la intensidad luminosa de la fuente, en la dirección correspondiente al punto de que se trata.

3.- Multiplicar la intensidad luminosa (candelas) hallada en el punto 2 por el factor de multiplicación que es la cifra inferior de cada casilla de la tabla y luego dividir el resultado por la intensidad luminosa (100 ó 100000 candelas) sobre el que se base la parte de la tabla que se ha utilizado.

El resultado así obtenido es la iluminación en luxes en ese punto.

TABLA DE CALCULO DE NIVELES LUMINOSOS POR EL SISTEMA "PUNTO POR PUNTO"
 Números superiores: Angulo entre la dirección de la luz y el eje vertical.
 Números inferiores: LUX sobre el plano horizontal para la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

| Altura de la fuente luminosa sobre la superficie, en metros | DISTANCIA HORIZONTAL AL EJE DE LA FUENTE LUMINOSA (m.) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 0,30 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | 2,10 | 2,45 | 2,75 | 3,05 | 3,35 | 3,65 | 3,95 |
| | LUX POR CADA 100 CANDELAS | | | | | | | | | | | | | |
| 0,60 | 0° 250,00 | 27° 178,50 | 45° 111,50 | 56° 74,75 | 64° 53,25 | 68° 42,90 | 71° 36,42 | 74° 32,28 | 76° 30,55 | 78° 29,55 | 79° 29,00 | 80° 28,42 | 81° 27,81 | 81° 27,18 |
| 0,90 | 0° 111,10 | 18° 95,00 | 34° 64,00 | 45° 39,33 | 51° 24,00 | 55° 15,22 | 58° 10,00 | 61° 6,80 | 64° 4,77 | 67° 3,56 | 70° 2,64 | 73° 2,05 | 76° 1,61 | 77° 1,26 |
| 1,20 | 0° 62,50 | 14° 57,07 | 27° 41,72 | 37° 27,00 | 43° 19,04 | 47° 14,13 | 50° 10,50 | 54° 7,64 | 57° 5,59 | 60° 4,19 | 63° 3,20 | 66° 2,59 | 69° 2,18 | 71° 1,89 |
| 1,50 | 0° 40,00 | 11° 37,21 | 22° 26,92 | 31° 20,22 | 37° 15,04 | 42° 10,13 | 45° 7,50 | 49° 5,45 | 52° 4,08 | 55° 3,08 | 58° 2,31 | 61° 1,78 | 64° 1,39 | 66° 1,05 |
| 1,80 | 0° 27,78 | 7° 26,71 | 18° 23,22 | 27° 19,87 | 34° 16,00 | 40° 12,60 | 44° 9,82 | 48° 7,66 | 51° 6,00 | 54° 4,74 | 57° 3,78 | 60° 3,03 | 63° 2,49 | 66° 2,01 |
| 2,10 | 0° 20,41 | 5° 19,80 | 14° 18,14 | 21° 15,85 | 27° 13,36 | 33° 11,00 | 38° 8,91 | 43° 7,22 | 47° 5,81 | 51° 4,71 | 55° 3,85 | 58° 3,16 | 61° 2,61 | 64° 2,18 |
| 2,45 | 0° 15,61 | 4° 15,27 | 11° 14,27 | 17° 12,81 | 23° 11,18 | 29° 9,51 | 34° 8,00 | 39° 6,72 | 43° 5,52 | 47° 4,58 | 51° 3,81 | 54° 3,18 | 57° 2,67 | 60° 2,25 |
| 2,75 | 0° 12,15 | 3° 12,12 | 11,48 | 16,54 | 21,93 | 27,11 | 32,11 | 37,11 | 42,11 | 47,11 | 51,11 | 54,11 | 57,11 | 60,11 |
| 3,05 | 0° 10,00 | 2° 9,85 | 9,41 | 12,79 | 17,01 | 21,16 | 26,11 | 31,11 | 36,11 | 41,11 | 46,11 | 51,11 | 56,11 | 61,11 |
| 3,35 | 0° 8,26 | 1° 8,16 | 7,87 | 10,72 | 14,66 | 19,23 | 24,29 | 29,29 | 34,29 | 39,29 | 44,29 | 49,29 | 54,29 | 59,29 |
| 3,65 | 0° 6,94 | 0° 6,87 | 6,68 | 9,14 | 12,53 | 16,46 | 21,27 | 26,27 | 31,27 | 36,27 | 41,27 | 46,27 | 51,27 | 56,27 |
| 3,95 | 0° 5,92 | 0° 5,87 | 5,71 | 7,87 | 10,81 | 14,21 | 18,47 | 23,21 | 28,21 | 33,21 | 38,21 | 43,21 | 48,21 | 53,21 |
| 4,25 | 0° 5,10 | 0° 5,06 | 4,95 | 6,72 | 9,34 | 12,54 | 16,76 | 21,41 | 26,41 | 31,41 | 36,41 | 41,41 | 46,41 | 51,41 |
| 4,55 | 0° 4,44 | 0° 4,42 | 4,31 | 5,87 | 8,01 | 10,81 | 14,61 | 19,21 | 24,21 | 29,21 | 34,21 | 39,21 | 44,21 | 49,21 |
| 4,90 | 0° 3,91 | 0° 3,88 | 3,82 | 5,17 | 6,93 | 9,39 | 12,41 | 16,11 | 20,41 | 25,41 | 30,41 | 35,41 | 40,41 | 45,41 |
| 5,20 | 0° 3,46 | 0° 3,44 | 3,41 | 4,54 | 6,06 | 8,16 | 10,81 | 14,21 | 18,21 | 22,21 | 27,21 | 32,21 | 37,21 | 42,21 |
| 5,50 | 0° 3,03 | 0° 3,02 | 3,01 | 3,97 | 5,27 | 7,07 | 9,41 | 12,41 | 16,41 | 20,41 | 25,41 | 30,41 | 35,41 | 40,41 |
| 5,80 | 0° 2,72 | 0° 2,72 | 2,71 | 3,67 | 4,87 | 6,47 | 8,81 | 11,81 | 15,81 | 20,81 | 25,81 | 30,81 | 35,81 | 40,81 |
| 6,10 | 0° 2,50 | 0° 2,49 | 2,46 | 3,32 | 4,42 | 5,82 | 7,82 | 10,42 | 13,82 | 18,22 | 23,22 | 28,22 | 33,22 | 38,22 |

6-34

MANUAL DE ALUMBRADO WESTINGHOUSE

| Altura de la fuente luminosa sobre la superficie, en metros | DISTANCIA HORIZONTAL AL EJE DE LA FUENTE LUMINOSA (m.) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 0,30 | 0,60 | 0,90 | 1,20 | 1,50 | 1,80 | 2,10 | 2,45 | 2,75 | 3,05 | 3,35 | 3,65 | 3,95 |
| | LUX POR CADA 100 CANDELAS | | | | | | | | | | | | | |
| 6,40 | 0° 2,27 | 0° 2,26 | 2,24 | 3,01 | 4,01 | 5,31 | 6,91 | 8,91 | 11,41 | 14,41 | 17,91 | 21,91 | 26,41 | 31,41 |
| 6,70 | 0° 2,07 | 0° 2,06 | 2,05 | 2,71 | 3,61 | 4,81 | 6,41 | 8,41 | 10,91 | 13,91 | 17,41 | 21,41 | 25,91 | 30,91 |
| 7,00 | 0° 1,89 | 0° 1,89 | 1,87 | 2,53 | 3,43 | 4,63 | 6,23 | 8,23 | 10,73 | 13,73 | 17,23 | 21,23 | 25,73 | 30,73 |
| 7,30 | 0° 1,74 | 0° 1,73 | 1,72 | 2,38 | 3,28 | 4,48 | 6,08 | 8,08 | 10,58 | 13,58 | 17,08 | 21,08 | 25,58 | 30,58 |
| 7,60 | 0° 1,60 | 0° 1,60 | 1,58 | 2,24 | 3,14 | 4,34 | 5,94 | 7,94 | 10,44 | 13,44 | 16,94 | 20,94 | 25,44 | 30,44 |
| 8,25 | 0° 1,47 | 0° 1,47 | 1,46 | 2,02 | 2,92 | 4,12 | 5,72 | 7,72 | 10,22 | 13,22 | 16,72 | 20,72 | 25,22 | 30,22 |
| 9,15 | 0° 1,11 | 0° 1,11 | 1,11 | 1,67 | 2,57 | 3,77 | 5,37 | 7,37 | 9,87 | 12,87 | 15,87 | 19,87 | 24,87 | 29,87 |
| 10,05 | 0° 0,92 | 0° 0,92 | 0,91 | 1,47 | 2,37 | 3,57 | 5,17 | 7,17 | 9,67 | 12,67 | 15,67 | 19,67 | 24,67 | 29,67 |
| 11,00 | 0° 0,77 | 0° 0,77 | 0,77 | 1,33 | 2,23 | 3,43 | 5,03 | 7,03 | 9,53 | 12,53 | 15,53 | 19,53 | 24,53 | 29,53 |
| 12,20 | 0° 0,63 | 0° 0,63 | 0,62 | 1,19 | 2,09 | 3,29 | 4,89 | 6,89 | 9,39 | 12,39 | 15,39 | 19,39 | 24,39 | 29,39 |
| 13,70 | 0° 0,49 | 0° 0,49 | 0,49 | 0,99 | 1,89 | 2,89 | 4,49 | 6,49 | 8,99 | 11,99 | 14,99 | 18,99 | 23,99 | 28,99 |
| 15,25 | 0° 0,39 | 0° 0,39 | 0,39 | 0,79 | 1,59 | 2,59 | 4,19 | 6,19 | 8,69 | 11,69 | 14,69 | 18,69 | 23,69 | 28,69 |
| 16,75 | 0° 0,33 | 0° 0,33 | 0,33 | 0,63 | 1,23 | 2,23 | 3,83 | 5,83 | 8,33 | 11,33 | 14,33 | 18,33 | 23,33 | 28,33 |
| 18,30 | 0° 0,28 | 0° 0,28 | 0,28 | 0,53 | 1,13 | 2,13 | 3,73 | 5,73 | 8,23 | 11,23 | 14,23 | 18,23 | 23,23 | 28,23 |
| 21,35 | 0° 0,20 | 0° 0,20 | 0,20 | 0,40 | 0,80 | 1,40 | 2,40 | 3,60 | 5,20 | 7,20 | 9,20 | 12,20 | 16,20 | 20,20 |
| LUX POR CADA 100 000 CANDELAS | | | | | | | | | | | | | | |
| 24,40 | 0° 0,15610 | 0° 0,15620 | 0,15610 | 0,21190 | 0,31370 | 0,44550 | 0,61730 | 0,84910 | 1,16090 | 1,57270 | 2,11450 | 2,86630 | 3,91810 | 5,32990 |
| 30,50 | 0° 0,10840 | 0° 0,10830 | 0,10820 | 0,14760 | 0,22140 | 0,31320 | 0,43700 | 0,59880 | 0,81060 | 1,09440 | 1,47820 | 1,99200 | 2,73580 | 3,69960 |
| 38,10 | 0° 0,08100 | 0° 0,08090 | 0,08080 | 0,10820 | 0,16200 | 0,22580 | 0,31360 | 0,42740 | 0,58120 | 0,77500 | 1,03880 | 1,38260 | 1,84640 | 2,51020 |
| 45,70 | 0° 0,06110 | 0° 0,06100 | 0,06090 | 0,08130 | 0,12210 | 0,16890 | 0,23270 | 0,31650 | 0,42030 | 0,55410 | 0,73790 | 0,98170 | 1,29550 | 1,74930 |
| 53,35 | 0° 0,04650 | 0° 0,04640 | 0,04630 | 0,06170 | 0,09250 | 0,12930 | 0,17610 | 0,23990 | 0,32370 | 0,42750 | 0,56130 | 0,74510 | 0,98890 | 1,31270 |
| 60,95 | 0° 0,03650 | 0° 0,03640 | 0,03630 | 0,04670 | 0,06750 | 0,09430 | 0,13110 | 0,17790 | 0,24170 | 0,32550 | 0,42930 | 0,56310 | 0,74690 | 0,99070 |

6-35

DISEÑO DE ALUMBRADO DE INTERIORES

El nivel luminoso sobre las superficies verticales—en puntos fuera del plano vertical que comprende la fuente luminosa—puede ser determinado usando el factor de multiplicación encontrado al utilizar la tabla el revés: la altura de la

TABLA DE CALCULO DE NIVELES LUMINOSOS POR EL SISTEMA "PUNTO POR PUNTO" (Continuación)
 Números superiores: Angulo entre la dirección de la luz y el eje vertical.
 Números inferiores: LUX sobre el plano horizontal para la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

| | | DISTANCIA HORIZONTAL AL EJE DE LA FUENTE LUMINOSA (m) | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 3.95 | 4.25 | 4.55 | 4.85 | 5.50 | 6.10 | 6.70 | 7.30 | 7.90 | 8.55 | 9.15 | 10.65 | 12.20 | 15.25 |
| Altura de la fuente luminosa sobre la superficie, en metros | | LUX POR CADA 100 CANDELAS | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,60 | 81° 0,90 | 82° 0,70 | 82° 0,58 | 81° 0,48 | 81° 0,38 | 81° 0,28 | 85° 0,20 | 85° 0,15 | 86° 0,11 | 86° 0,08 | 87° 0,07 | 87° 0,04 | 87° 0,03 | 87° 0,00 |
| | 0,90 | 77° 1,26 | 78° 1,00 | 79° 0,81 | 80° 0,70 | 81° 0,50 | 81° 0,36 | 82° 0,22 | 83° 0,21 | 83° 0,16 | 84° 0,12 | 84° 0,11 | 85° 0,07 | 85° 0,04 | 85° 0,02 |
| | 1,20 | 71° 1,59 | 74° 1,30 | 75° 1,07 | 76° 0,90 | 78° 0,64 | 79° 0,47 | 80° 0,32 | 81° 0,28 | 81° 0,22 | 82° 0,18 | 82° 0,15 | 83° 0,09 | 83° 0,06 | 83° 0,03 |
| | 1,50 | 69° 1,85 | 70° 1,52 | 72° 1,26 | 73° 1,06 | 74° 0,77 | 76° 0,57 | 77° 0,43 | 78° 0,41 | 79° 0,27 | 80° 0,22 | 81° 0,17 | 82° 0,10 | 83° 0,08 | 83° 0,03 |
| | 1,80 | 66° 2,05 | 67° 1,70 | 68° 1,42 | 69° 1,20 | 71° 0,88 | 73° 0,66 | 75° 0,51 | 76° 0,40 | 77° 0,32 | 78° 0,26 | 79° 0,21 | 80° 0,13 | 81° 0,09 | 81° 0,05 |
| | 2,10 | 62° 2,18 | 63° 1,81 | 65° 1,54 | 66° 1,31 | 69° 0,92 | 71° 0,71 | 73° 0,52 | 74° 0,45 | 75° 0,36 | 76° 0,29 | 77° 0,23 | 79° 0,16 | 80° 0,10 | 80° 0,06 |
| | 2,45 | 58° 2,25 | 60° 1,91 | 62° 1,63 | 63° 1,40 | 66° 1,05 | 68° 0,80 | 70° 0,61 | 72° 0,50 | 73° 0,40 | 74° 0,32 | 75° 0,26 | 77° 0,18 | 78° 0,12 | 78° 0,08 |
| | 2,75 | 55° 2,28 | 57° 1,96 | 59° 1,68 | 61° 1,46 | 64° 1,10 | 66° 0,85 | 68° 0,67 | 69° 0,51 | 71° 0,41 | 72° 0,35 | 73° 0,29 | 75° 0,19 | 76° 0,13 | 76° 0,09 |
| | 3,05 | 52° 2,22 | 54° 1,96 | 56° 1,68 | 58° 1,49 | 61° 1,15 | 63° 0,89 | 65° 0,71 | 67° 0,57 | 69° 0,46 | 70° 0,40 | 72° 0,32 | 74° 0,21 | 75° 0,14 | 75° 0,09 |
| | 3,35 | 50° 2,21 | 52° 1,95 | 54° 1,71 | 56° 1,50 | 59° 1,17 | 61° 0,92 | 63° 0,74 | 65° 0,60 | 67° 0,49 | 69° 0,40 | 70° 0,34 | 73° 0,21 | 74° 0,15 | 74° 0,09 |
| | 3,65 | 47° 2,17 | 49° 1,91 | 51° 1,69 | 53° 1,50 | 56° 1,19 | 58° 0,94 | 61° 0,76 | 63° 0,65 | 65° 0,51 | 67° 0,43 | 68° 0,36 | 71° 0,21 | 73° 0,17 | 73° 0,09 |
| | 3,95 | 45° 2,09 | 47° 1,87 | 49° 1,66 | 51° 1,48 | 54° 1,19 | 57° 0,96 | 59° 0,78 | 62° 0,63 | 64° 0,51 | 65° 0,44 | 67° 0,37 | 70° 0,25 | 72° 0,17 | 72° 0,10 |
| | 4,25 | 43° 2,01 | 45° 1,80 | 47° 1,62 | 49° 1,46 | 52° 1,18 | 55° 0,96 | 58° 0,79 | 60° 0,65 | 62° 0,53 | 63° 0,46 | 65° 0,39 | 68° 0,26 | 71° 0,18 | 71° 0,11 |
| | 4,55 | 41° 1,92 | 43° 1,74 | 45° 1,57 | 47° 1,42 | 50° 1,17 | 53° 0,96 | 56° 0,79 | 58° 0,66 | 60° 0,55 | 62° 0,47 | 63° 0,40 | 67° 0,27 | 69° 0,19 | 69° 0,11 |
| | 4,90 | 39° 1,83 | 41° 1,67 | 43° 1,52 | 45° 1,38 | 48° 1,15 | 51° 0,95 | 54° 0,80 | 56° 0,67 | 58° 0,56 | 60° 0,48 | 62° 0,41 | 66° 0,28 | 68° 0,20 | 68° 0,12 |
| 5,20 | 37° 1,74 | 39° 1,59 | 41° 1,46 | 43° 1,34 | 47° 1,12 | 50° 0,94 | 52° 0,79 | 55° 0,69 | 57° 0,57 | 59° 0,48 | 60° 0,42 | 65° 0,29 | 67° 0,21 | 67° 0,12 | |
| 5,50 | 36° 1,65 | 38° 1,52 | 40° 1,40 | 42° 1,29 | 46° 1,09 | 49° 0,92 | 51° 0,79 | 53° 0,67 | 55° 0,57 | 57° 0,49 | 59° 0,42 | 63° 0,30 | 65° 0,21 | 65° 0,12 | |
| 5,80 | 34° 1,56 | 36° 1,45 | 38° 1,34 | 40° 1,23 | 44° 1,06 | 47° 0,90 | 49° 0,77 | 52° 0,66 | 54° 0,57 | 56° 0,49 | 58° 0,42 | 62° 0,30 | 64° 0,22 | 64° 0,11 | |
| 6,10 | 33° 1,47 | 35° 1,37 | 37° 1,28 | 39° 1,19 | 43° 1,01 | 45° 0,88 | 48° 0,76 | 50° 0,66 | 52° 0,57 | 54° 0,49 | 56° 0,41 | 60° 0,30 | 62° 0,22 | 62° 0,11 | |

6-36

MANUAL DE ALUMBRADO WESTINGHOUSE

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Altura de la fuente luminosa sobre la superficie, en metros | 6,40 | 32° 1,39 | 34° 1,31 | 36° 1,22 | 37° 1,14 | 41° 0,99 | 44° 0,86 | 46° 0,75 | 49° 0,65 | 51° 0,56 | 54° 0,49 | 55° 0,43 | 59° 0,31 | 62° 0,23 | 67° 0,13 |
| | 6,70 | 31° 1,32 | 33° 1,24 | 35° 1,14 | 36° 1,09 | 40° 0,96 | 43° 0,84 | 45° 0,73 | 47° 0,64 | 50° 0,56 | 52° 0,49 | 53° 0,43 | 58° 0,31 | 61° 0,23 | 66° 0,14 |
| | 7,00 | 29° 1,25 | 31° 1,18 | 33° 1,11 | 34° 1,05 | 38° 0,92 | 41° 0,81 | 43° 0,71 | 45° 0,63 | 49° 0,55 | 51° 0,49 | 52° 0,43 | 57° 0,31 | 60° 0,23 | 65° 0,14 |
| | 7,30 | 28° 1,18 | 30° 1,12 | 32° 1,06 | 33° 1,00 | 37° 0,89 | 40° 0,79 | 42° 0,70 | 44° 0,61 | 47° 0,54 | 49° 0,48 | 50° 0,42 | 55° 0,31 | 58° 0,23 | 63° 0,14 |
| | 7,60 | 27° 1,12 | 29° 1,06 | 31° 1,01 | 32° 0,96 | 36° 0,86 | 39° 0,76 | 41° 0,68 | 43° 0,60 | 46° 0,53 | 48° 0,47 | 49° 0,42 | 54° 0,31 | 57° 0,23 | 62° 0,15 |
| | 8,25 | 26° 1,00 | 27° 0,96 | 29° 0,92 | 30° 0,87 | 34° 0,79 | 37° 0,70 | 39° 0,64 | 42° 0,57 | 44° 0,51 | 46° 0,46 | 48° 0,41 | 52° 0,31 | 56° 0,23 | 61° 0,15 |
| | 9,15 | 23° 0,86 | 25° 0,81 | 27° 0,80 | 28° 0,77 | 32° 0,70 | 34° 0,64 | 36° 0,58 | 39° 0,53 | 41° 0,48 | 43° 0,43 | 45° 0,39 | 49° 0,31 | 53° 0,23 | 58° 0,15 |
| | 10,05 | 22° 0,74 | 23° 0,72 | 24° 0,69 | 25° 0,67 | 29° 0,62 | 31° 0,56 | 33° 0,51 | 36° 0,45 | 38° 0,40 | 40° 0,36 | 42° 0,32 | 47° 0,23 | 50° 0,15 | 55° 0,08 |
| | 11,00 | 20° 0,64 | 21° 0,62 | 22° 0,61 | 23° 0,59 | 27° 0,55 | 29° 0,50 | 31° 0,45 | 34° 0,40 | 36° 0,36 | 38° 0,32 | 40° 0,28 | 44° 0,20 | 48° 0,15 | 53° 0,08 |
| | 12,20 | 18° 0,54 | 19° 0,53 | 20° 0,51 | 21° 0,50 | 25° 0,47 | 27° 0,42 | 29° 0,38 | 32° 0,32 | 34° 0,29 | 36° 0,25 | 38° 0,22 | 42° 0,15 | 46° 0,10 | 51° 0,05 |
| | 13,70 | 16° 0,44 | 17° 0,43 | 18° 0,42 | 19° 0,41 | 23° 0,40 | 25° 0,36 | 27° 0,32 | 30° 0,26 | 32° 0,23 | 34° 0,20 | 36° 0,17 | 40° 0,10 | 44° 0,07 | 49° 0,03 |
| | 15,25 | 15° 0,36 | 16° 0,36 | 16° 0,35 | 17° 0,35 | 21° 0,34 | 23° 0,30 | 25° 0,27 | 28° 0,21 | 30° 0,18 | 32° 0,15 | 34° 0,12 | 38° 0,07 | 42° 0,05 | 47° 0,02 |
| | 16,75 | 13° 0,31 | 14° 0,30 | 15° 0,29 | 16° 0,29 | 20° 0,28 | 22° 0,24 | 24° 0,21 | 27° 0,15 | 29° 0,12 | 31° 0,09 | 33° 0,07 | 37° 0,04 | 41° 0,03 | 46° 0,01 |
| | 18,30 | 12° 0,26 | 13° 0,26 | 14° 0,25 | 15° 0,25 | 19° 0,24 | 21° 0,20 | 23° 0,17 | 26° 0,11 | 28° 0,08 | 30° 0,06 | 32° 0,04 | 36° 0,02 | 40° 0,01 | 45° 0,00 |
| | 21,35 | 11° 0,19 | 12° 0,19 | 13° 0,19 | 14° 0,19 | 18° 0,19 | 20° 0,15 | 22° 0,12 | 25° 0,06 | 27° 0,04 | 29° 0,03 | 31° 0,02 | 35° 0,01 | 39° 0,00 | 44° 0,00 |
| | LUX POR CADA 100 000 CANDELAS | | | | | | | | | | | | | | |
| 24,40 | 9° 150,10 | 10° 144,10 | 11° 138,20 | 11° 132,30 | 13° 114,90 | 14° 102,70 | 15° 91,30 | 17° 74,10 | 18° 64,10 | 19° 55,10 | 21° 41,60 | 22° 36,60 | 24° 27,60 | 27° 18,60 | 32° 9,60 |
| 30,50 | 7° 97,61 | 8° 92,12 | 9° 86,60 | 9° 81,10 | 11° 67,90 | 12° 59,90 | 13° 51,90 | 15° 38,10 | 16° 32,10 | 17° 27,10 | 19° 18,60 | 20° 16,60 | 22° 12,60 | 24° 9,60 | 27° 4,60 |
| 38,10 | 6° 62,97 | 6° 62,66 | 6° 62,62 | 6° 62,50 | 7° 62,09 | 7° 61,61 | 7° 61,13 | 8° 60,59 | 8° 60,11 | 8° 59,63 | 9° 59,18 | 9° 58,72 | 10° 58,26 | 11° 57,80 | 12° 57,34 |
| 45,70 | 4° 31,95 | 5° 31,95 | 5° 31,95 | 5° 31,95 | 6° 31,95 | 6° 31,95 | 6° 31,95 | 7° 31,95 | 7° 31,95 | 7° 31,95 | 8° 31,95 | 8° 31,95 | 9° 31,95 | 9° 31,95 | 10° 31,95 |
| 53,35 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 | 4° 12,18 |
| 60,95 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 | 4° 4,81 |

6-37

DISEÑO DE ALUMBRADO DE INTERIORES

El nivel luminoso sobre las superficies verticales—en puntos fuera del plano vertical que comprende la fuente lumí-

Estas tablas también pueden utilizarse para calcular niveles de iluminación sobre superficies verticales en puntos de un plano que sea normal al plano vertical que incluye a la fuente de luz y al punto. Cuando el punto está sobre una superficie vertical que no es normal al plano vertical que contiene la fuente y al punto, se debe considerar el ángulo adicional.

Ejemplo.

Un punto se encuentra 10 pies abajo y 20 pies a la derecha de una fuente luminosa cuya potencia uniformemente distribuida es de 1000 candelas. Determinése la iluminación producida por ese punto en los planos siguientes:

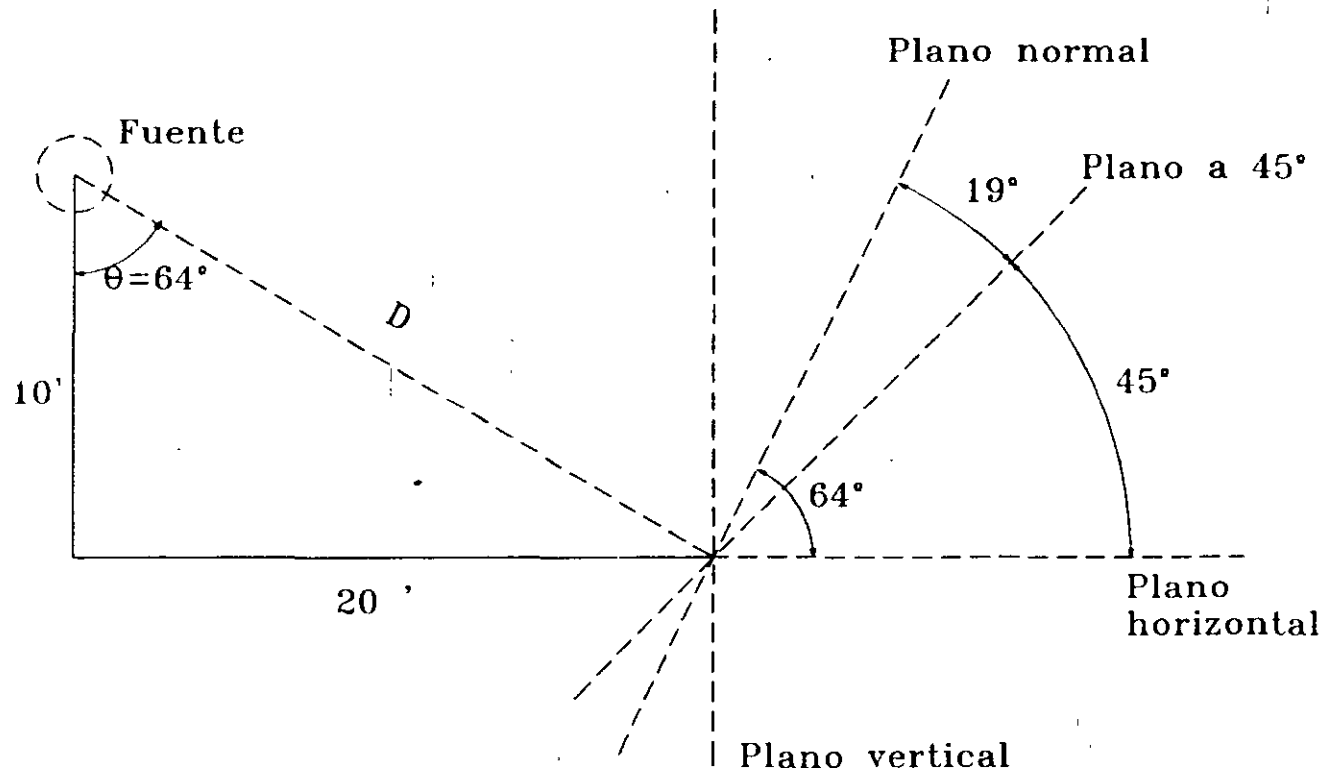
Plano normal.

Plano horizontal.

Plano vertical.

Plano a 45 grados con referencia al plano horizontal.

Cálculos:



$$\tan \theta = 20/10 = 2.0$$

$$\theta = 64^\circ$$

$$d^2 = a^2 + b^2 = (10)^2 + (20)^2 = 500$$

$$E_n = I / d^2 = 1000 / 500 = 2 \text{ bujias-pie}$$

$$E_h = E_n \cos \theta = (2) (\cos 64^\circ) = 0.88 \text{ bujias-pie}$$

$$E_v = E_n \sin \theta = (2) (\sin 64^\circ) = 1.80 \text{ bujias-pie}$$

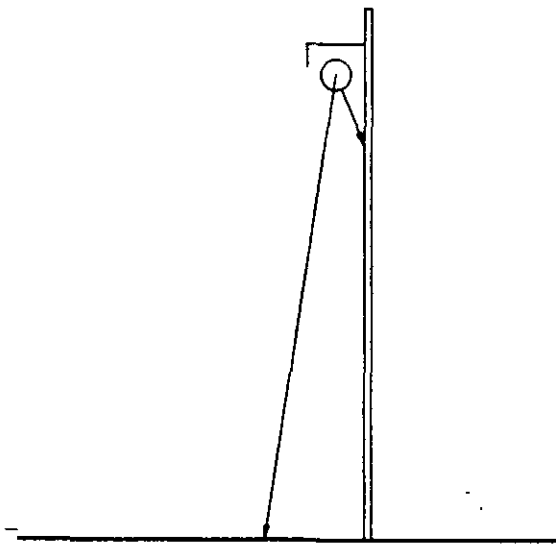
$$E_{45^\circ} = E_n \cos 19^\circ = (2) (0.95) = 1.90 \text{ bujias-pie}$$

Cargas de alumbrado arquitectónica.

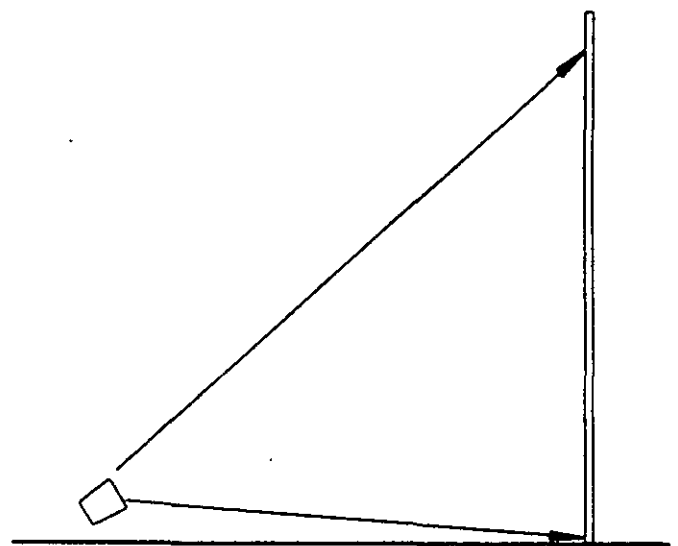
El fin primordial de estas cargas es proporcionar los efectos de contraste entre luz y sombra para hacer resaltar las características particulares de una construcción, aunque en algunas ocasiones puede tener también fines utilitarios.

Podemos clasificar estas cargas de la forma siguiente:

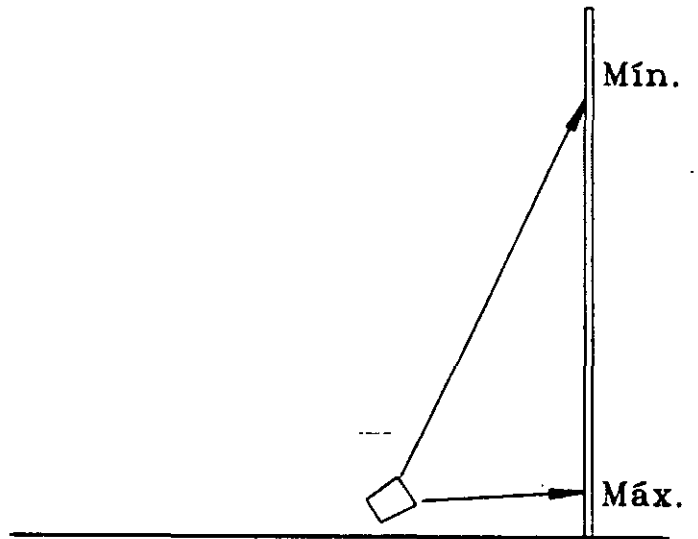
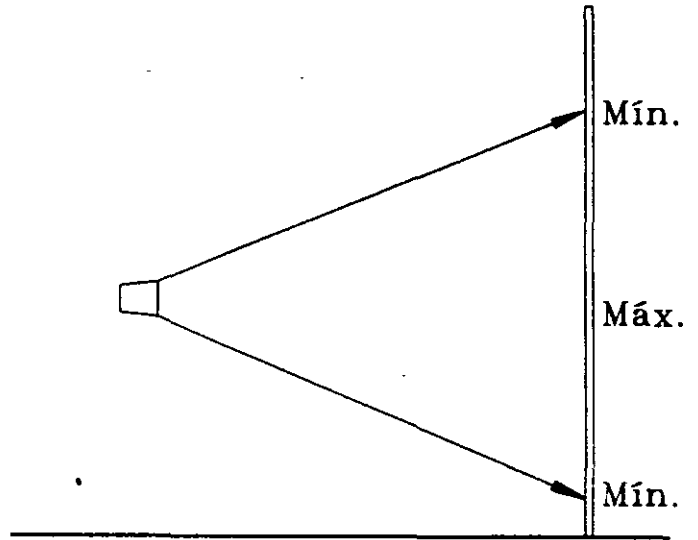
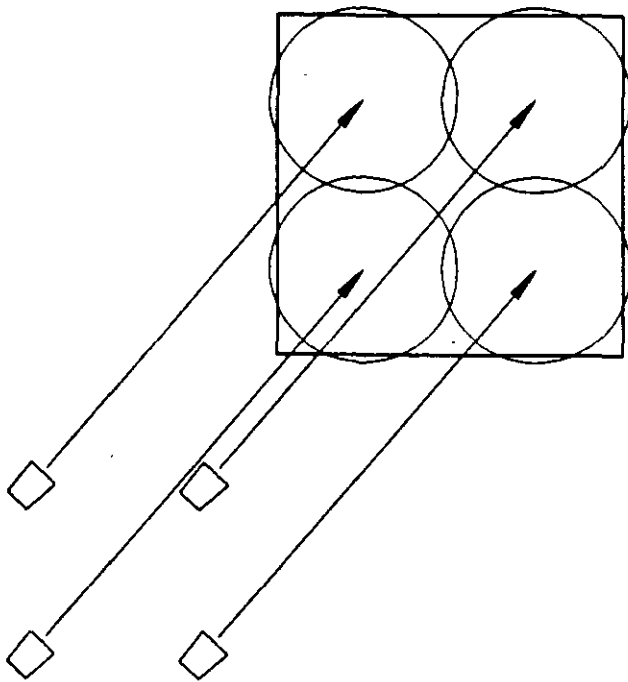
- * Con proyectores.
- * Rasante.



RASANTE



PROYECTOR



La carga con proyectores presenta un ángulo de incidencia grande, además de una iluminación uniforme. El problema que se tiene con esta carga es el de su posición con el fin de poderla dejar oculta.

La carga rasante proporciona un ángulo de incidencia pequeño con una iluminación concentrada. Su problema al igual que la anterior es el de ocultar la fuente de iluminación.

B.- Cargas de aparatos.- Criterio para determinar cargas.

Las cargas de aparatos pueden ser:

- * Definidas.
- * Indefinidas.

Carga definida.- Las cargas definidas son por ejemplo: calefactores, acondicionadores de aire, aparatos domésticos, equipos telefónicos, equipos de sonido, alarmas, rayos X, etc.

Por lo que corresponde a estas cargas, es importante conocer su capacidad y su localización exacta al desarrollarse el proyecto. Estas pueden ser fijas o móviles, en el caso de ser fijas de deberá tener un medio de desconexión. Si son móviles deberá instalarse un contacto especial para su alimentación.

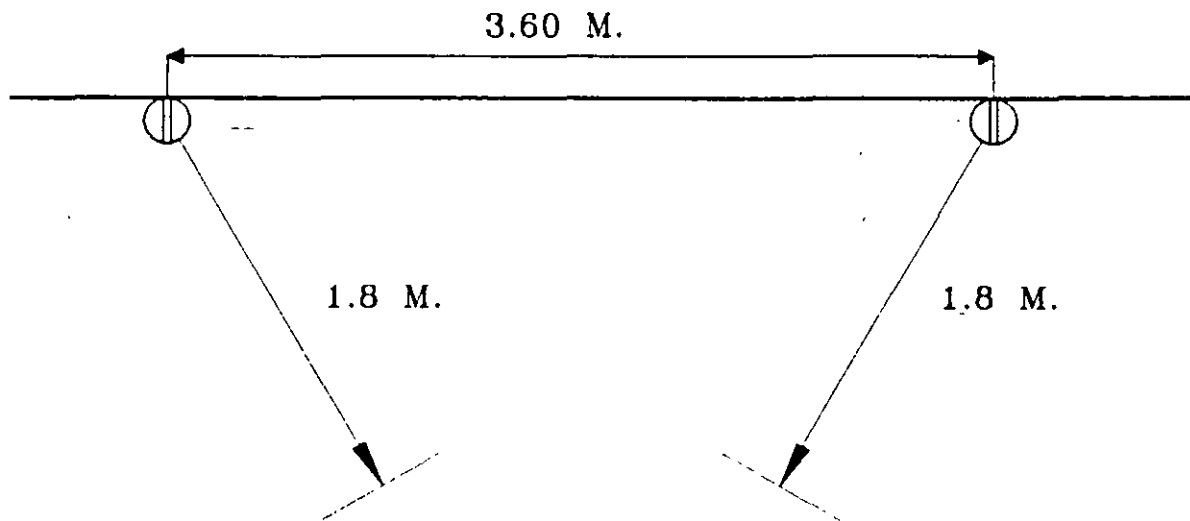
Las cargas de aparatos domésticos son las siguientes:

| | WATTS TIPICOS | VOLTAJE USUAL |
|--------------------|---------------|---------------|
| Planchadora | 1600 | 127 |
| Lavadora ropa | 1200 | 127 |
| Secadora | 5000 | 127 - 220 |
| Plancha | 1000 | 127 |
| Calentador de agua | 3000 | 127 - 220 |
| Calefactor | 1000 - 2500 | 127 - 220 |
| Televisor | 300 | 127 |
| Acondicionador | 1200 - 2400 | 127 - 220 |
| Estufa | 12000 | 127 - 220 |
| Horno | 4500 | 127 - 220 |

| | WATTS TIPICOS | VOLTAJE USUAL |
|-----------------|---------------|---------------|
| Parrilla | 3000 - 6000 | 127 - 220 |
| Lavadora platos | 1200 | 127 |
| Triturador | 300 | 127 |
| Asador | 1500 | 127 |
| Cafetera | 1000 | 127 |
| Refrigerador | 300 | 127 |
| Congelador | 400 | 127 |

Carga indefinida.- Esta provee el uso de aparatos pequeños o de alumbrado suplementario en una zona determinada. Su uso implica utilizar elementos de conexión, conocidos con el nombre de contactos.

Para su localización no existe una regla fija, pudiéndose situar donde sea posible el uso de un aparato. Debe considerarse el alcance máximo normal de los conductores de los aparatos por conectarse los que por lo general tienen aproximadamente 1.80 metros, por lo tanto el espaciamiento máximo puede ser de 3.60 metros. De acuerdo donde se vayan a instalar estos contactos se tienen las siguientes recomendaciones:



$S < 40 \text{ M}^2$: 1 contacto / 3 M.
 $S > 40 \text{ M}^2$: 8 contactos + 3 contactos cada 40 M^2 .

Residencias.- Los contactos por habitación, deberán tener un espaciamiento máximo de 3.60 metros.

Oficinas.- Para una superficie normal de 40 metros cuadrados un contacto cada 3 metros de muro. Para una superficie mayor, 8 contactos por los primeros 40 metros cuadrados con 3 más por cada 40 metros cuadrados adicionales.

Escuelas.- Un contacto por cada muro.

Locales comerciales.- Un contacto por cada 40 metros cuadrados.

C.- Cargas de fuerza.- Parámetros necesarios para su determinación.

Las cargas de fuerza son las que corresponden a los motores eléctricos. Están definidas por las características de placa de este dispositivo.

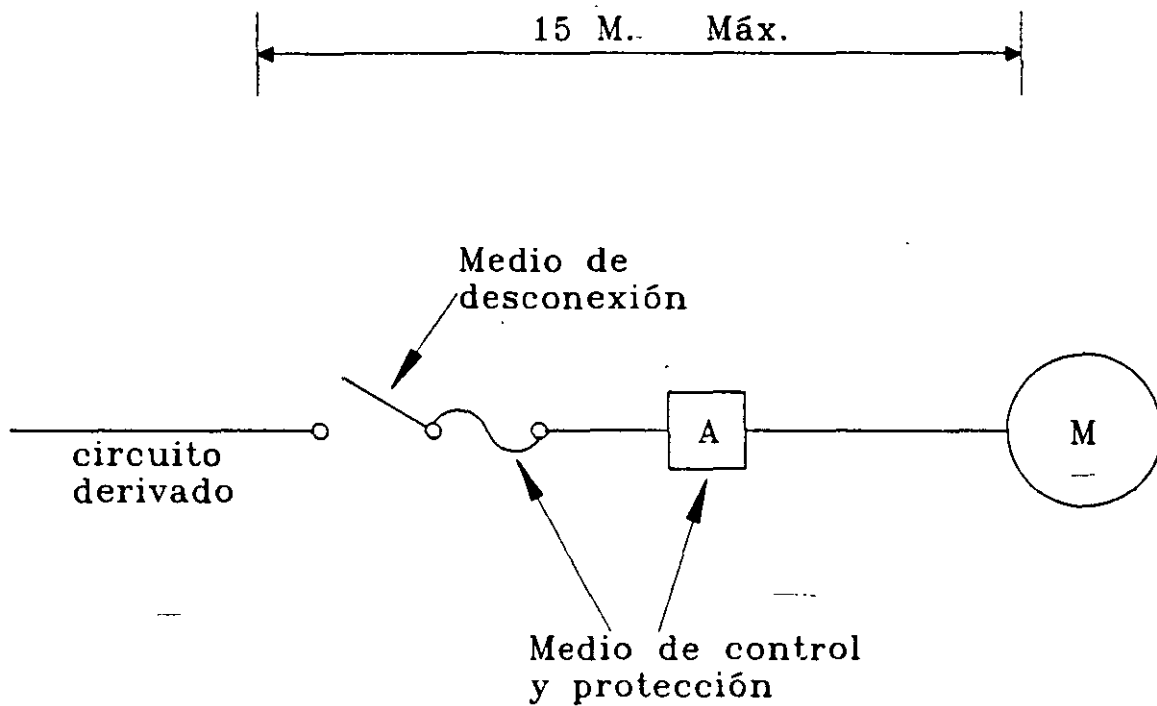
La localización de estas cargas deberá ser accesible para su montaje, su servicio y su operación.

El circuito básico de las mismas contempla los siguientes elementos indispensables para su operación:

- * Medio de control y protección.
- * Medio de desconexión.

Tanto los medios de control y protección como los de desconexión deberán estar visibles desde el motor, con objeto de tener una mayor seguridad. Al considerarse la carga de un motor se deberá tener presente que durante el arranque ésta aumenta de 5 a 7 veces.

Finalmente, de acuerdo con la reglamentación existente en México, para motores mayores de 10 C. P. es necesario utilizar arrancadores con voltaje reducido.



CIRCUITO ELEMENTAL
DE UN MOTOR.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema
MEDIOS DE SOPORTE Y PROTECCIÓN DE
LOS CONDUCTORES

EXPOSITOR: ING. LAZARO PONCE DIAZ
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003

MEDIOS DE SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

BASADOS EN LA NOM-001-SEDE-1999

CONTENIDO:

ART. 300 METODOS DE ALAMBRADO

ART. 318 SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CABLES

ART. 331 TUBO NO-METALICO

ART. 332 TUBO DE POLIETILENO

ART. 345 TUBO METALICO TIPO SEMIPESADO

ART. 346 TUBO METALICO TIPO PESADO

ART. 347 TUBO RIGIDO NO-METALICO

ART. 348 TUBO METALICO TIPO LIGERO

ART. 350 TUBO METALICO FLEXIBLE

ART. 351 TUBO FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS METALICO Y NO-METALICO

ART. 352 CANALIZACIONES SUPERFICIALES METALICAS Y NO METALICAS

ART. 362 CONDUCTOS METALICOS Y NO- METALICOS CON TAPA

ING. LÁZARO PONCE DÍAZ

ART. 300 - METODOS DE ALAMBRADO

A. Disposiciones generales

300-1. Alcance

a) **Todas las instalaciones.** Las disposiciones de este Artículo aplican a todas las instalaciones y métodos de alambrado, salvo las excepciones siguientes:

Excepción 1: Sistemas intrínsecamente seguros. ART. 504

Excepción 2: circuitos clase 1, clase 2 y clase 3. Art 725

Excepción 3: Circuitos de señalización para protección de contra incendios. Art 760

Excepción 4: Cables de fibra óptica. Art. 770

Excepción 5: Sistemas de comunicaciones. Art. 800

Excepción 6. Equipo de radio y televisión. Art. 810

Excepción 7: Sistemas de distribución comunitaria de antena de radio y televisión. Art. 820

b) **Partes integrales de equipo.** No aplica a los conductores que sean parte integral de equipo, tales como: motores, controladores, centros de control de motores, equipos ensamblados en fabrica.

300-2 Limitaciones

a) **Tensión eléctrica.** ... aplica para tensión de **600 V o menor** . . .

b) **Temperatura.** La temperatura máxima del conductor debe estar de acuerdo con lo indicado en 310-10.

300-3 Conductores

a) **Conductores individuales.** Los cables monoconductores especificados en Tabla 310-13 solo den instalarse . según Capitulo 3.

b) **Conductores del mismo circuito.** Todos los conductores del mismo circuito, el conductor puesto a tierra y los de puesta a tierra del equipo deben instalarse en la misma canalización, charola, zanja o cable.

c) **Conductores de sistemas diferentes.**

1) **Tensión eléctrica nominal hasta 600 V.**

... circuitos de c.a. y de c.c. pueden ocupar la misma canalización, envolvente o cable...

... todos los conductores deben tener un aislamiento adecuado para la tensión nominal máxima . . . dentro de la canalización ... (no aplica a conductores blindados)

2) **Tensión eléctrica nominal mayor a 600 V.** no deben ocupar ... la misma canalización que los conductores para tensiones iguales o menores de 600 V.

300-4 Protección contra daño físico. En donde los conductores estén expuestos a daño físico, deben protegerse adecuadamente.

a) Cables y canalizaciones a través de piezas estructurales de madera

b) Cables con cubierta no-metálica y tubo no-metálico que pasen a través de piezas estructurales metálicas

c) Cables a través de espacios detrás de paneles diseñados para permitir acceso

d) Cables y canalizaciones sobre estructuras

e) Cable y canalizaciones instalados en ranuras poco profundas

f) Protección de material aislante.

300-5 Instalaciones subterráneas.

a) **Requisitos de profundidad mínima.**

Ver Tabla 300-5 Profundidad mínima para sistemas hasta 600 V nominal (cm)

b) **Puesta a tierra.** Todas las instalaciones subterráneas deben estar conectadas a tierra de acuerdo al Art. 250

c) **Cables subterráneos bajo edificios.**.... deben colocarse en una canalización ...

d) **Protección contra daños.** Los cables directamente enterrados que salgan de instalaciones subterráneas deben protegerse con canalizaciones ... desde ... 0,45 m (máximo) por debajo del piso terminado hasta 2,50 m sobre el nivel de piso terminado.

e) **Empalmes y derivaciones.** Se permite hacer empalmes o derivaciones en cables directamente enterrados sin utilizar cajas de empalme de acuerdo a 110-14 (b).

f) **Rellenos.** ... los rellenos no deben dañar las canalizaciones o los cables, ... no deben usarse rocas grandes, de pavimento, escorias, corrosivos ...

g) **Sellado de canalización.** ... El tubo debe sellarse en uno o ambos extremos cuando la humedad pudiera hacer contacto con partes energizadas

Tabla 300-5. Profundidad mínima para sistemas hasta 600 V nominal (cm)

| Lugar o método de alambrado o circuito | Método de alambrado o circuito | | | | |
|--|-----------------------------------|---|---|--|--|
| | 1 Cable directamente enterrado | 2 Tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado | 3 Canalización no-metálica listada para enterrarse directamente sin concreto ahogado u otra canalización aprobada para tal uso | 4 Circuitos derivados residenciales hasta 127 V con protección ICFT y protección de sobrecorriente máxima de 20 A | 5 Circuito de control para riego e iluminación exterior limitado a 30 V e instalado con cable tipo UF u otros cables o canalizaciones |
| Todas las condiciones no especificadas abajo | 60 | 15 | 45 | 30 | 15 |
| En zanjas protegidos por concreto de 5 cm de espesor o equivalente | 45 | 15 | 30 | 15 | 15 |
| Bajo edificios | 0 (sólo en canalizaciones) | 0 | 0 | 0 (sólo en canalizaciones) | 0 (sólo en canalizaciones) |
| Bajo banqueta de concreto con espesor mínimo de 10 cm, extendiéndose 15 cm mínimo más allá de la instalación subterránea | 45 | 10 | 10 | 15 (directamente enterrado) 10 (en canalizaciones) | 15 (directamente enterrado) 10 (en canalizaciones) |
| Bajo arroyo | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| En entradas y estacionamiento para viviendas unifamiliares | 45 | 45 | 45 | 30 | 45 |
| En aeropuertos, en pistas y lugares adyacentes en donde se prohíba el paso | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |

El enterramiento se define como la distancia más corta medida entre la superficie de cualquier conductor directamente enterrado, cable, tubo u otras canalizaciones y la superficie de la tierra, cubierta de concreto u otra cubierta similar.

- h) **Boquillas.** ... en el punto donde los cables directamente enterrados entren en un tubo o canalización deben protegerse colocando un monitor (boquilla) o sello adecuado..
- i) **Conductores del mismo circuito.** ... Todos los conductores del mismo circuito deben instalarse juntos en una misma canalización o trinchera incluyendo los conductores puestos a tierra y de puesta a tierra (neutro y física)
- j) **Asentamiento del terreno.** Cuando las canalizaciones o cables directamente enterrados estén sujetos a asentamiento ... del terreno los conductores y equipos conectados deben protegerse para prevenir daños .

300-6 Protección contra la corrosión. Las canalizaciones metálicas ... y accesorios ... deben ser de materiales aprobados para el medio ambiente donde se instalen conforme con 110-2...

- a) **Disposiciones generales.** Las canalizaciones ... y accesorios de fierro ... deben protegerse contra la corrosión en su interior y en su exterior (excepto las roscas) con una capa de material aprobado tal cromo, zinc, cadmio o esmalte . .
- b) **En concreto o en contacto directo con la tierra.** Las canalizaciones ... y accesorios de material ferroso o no-ferroso ... deben fabricarse con materiales adecuados para esa condición o protegidos con una protección adecuada.
- c) **Lugares mojados en interiores.** ...en lugares donde las paredes estén o puedan estar mojadas (lecherías, lavanderías, fabricas de conserva) las tuberías y accesorios deben montarse en las paredes con una separación mínima de 6 mm ...

300-7 Canalizaciones expuestas a diferentes temperaturas

- a) **Sellado.** ... en cámaras frigoríficas o instalaciones similares se debe impedir la circulación de aire a través de la canalización desde una sección caliente a una fría ...
- b) **Juntas de expansión.** ... deben instalarse para compensar la expansión y contracción térmica

300-8 Instalación de conductores con otros sistemas. Las canalizaciones o soportes tipo charola para cables no deben contener tuberías para vapor, agua, aire, gas o cualquier otro servicio que no sea eléctrico.

300-9 Puesta a tierra de envolventes metálicas. Las canalizaciones metálicas, cajas, gabinetes, cables armados y accesorios deben estar puestas a tierra como indica el Art 250.

300-10 Continuidad eléctrica de envolventes y canalizaciones metálicas. Las canalizaciones metálicas, armaduras de cables y otras envolventes metálicas ... y sus accesorios deben proporcionar una continuidad eléctrica efectiva.

300-11 Fijación y soportes.

- a) **Fijación correcta.** Las canalizaciones, conjunto de cables, cajas, gabinetes y accesorios deben estar firmemente sujetos en su lugar.
- b) **Canalizaciones usadas como medio de soporte.** Las canalizaciones ... (eléctricas) ... no deben usarse como medio de soporte para otras canalizaciones, cables o equipo no eléctrico.

300-12 Continuidad mecánica de canalización y cables. Las canalizaciones metálicas y no metálicas .. (tubos) ..., armaduras y cubiertas de los cables deben ser continuas entre gabinetes, cajas, accesorios u otras cubiertas, envolventes o salidas

300-13 Continuidad eléctrica y mecánica de conductores

- a) **Disposiciones generales.** En las canalizaciones, los conductores deben estar continuos entre las cajas de salida, cajas de registro y dispositivos y no debe haber empalmes o derivaciones dentro de ellas.
- b) **Continuidad del conductor de puesto a tierra cuando se eliminan dispositivos eléctricos.**

300-14 Longitud adicional de conductores en cajas de empalme, salidas y punto de cambio. En cada caja ... debe dejarse por lo menos 15 cm de longitud . de conductores . para hacer las conexiones a dispositivos o equipos.

300-15 Cajas, cajas de paso o accesorios

- a) **Caja o caja de paso.** Se debe instalar una caja ... para cada punto de conexión de empalme de conductores, salida, punto de cambio o unión, punto de jalado para la conexión de tubo metálico, canalizaciones de superficie u otras.
- b) **Solo cajas.** ... igual que el anterior pero para cables tipo AC, MC, cables con cubierta metálica, cables u cubierta no-metálica u otros cables

- c) **Accesorios y conectadores.** ... deben emplearse solamente bajo los métodos de alumbrado para los cuales hayan sido diseñados.
- d) **Equipo.** Pueden emplearse cajas de empalme o compartimentos de alambrado en salidas, en lugar de cajas de registro, cuando forman parte integral del equipo

300-16 Canalización o cables en un alambrado oculto o abierto

- a) Caja de registro o accesorio
- b) Boquilla

300-17 Número y área de la sección transversal de conductores en canalizaciones. La y área total de la sección transversal de conductores en cualquier canalización no debe ser mayor que el que permita la disipación del calor y la fácil instalación y retiro de los conductores sin dañarlos...

300-18 Instalación de canalizaciones. Las canalizaciones deben estar completamente instaladas entre salidas o puntos de empalme, antes de instalar los conductores

300-19 Soportes de los conductores en canalizaciones verticales

- a) **Separación máxima.** Los conductores en canalizaciones verticales deben tener soportes si la altura excede los valores de la tabla 300-19 (a) Se debe instalar un soporte de cables en el extremo superior de la canalización vertical ... y además en tramos adicionales espaciados según se indica en la Tabla .
- b) **Métodos de soporte.**
 - 1) ... dispositivos de mordaza construidos con cuñas aislantes o empleando cuñas aislantes introducidas en los extremos de los tubos .
 - 2) Intercalando cajas provistas de tapas, a intervalos requeridos, en los cuales se deben instalar soportes aislantes sujetos de manera que resistan el peso de los conductores fijados en ellos .
 - 3) Desviando los cables mas de 90° en cajas de empalme y llevándolos horizontalmente a una distancia mayor del doble del diámetro del cable, sujetando los cables con dos o más soportes aislantes ..

Tabla 300-19(a). Distancia entre los soportes de los conductores

| Designación del conductor | | Distancia máxima de los soportes (m) | |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Tamaño nominal (mm ²) | Calibre AWG o kcmil | Conductor de aluminio | Conductor de cobre |
| 0,8235 a 8,367 | 18 al 8 | -- | 30 |
| 13,30 a 53,48 | 6 al 1/0 | 60 | 30 |
| 67,43 a 107,2 | 2/0 al 4/0 | 55 | 25 |
| Mayor de 107,2 a 177,3 | Mayor de 4/0 al 350 | 40 | 20 |
| Mayor de 177,3 a 253,4 | Mayor de 350 al 500 | 35 | 15 |
| Mayor de 253,4 a 380,0 | Mayor de 500 al 750 | 30 | 10 |
| Mayor de 380,0 | Mayor de 750 | 25 | 10 |

300-20 Corrientes eléctricas inducidas en las cubiertas metálicas o en canalizaciones metálicas

- a) **Agrupamiento de conductores.** ... Para minimizar el efecto de inducción ... todos los conductores de fase, el conductor puesto a tierra y los conductores de puesta a tierra ... deben ir juntos en la misma canalización
- b) **Conductores individuales.** Cuando un solo conductor que transporta corriente alterna pase a través de un metal con propiedades magnéticas se debe reducir a un mínimo el efecto inductivo por los medios siguientes:
 - 1) Cortando ranuras en el metal, entre los orificios individuales a través de los cuales pasen los conductores .
 - 2) Pasando todos los conductores del circuito a través de una pared aislante con espacio suficiente para alojar a los mismos

300-21 Propagación de fuego o de productos de combustión. Las instalaciones eléctricas en ... huecos, paredes y ductos ventilados ... deben hacerse de modo que ... se evite la posible propagación del fuego Las aberturas alrededor de los elementos eléctricos que pasan a través de paredes resistentes al fuego como ... paredes, pisos o techos deben protegerse contra el fuego por métodos adecuados para mantener la resistencia contra el fuego

ARTÍCULO 318 – SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CABLES

318-1. Alcance. Este Artículo cubre los sistemas de soporte para cables tipo charola, incluyendo
escalera,
fondo ventilado,
malla metálica,
fondo expandido,
canales ventilados,
fondo sólido y
otras estructuras similares

318-2. Definición. Sistema de soportes tipo charola para cables.

Es una unidad o conjunto de unidades o secciones y accesorios,
que forman un sistema estructural rígido
utilizado para soportar cables y canalizaciones.

318-3. Usos permitidos.

no se limitarán a los establecimientos industriales.

a) **Métodos de instalación.** Se permite la instalación en soporte para cables tipo charola, en las condiciones establecidas en sus respectivos Artículos, para lo siguiente:

- 1) Cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral (Artículo 330)
- 2) Tubo (*conduit*) no-metálico (Artículo 331)
- 3) Cables blindados (Artículo 333)
- 4) Cables con cubierta metálica (Artículo 334)
- 5) Cables con cubierta no-metálica (Artículo 336)
- 6) Cables multiconductores para entrada de acometida (Artículo 338)
- 7) Cables multiconductores para alimentadores subterráneos y circuitos derivados (Artículo 339)
- 8) Cables de energía y control para uso en soporte tipo charola (Artículo 340)
- 9) Cables de instrumentos para uso en soporte tipo charola
- 10) Cables de baja energía para uso en soporte tipo charola (Secciones 725-50, 725-51 y 725-53)
- 11) Otros cables multiconductores de energía, señales y control montados en fábrica, específicamente aprobados para su instalación en soportes tipo charola
- 12) Cables monoconductores tipos THW-LS, THHW-LS, XHHW-LS para interiores o exteriores donde se requiera mayor protección contra la propagación de incendio y de baja emisión de humos (Artículo 310). Cuando no se requieran las características anteriores pueden usarse conductores con aislamiento tipo THHN Y THWN (Artículo 310).
- 13) Tubo (*conduit*) metálico tipo semipesado (Artículo 345)
- 14) Tubo (*conduit*) metálico tipo pesado (Artículo 346)
- 15) Tubo (*conduit*) no-metálico tipo pesado (Artículo 347)
- 16) Tubo (*conduit*) metálico tipo ligero (Artículo 348)
- 17) Tubo (*conduit*) metálico flexible tipo ligero (Artículo 349)
- 18) Tubo (*conduit*) metálico flexible uso general (Artículo 350)
- 19) Cables de fibra óptica (Artículo 770)
- 20) Tubo (*conduit*) flexible hermético a los líquidos metálico y no-metálico (Artículo 351)

Si los cables están expuestos a la luz del Sol, deben estar aprobados e identificados como resistentes a los rayos solares.

b) En instalaciones industriales. Los métodos de alambrado indicados en 318-3(a) se pueden utilizar en cualquier establecimiento industrial

Únicamente en instalaciones industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de soporte tipo charola es atendido solo por personas calificadas, se permite instalar cualquiera de los siguientes cables en soporte tipo.

escalera, malla o canalizaciones ventiladas tipo charola.

1) Cables monoconductores.

Deben ser de **21,15 mm² (4 AWG) o mayor**

(de un tipo aprobado, listado y marcado en su superficie para su uso en soporte para cables tipo charola)

| Tamaño nominal | Separación máx. de travesaños |
|--|-------------------------------|
| De 53,48 mm ² (1/0 AWG) a 107,2 mm ² (4/0 AWG), | 23 cm. |
| Menores de 53,48 mm ² (1/0 AWG) a 21,15 mm ² (4AWG), | 15 cm. |

Excepción 1: Los cables de máquinas de soldar eléctricas, como se permite en el Artículo 630 Parte E.

Excepción 2: Los cables monoconductores utilizados como conductores de tierra de equipo, pueden estar aislados, cubiertos o desnudos, de 21,15 mm² (4 AWG) o mayores.

2) Multiconductores. Los cables multiconductores de tipo MV (Artículo 326), cuando estén expuestos directamente al sol, deben estar aprobados e identificados como resistentes a los rayos solares.

c) En lugares peligrosos (clasificados). ... solo deben contener los tipos de cables permitidos en 501-4, 502-4, 503-3 y 504-20

d) Soporte tipo charola no-metálico para cables. Se permite utilizar en:

zonas corrosivas y

las que requieran aislamiento a la tensión eléctrica

318-4. Usos no permitidos.

- En cubos de elevadores o donde puedan estar sujetos a daño físico severo
- En espacios de manejo de aire ambiental, excepto lo permitido en 300-22 (protección contra el fuego)
- Como conductor de puesta a tierra de equipos

318-5. Especificaciones de construcción

- Resistencia y rigidez** ...para ofrecer soporte adecuado a todos los cables instalados
- Bordes lisos** ...para no dañar las cubiertas o aislamientos de los cables.
- Protección contra la corrosión.** ...deben ser de materiales resistentes a la corrosión.
- Rieles laterales.** ...deben tener rieles laterales u otros miembros estructurales equivalentes.
- Accesorios.** ...para poder cambiar la dirección y elevación de los cables.
- Soporte para cables tipo charola no-metálicos.** deben estar hechos de material resistente a la propagación de la flama.

318-6. Instalación

- a) **Sistema completo.** Los soportes tipo charola deben instalarse como sistemas completos
- b) **Terminación antes de la instalación.** Cada tramo del soporte para cables tipo charola debe estar completamente terminado antes de la instalación de los cables.
- c) **Apoyos** Se deben instalar apoyos que eviten esfuerzos sobre los cables cuando éstos entren al soporte tipo charola desde canalizaciones u otros envolventes

En los soportes tipo charola que **lleguen o pasen a través del piso**, deben colocarse tapas que lleguen hasta una altura mínima de 1,80 m sobre el nivel del piso terminado.

d) **Cubiertas.** En las partes o tramos que los soportes tipo charola estén expuestos a la caída de objetos o a la acumulación de escombros o materiales corrosivos, o donde se requiera mayor protección, se deben instalar tapas o cubiertas protectoras de un material compatible con el del soporte.

e) **Cables multiconductores de 600 V nominales o menos.** Se permite instalar en el mismo soporte tipo charola cables multiconductores de 600 V nominales o menos.

f) **Cables de más de 600 V nominales.** No se deben instalar en el mismo soporte tipo charola cables de más de 600 V nominales con otros cables de 600 V nominales o menores

Excepción 1: Cuando estén separados por una barrera fija de un material sólido compatible con el del soporte tipo charola.

Excepción 2: Cuando los cables de más de 600 V sean tipo MC.

g) **Paso a través de paredes y separaciones.** Se permite que los soportes tipo charola se prolonguen transversalmente a través de paredes, o verticalmente a través de pisos y plataformas, en lugares mojados o secos, cuando la instalación completa con los cables esté hecha de acuerdo con los requisitos indicados en 300-21.

h) **Expuestas y accesibles.** Los soportes tipo charola deben estar expuestos y accesibles, excepto en lo permitido en 318-6(g).

i) **Acceso adecuado.** Alrededor de los soportes tipo charola se debe dejar y mantener un espacio suficiente que permita el acceso adecuado para la instalación y mantenimiento de los cables.

j) **Tubo (conduit) y cables instalados en soportes tipo charola.** En instalaciones industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de soporte tipo charola es atendido únicamente por personas calificadas y estén proyectados de modo que puedan soportar la carga, **se permite apoyar tubos (conduit) y cables.**

Para la terminación de los *tubos (conduit)* en la charola se debe utilizar abrazaderas o adaptadores aprobados y listados y no será necesario un soporte a menos de 0,90 m de la charola.

Para los *tubos (conduit)* y cables que vayan paralelos a la charola, al lado de ella o por debajo, los soportes deberán cumplir los requisitos establecidos en los correspondientes Artículos relativos al *tubo (conduit)* o al cable.

k) **Derivaciones a equipo.** Las derivaciones de soportes tipo charola a equipos deben realizarse de forma que el agua pueda drenarse lejos de la entrada al equipo.

318-7. Puesta a tierra

a) **Soporte metálico para cables tipo charola.** Los soportes metálicos tipo charola que soporten conductores se deben poner a tierra como lo exige el Artículo 250 para las cubiertas de conductores.

Para la puesta a tierra deben cumplirse los siguientes requisitos:

- 1) ...las secciones, los accesorios y otras canalizaciones conectadas deben empalmarse según 250-75 y 250-79.
- 2) ... para la conexión de puesta a tierra se debe proveer un cable de puesta a tierra ... en toda la extensión del sistema de soporte.

El conductor debe unirse eléctricamente a los soportes a intervalos menores de 15 m.

El tamaño del conductor debe basarse en la capacidad o ajuste máximo del dispositivo de protección ...

- 3) El conductor de puesta a tierra puede alojarse en la parte exterior del soporte ...

318-8. Instalación de los cables

a) **Empalmes.** Se permiten empalmes ... con métodos y accesorios aprobados, en un soporte tipo charola, siempre que sean accesibles y no sobresalgan de los rieles laterales.

b) **Amarres de seguridad.** En los tramos distintos a los horizontales, los cables se deben fijar firme y seguramente a los travesaños de los soportes tipo charola. ... a distancias de 70 cm o menores.

c) **Tubo (conduit) y acoplamientos.** Cuando los cables o conductores estén instalados en tubo (conduit) y acoplamientos utilizados para soporte o protección contra daño físico, no es necesario instalar una caja.

d) **Conexión en paralelo.** Cuando los cables monoconductores (fase o neutro) de un circuito se conecten en paralelo como se permite en 310-4, los conductores se deben instalar en grupos consistentes en no-más de un conductor por fase o neutro para prevenir desbalanceo de corriente eléctrica en los conductores en paralelo, debidos a la reactancia inductiva.

o sea en grupos A-B-C-N no A-A-A, B-B-B, C-C-C, N-N-N

Los cables monoconductores se deben amarrar firmemente en grupos de circuitos para evitar movimiento excesivo si se producen esfuerzos mecánicos por fallas a tierra.

e) **Cables monoconductores.** Cuando los cables monoconductores instalados en un soporte tipo escalera, fondo ventilado o malla

sean de 21,15 mm² (4 AWG) a 107,2 mm² (4/0 AWG), deben colocarse en una sola capa

f) **Cables de diferentes tensiones eléctricas.** Los soportes tipo charola con elementos de diferente nivel de tensión eléctrica, deben ser colocados en un orden tal que los cables de mayor tensión queden más alejados de las personas.

g) **Capacidad de carga de los soportes.** El soporte tipo charola debe seleccionarse de forma que la suma de los pesos de los cables y canalizaciones que se coloquen sobre él, sea igual o menor que la capacidad de carga aprobada para el producto (véase 110-2).

318-9. Número de cables multiconductores de 2000 V nominales o menos en soporte para cables tipo charola. Los tamaños nominales de los conductores mencionados se refieren tanto a conductores de cobre como de aluminio.

a) Cualquier combinación de cables. Cuando un soporte tipo charola, de fondo ventilado o malla metálica contenga cualquier combinación de cables multiconductores de energía, iluminación, control y señales, el número máximo de cables debe ser el siguiente

- 1) Si todos los cables son de $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG) o mayores, la suma de los diámetros de todos ellos incluyendo el aislamiento no debe superar el ancho del soporte y los cables deben ir instalados en una sola capa.
- 2) Si todos los cables son menores de $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales incluyendo el aislamiento de todos los cables no debe superar la superficie máxima permisible de la columna 1 en la Tabla 318-9, para el correspondiente ancho del soporte.
- 3) Si en el mismo soporte se instalan cables de $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG) o mayores con cables menores a $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales incluyendo el aislamiento de todos los cables menores a $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG) no debe superar la superficie máxima permisible resultante del cálculo de la columna 2 de la Tabla 318-9 para el correspondiente ancho del soporte. Los cables de $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG) y mayores se deben instalar en una sola capa y no se deben colocar otros cables sobre ellos.

b) Cables multiconductores sólo de control y/o señalización. Cuando un soporte tipo escalera, de fondo ventilado o malla metálica, con una profundidad interior útil de 15 cm o menos, contenga sólo cables multiconductores de control y/o señalización, la suma del área de sección transversal de todos los cables incluyendo el aislamiento, en cualquier sección de la charola no debe superar 50% de la sección interior de dicha charola. Cuando la profundidad interior útil de la charola sea de más de 15 cm, para calcular la sección interior máxima admisible de la charola se debe tomar una profundidad de 15 cm.

c) Charola de fondo sólido para cualquier combinación de cables. ... Cuando contenga cualquier combinación de cables multiconductores de energía, iluminación, señalización y control, el número máximo de cables que contenga debe ser el siguiente:

- 1) Si todos los cables son de $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG) o mayores, la suma de los diámetros incluyendo el aislamiento de todos ellos no debe superar 90% del ancho del soporte y los cables deben ir instalados en una sola capa.
- 2) Si todos los cables son menores a $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG), la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables incluyendo el aislamiento no debe superar la superficie máxima permisible de la columna 3 de la Tabla 318-9 para el ancho apropiado del soporte.
- 3) Si en el mismo soporte se instalan cables de $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG) o mayores con cables menores a $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG), la suma de las secciones transversales de todos los cables incluyendo el aislamiento menores a $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG) no debe superar la superficie máxima permisible resultante del cálculo de la columna 4 de la Tabla 318-9 para el ancho apropiado del soporte. Los cables de $107,2 \text{ mm}^2$ (4/0 AWG) y mayores se deben instalar en una sola capa y no se deben colocar otros cables sobre ellos.

d) Soporte para cables tipo fondo sólido con cables multiconductores únicamente de control y señalización. ... con una profundidad interior útil de 15 cm o menos, solo contenga cables multiconductores de control o señalización, la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables incluyendo el aislamiento en cualquier sección del soporte no debe superar 40% del área de la sección transversal interior de dicho soporte. Cuando la profundidad interior útil del soporte sea de más de 15 cm, para calcular el área de la sección transversal interior máxima admisible del soporte se debe tomar una profundidad de 15 cm.

Tabla 318- 9. Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en soportes tipo escalera, tipo malla, de fondo ventilado o de sólido para cables de 2000 V nominales o menos

| Ancho interior de la charola en cm | Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en cm ² | | | |
|------------------------------------|---|--|---|--|
| | Soportes para cables tipo escalera o fondo ventilado, Sección 318-9(a) | | Soportes para cables de fondo sólido, Sección 318-9(c) | |
| | Columna 1 Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(2) cm ² | Columna 2* Aplicable sólo a la Sección 318-9(a)(3) cm ² | Columna 3 Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(2) cm ² | Columna 4* Aplicable sólo a la Sección 318-9(c)(3) cm ² |
| 15 | 45 | 45 - (3 Sd)** | 35 | 35 - 2.5 Sd |
| 21 | 68 | 68 - (3 Sd) | 52 | 52 - 2.5 Sd |
| 30 | 90 | 90 - (3 Sd) | 70 | 70 - 2.5 Sd |
| 45 | 135 | 135 - (3 Sd) | 106 | 106 - 2.5 Sd |
| 60 | 180 | 180 - (3 Sd) | 142 | 142 - 2.5 Sd |
| 75 | 225 | 225 - (3 Sd) | 177 | 177 - 2.5 Sd |
| 90 | 270 | 270 - (3 Sd) | 213 | 213 - 2.5 Sd |

*La superficie máxima admisible de las columnas 2 y 4 se debe calcular. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en mm², de un soporte para cables tipo charola de 15 cm de ancho de la columna 2, debe ser 45² - (3 Sd)

**La expresión Sd de las columnas 2 y 4 es la suma de diámetros en cm de todos los cables multiconductores de 107.2 mm² (4/0 AWG) y mayores instalados en el mismo soporte tipo charola con cables más pequeños.

Nota: Para anchos de soportes no incluidos en la tabla, interpolar los valores

e) Soporte para cables tipo canal ventilado. Cuando se instalen cables multiconductores ... se debe aplicar lo siguiente:

- 1) Cuando solo haya instalado un cable multiconductor, el área de su sección transversal no debe exceder el valor especificado en la columna 1 de la Tabla 318-9(e).
- 2) Cuando haya instalado más de un cable multiconductor, la suma de las áreas de las secciones transversales de todos los cables no debe exceder el valor especificado en la columna 2 de la Tabla 318-9(e).

Tabla 318 - 9(e). Superficie máxima admisible de los cables multiconductores en soportes tipo charola de canal ventilado para cables de 2000 V nominales o menos

| Ancho interior del canal (cm) | Superficie máxima admisible de los cables multiconductores (cm ²) | |
|-------------------------------|---|------------------------------|
| | Columna 1 Un solo cable | Columna 2 Mas de un cable |
| 7,5 | 14,83 | 8,38 |
| 10 | 29,03 | 16,12 |
| 15 | 45,16 | 24,51 |

318-10. Número de cables monoconductores de 2000 V nominales o menores en soporte para cables tipo charola. ... Los conductores o conjuntos de conductores se deben distribuir uniformemente a lo ancho de todo el soporte.

a) Soporte para cables tipo escalera, de fondo ventilado o malla metálica. ... el número máximo de éstos debe cumplir con los siguientes requisitos:

1) Si todos los cables son de **506,7 mm²** (1000 kcmil) o mayores.

la **suma de los diámetros** de los cables incluyendo el aislamiento **no debe superar el ancho del soporte tipo charola.**

2) Si todos los cables son de **126,7 mm²** (250 kcmil) a **506,7 mm²** (1000 kcmil).

la **suma de las áreas de las secciones transversales** de todos los cables

no debe superar la superficie máxima permitida en la Columna 1 de la Tabla 318-10, para el ancho correspondiente del soporte.

3) Si ... en la misma charola cables monoconductores de

506,7 mm² (1000 kcmil) o mayores con cables menores a **506,7 mm²** (1000 kcmil).

la **suma de las áreas de las secciones transversales** de todos los cables incluyendo el aislamiento **menores a 506,7 mm²** (1000 kcmil)

no debe superar la superficie máxima admisible resultante del cálculo de la Columna 2 de la Tabla 318-10, para el ancho correspondiente del soporte.

4) Cuando cualquiera de los cables instalados sean de **53,48 mm²** (1/0 AWG) a **107,2 mm²** (4/0 AWG),

la **suma de los diámetros de todos los cables** monoconductores incluyendo el aislamiento **no debe superar el ancho del soporte**

b) Soporte para cables tipo canal ventilado o malla metálica. ... de 7,5, 10 o 15 cm de ancho contenga cables monoconductores, la **suma de los diámetros de todos los cables** monoconductores incluyendo el aislamiento **no debe superar el ancho interior del canal.**

318-11. Capacidad de conducción de corriente de los cables de 2000 V o menores en soportes para cables tipo charola

a) Cables multiconductores. ... instalados según los requisitos indicados en 318-9, deben cumplir con la **capacidad de conducción de corriente de las Tablas 310-16 y 310-18**

Los **factores de corrección** del Artículo 310, Nota 8(a) de las Notas a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, se deben aplicar **sólo a cables multiconductores con más de tres conductores** que transporten corriente eléctrica.

*Excepción 1: Cuando los soportes tipo charola tengan **cubiertas continuas a lo largo de más de 1,8 m** con tapas cerradas sin ventilar, no se permite que los cables multiconductores tengan más de 95% de la capacidad de conducción de corriente indicada en Tablas 310-16 y 310-18.*

*Excepción 2: Cuando se instalen cables multiconductores en **una sola capa** en soporte tipo charola sin cubierta, guardando una **separación entre cables superior al diámetro del cable,** su capacidad de conducción de corriente no debe exceder la establecida en 310-15(b) para cables multiconductores con no-más de tres conductores aislados de 0 a 2000 V nominales al aire libre, corregido para la correspondiente temperatura ambiente. Véase la Tabla B 310-3 del Apéndice A*

Tabla 318 – 10. Superficie máxima admisible de los cables monoconductores en soportes de cables tipo escalera, malla metálica, de canal ventilado o de fondo sólido para cables de 2000 V nominales o menos

| Ancho interior de la charola (cm) | Superficie máxima admisible de los cables monoconductores (cm ²) | |
|-----------------------------------|--|---|
| | Columna 1 Aplicable sólo a la Sección 318-10(a)(2) | Columna 2 Aplicable sólo a la Sección 318-10(a)(3) |
| 15 | 42 | 42 – (2,8 Sd) ** |
| 23 | 61 | 61 – (2,8 Sd) |
| 30 | 84 | 84 – (2,8 Sd) |
| 45 | 125 | 125 – (2,8 Sd) |
| 60 | 168 | 168 – (2,8 Sd) |
| 75 | 210 | 210 – (2,8 Sd) |
| 90 | 252 | 252 – (2,8 Sd) |

*La superficie máxima admisible de la Columna 2 se debe calcular. Por ejemplo, la superficie máxima admisible, en cm², de una charola de 15 cm de ancho de la Columna 2, debe ser 42 – (2,8 Sd)

**La expresión Sd de la columna 2 es la suma de diámetros en cm de todos los cables monoconductores de 506,7mm² (1000 kcmil) y mayores instalados en la misma charola con cables más pequeños.

b) Cables monoconductores.

1) ...instalados según 318-10,

Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-17 y 310-19** para cables de **304 mm² (600 kcmil) y mayores:**

en soportes tipo charola **sin cubrir** **75%**

en soportes tipo charola **cubiertos más de 1,8 m** **70%**

2) ...instalados según 318-10,

Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-17 y 310-19** para cables de **21,15 mm² (4 AWG) a 253,4 mm² (500 kcmil):**

en soportes tipo charola **sin cubrir** **65%**

en soportes tipo charola **cubiertos más de 1,8 m** **60%**

3)

Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-17 y 310-19** para cables de **21,15 mm² (4 AWG) y mayores en una sola capa con separación entre cables mayor o igual al diámetro de cada conductor**

en soportes tipo charola **sin cubrir** **100%**

4)

Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida en

Tabla A-310-2 del Apéndice A. para cables de **21,15 mm² (4 AWG) y mayores en configuración triangular o cuadrada, con separación entre circuitos mayor o igual a 2,15 veces el diámetro exterior de un conductor (2,15 x DE),**

en soportes tipo charola **sin cubrir** **100%**

318-12. Número de cables de Tipo MV y MC (de 2001 V nominales en adelante) en los soportes para cables tipo charola.

La suma de diámetros de los cables monoconductores y multiconductores no debe superar el ancho de la charola

los cables deben estar instalados en una sola capa.

Quando los cables monoconductores vayan en **grupos de tres, cuatro o a grupos por circuitos, la suma de los diámetros de todos los conductores no debe superar el ancho de la charola** estos grupos se deben instalar en una sola capa.

318-13. Capacidad de conducción de corriente permitida de los cables de Tipo MV y MC (de 2001 V nominales en adelante) en los soportes para cables tipo charola.

... Instalados según 318-12,

a) Cables multiconductores La capacidad de conducción de corriente permitida de los cables multiconductores debe cumplir los requisitos de capacidad de conducción de corriente permitida en las **Tablas 310-75 y 310-76.**

Excepción 1 Cuando los soportes para cables tipo charola estén **cubiertos** continuamente a lo largo de **más de 1,8 m con tapas cerradas sin ventilar**, no se permite que los cables multiconductores tengan más de **95%** de la capacidad indicada en las **Tablas 310-75 y 310-76.**

Excepción 2. Cuando se instalen cables multiconductores en **una sola capa** en soportes tipo charola **sin tapar**, guardando una **separación entre cables no inferior al diámetro del cable**, su capacidad de conducción de corriente no debe exceder las establecidas en las **Tablas 310-71 y 310-72.**

b) Cables monoconductores (de 2001 V nominales en adelante). La capacidad de conducción de corriente permitida de los cables monoconductores o cables en **grupos de tres, cuatro**, etc., debe cumplir lo siguiente:

- 1) ... Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-69 y 310-70** para cables de **21,15 mm² (4 AWG) y mayores**

| | |
|--|------------|
| en soportes tipo charola sin cubrir | 75% |
| en soportes tipo charola cubiertos más de 1,8 m | 70% |
- 2) ... Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida de las **Tablas 310-69 y 310-70** para cables de **21,15 mm² (4 AWG) y mayores** en **una sola capa** con **separación entre cables mayor o igual al diámetro de cada conductor**

| | |
|--|-------------|
| en soportes tipo charola sin cubrir | 100% |
|--|-------------|
- 3) ... Porcentaje de la capacidad de conducción de corriente máxima permitida en **Tablas 310-67 y 310-68** para cables de **21,15 mm² (4 AWG) y mayores** en **configuración triangular**, con **separación entre circuitos mayor o igual a 2,15 veces el diámetro exterior de un conductor (2,15 x DE)**,

| | |
|--|-------------|
| en soportes tipo charola sin cubrir | 100% |
|--|-------------|

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 | 80 °C | 75 °C | 90 °C | |
| mm ² | TIPOS 1W* | TIPOS R1W*, T11W*, T1W*, T1W-LS T1WN*, X11W* | TIPOS M1, R11H*, R1W-2, T111H*, T111W*, T1W- 2*, T11-LS T1WN- 2*, X111W*, X111W-2 | TIPOS 1W* | TIPOS R1W*, T111W*, T1W*, T1WN*, X111W* | TIPOS T111H*, T111W*, T1W- 2, T1WN-2, R111*, R1W-2, USE- 2, X111, X111W, X111W- 2 | AWG kcmil |
| | COBRE | | | Aluminio | | | |
| 0,8235 | .... | — | 18 | .... | .... | .... | 18 |
| 1,307 | .... | — | 24 | .... | .... | .... | 18 |
| 2,082 | 25* | 30* | 35* | .... | .... | .... | 14 |
| 3,307 | 30* | 35* | 40* | .... | .... | .... | 12 |
| 5,26 | 40 | 50* | 55* | .... | .... | .... | 10 |
| 8,387 | 60 | 70 | 80 | .... | .... | .... | 8 |
| 13,3 | 80 | 95 | 105 | 60 | 75 | 80 | 8 |
| 21,15 | 105 | 125 | 140 | 80 | 100 | 110 | 4 |
| 28,87 | 120 | 145 | 165 | 95 | 115 | 130 | 3 |
| 33,82 | 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 | 300 | 405 | 235 | 200 | 315 | 4/0 |
| 128,67 | 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 |
| 450,04 | 730 | 870 | 985 | 580 | 700 | 785 | 900 |
| 508,71 | 780 | 935 | 1055 | 625 | 750 | 845 | 1000 |
| 833,39 | 890 | 1065 | 1200 | 710 | 855 | 960 | 1250 |
| 760,07 | 980 | 1175 | 1325 | 795 | 950 | 1075 | 1500 |
| 888,74 | 1070 | 1260 | 1445 | 875 | 1050 | 1185 | 1750 |
| 1013,42 | 1155 | 1385 | 1500 | 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 | 0,78 | 0,41 | 0,87 | 0,78 | 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 menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,082 mm² (14 AWG); 20 A para 3,307 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

Tabla 310 - 72. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable aislado formado de tres conductores aislados de aluminio, al aire para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.

| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|------------------------------|-----------|---|-------------|--|-------------|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| mm ² | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |
| 13,3 | 6 | 61 | 68 | 72 | 80 |
| 21,15 | 4 | 81 | 90 | 95 | 105 |
| 33,62 | 2 | 110 | 120 | 125 | 145 |
| 42,41 | 1 | 125 | 140 | 145 | 165 |
| 53,48 | 1/0 | 145 | 160 | 170 | 185 |
| 67,43 | 2/0 | 170 | 185 | 190 | 215 |
| 85,01 | 3/0 | 195 | 215 | 220 | 245 |
| 107,2 | 4/0 | 225 | 250 | 255 | 285 |
| 126,67 | 250 | 250 | 280 | 280 | 315 |
| 177,34 | 350 | 310 | 345 | 345 | 385 |
| 253,35 | 500 | 385 | 430 | 425 | 475 |
| 380,03 | 750 | 495 | 550 | 540 | 600 |
| 506,71 | 1000 | 585 | 650 | 635 | 705 |

Tabla 310 - 73. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables triplex de cobre o de tres conductores aislados en tubo (conduit), al aire para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C

| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|------------------------------|-----------|---|-------------|--|-------------|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| mm ² | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |
| 8,367 | 8 | 55 | 61 | --- | --- |
| 13,3 | 6 | 75 | 84 | 83 | 93 |
| 21,15 | 4 | 97 | 110 | 110 | 120 |
| 33,62 | 2 | 130 | 145 | 150 | 165 |
| 42,41 | 1 | 155 | 175 | 170 | 190 |
| 53,48 | 1/0 | 180 | 200 | 195 | 215 |
| 67,43 | 2/0 | 205 | 225 | 225 | 255 |
| 85,01 | 3/0 | 240 | 270 | 260 | 290 |
| 107,2 | 4/0 | 280 | 305 | 295 | 330 |
| 126,67 | 250 | 315 | 355 | 330 | 365 |
| 177,34 | 350 | 385 | 430 | 395 | 440 |
| 253,35 | 500 | 475 | 530 | 480 | 535 |
| 380,03 | 750 | 600 | 665 | 585 | 655 |
| 506,71 | 1000 | 690 | 770 | 675 | 755 |

Tabla 310 - 74. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de cables triplex de aluminio o de tres conductores aislados en tubo (conduit), al aire para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.

| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|------------------------------|-----------|---|-------------|--|-------------|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| mm ² | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |

| | | | | | |
|--------|------|-----|-----|-----|-----|
| 13,3 | 6 | 58 | 65 | 65 | 72 |
| 21,15 | 4 | 76 | 85 | 84 | 94 |
| 33,62 | 2 | 100 | 115 | 115 | 130 |
| 42,41 | 1 | 120 | 135 | 130 | 150 |
| 53,48 | 1/0 | 140 | 155 | 150 | 170 |
| 67,43 | 2/0 | 160 | 175 | 175 | 200 |
| 85,01 | 3/0 | 190 | 210 | 200 | 225 |
| 107,2 | 4/0 | 215 | 240 | 230 | 260 |
| 126,67 | 250 | 250 | 280 | 255 | 290 |
| 177,34 | 350 | 305 | 340 | 310 | 350 |
| 253,35 | 500 | 380 | 425 | 385 | 430 |
| 380,03 | 750 | 490 | 545 | 485 | 540 |
| 506,71 | 1000 | 580 | 645 | 565 | 640 |

Tabla 310 - 75. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable aislado de tres conductores aislados de cobre en tubo (conduit), para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C

| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|------------------------------|-----------|---|-------------|--|-------------|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| mm ² | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |
| 8,367 | 8 | 52 | 58 | — | — |
| 13,3 | 6 | 69 | 77 | 83 | 92 |
| 21,15 | 4 | 91 | 100 | 105 | 120 |
| 33,62 | 2 | 125 | 135 | 145 | 165 |
| 42,41 | 1 | 140 | 155 | 165 | 185 |
| 53,48 | 1/0 | 165 | 185 | 195 | 215 |
| 67,43 | 2/0 | 190 | 210 | 220 | 245 |
| 85,01 | 3/0 | 220 | 245 | 250 | 280 |
| 107,2 | 4/0 | 255 | 285 | 290 | 320 |
| 126,67 | 250 | 280 | 315 | 315 | 350 |
| 177,34 | 350 | 350 | 390 | 385 | 430 |
| 253,35 | 500 | 425 | 475 | 470 | 525 |
| 380,03 | 750 | 525 | 585 | 570 | 635 |
| 506,71 | 1000 | 590 | 660 | 650 | 725 |

Tabla 310 - 76. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de un cable aislado de tres conductores aislados de aluminio en tubo (conduit), para una temperatura de los conductores de 90 °C y 105 °C y temperatura del aire ambiente de 40 °C.

| Tamaño nominal del conductor | | Capacidad de conducción de corriente para 2001-5000 V | | Capacidad de conducción de corriente para 5001-35000 V | |
|------------------------------|-----------|---|-------------|--|-------------|
| | | 90 °C | 105 °C | 90 °C | 105 °C |
| mm ² | AWG kcmil | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 | TIPO MV-90 | TIPO MV-105 |
| 13,3 | 6 | 53 | 59 | 64 | 71 |
| 21,15 | 4 | 71 | 79 | 84 | 94 |
| 33,62 | 2 | 96 | 105 | 115 | 125 |
| 42,41 | 1 | 110 | 125 | 130 | 145 |
| 53,48 | 1/0 | 130 | 145 | 150 | 170 |
| 67,43 | 2/0 | 150 | 165 | 170 | 190 |
| 85,01 | 3/0 | 170 | 190 | 195 | 220 |
| 107,2 | 4/0 | 200 | 225 | 225 | 255 |
| 126,67 | 250 | 220 | 245 | 250 | 280 |
| 177,34 | 350 | 275 | 305 | 305 | 340 |
| 253,35 | 500 | 340 | 380 | 380 | 425 |
| 380,03 | 750 | 430 | 480 | 470 | 520 |
| 506,71 | 1000 | 505 | 560 | 550 | 615 |

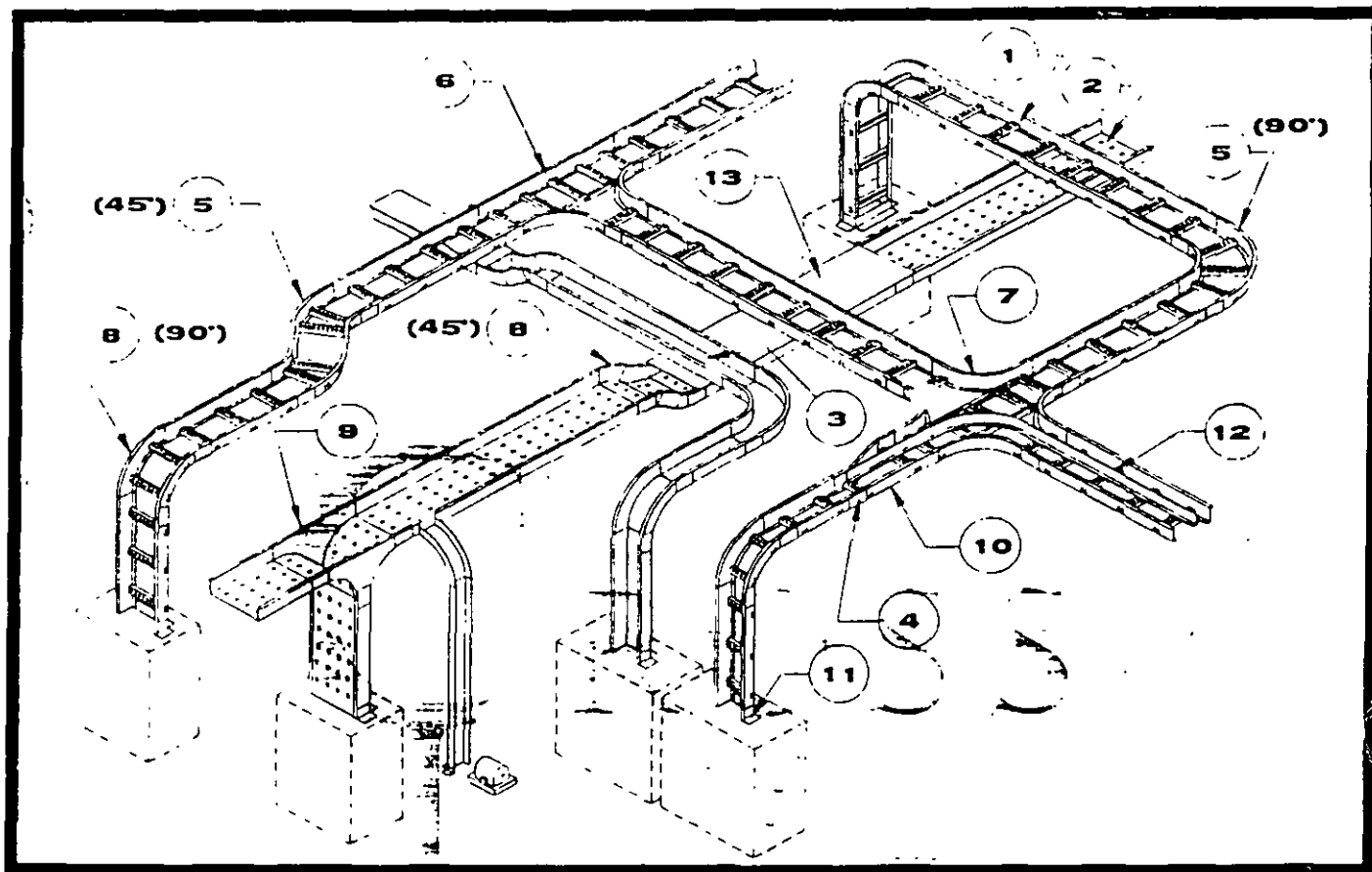
Tabla A-310-2. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible en dos o tres conductores sencillos aislados de 0 a 2000 V nominales en un cable soportado por un mensajero para una temperatura ambiente de 40°C

| Tamaño nominal mm ² | Temperatura nominal del conductor (véase la Tabla 310-13) | | | | Tamaño nominal AWG |
|--------------------------------|---|--|---------------------|--|--------------------|
| | 75°C | 90°C | 75°C | 90°C | |
| | Tipos RH, RHW, THHW, THW, THW-LS, THW-LS, THWN, XHHW | Tipos THHN, THHW, THHW-LS THW-2, THWN-2, RHH, RWH-2, USE-2, XHHW, XHHW-2 | Tipos RH, RHW, XHHW | Tipos RHH, XHHW, RHW-2, XHHW-2, USE-2, | |
| | Cobre | | Aluminio | | |
| 8,367 | 57 | 66 | — | — | |
| 13,3 | 76 | 89 | 59 | 69 | |
| 21,15 | 101 | 117 | 78 | 91 | |
| 26,27 | 118 | 138 | 92 | 10 | |
| 33,62 | 135 | 158 | 106 | 71 | |
| 42,41 | 158 | 185 | 123 | 23 | |
| | | | | 144 | |
| 53,48 | 183 | 214 | 143 | 167 | |
| 67,43 | 212 | 247 | 165 | 193 | |
| 85,01 | 245 | 287 | 192 | 224 | |
| 107,2 | 287 | 335 | 224 | 262 | |
| 126,67 | 320 | 374 | 251 | 292 | |
| 152,01 | 359 | 419 | 282 | 328 | |
| 177,34 | 397 | 464 | 312 | 364 | |
| 202,68 | 430 | 503 | 339 | 395 | |
| 253,35 | 496 | 580 | 392 | 458 | |
| 304,02 | 553 | 647 | 440 | 514 | |
| 354,69 | 610 | 714 | 488 | 570 | |
| 380,03 | 638 | 747 | 512 | 598 | |
| 405,36 | 660 | 773 | 532 | 622 | |
| 456,04 | 704 | 826 | 572 | 669 | |
| 506,71 | 748 | 879 | 612 | 716 | |
| Factores de corrección | | | | | |
| Temperatura ambiente en °C | Para temperatura ambiente distinta de 40°C, multiplicar los valores anteriores por el factor correspondiente de los siguientes: | | | | Temp |
| 21-25 | 1,20 | 1,14 | 1,20 | 1,14 | |
| 26-30 | 1,13 | 1,10 | 1,13 | 1,10 | |
| 31-35 | 1,07 | 1,05 | 1,07 | 1,05 | |
| 36-40 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |
| 41-45 | 0,93 | 0,95 | 0,93 | 0,95 | |
| 46-50 | 0,85 | 0,89 | 0,85 | 0,89 | |
| 51-55 | 0,76 | 0,84 | 0,76 | 0,84 | |
| 56-60 | 0,65 | 0,77 | 0,65 | 0,77 | |
| 61-70 | 0,38 | 0,63 | 0,38 | 0,63 | |
| 71-80 | — | 0,45 | — | 0,45 | |

SISTEMA DE SOPORTES METÁLICOS TIPO CHAROLA PARA CABLES
CABLE TRAY SYSTEM

SECCION 6. "CHAROLAS"

SECTION 6. CABLE TRAYS



1 CHAROLA TIPO ESCALERA

LADDER TYPE CABLE TRAY

2 CHAROLA TIPO FONDO SOLIDO PERFORADO

VENTILATED SOLID FLAT BOTTOM CABLE TRAY

3 CHAROLA TIPO FONDO SOLIDO LISO

SOLID FLAT BOTTOM CABLE TRAY

4 CONECTOR

SPLICE PLATE

5 CURVA HORIZONTAL

HORIZONTAL BEND

6 T' HORIZONTAL

HORIZONTAL 'TEE'

7 EQUIUS HORIZONTAL

HORIZONTAL CROSS

8 CURVA VERTICAL INTERIOR EXTERIOR

VERTICAL OUTSIDE AND INSIDE BEND

9 T' VERTICAL

VERTICAL TEE

10 REDUCCION

REDUCER

11 CONECTOR CHAROLA A CAJA

FRAME TYPE BOX CONNECTOR

12 BARRERA SEPARADORA

BARRIER STRIP STRAIGHT SECTION

13 TAPAS (CUBIERTAS)

COVERS

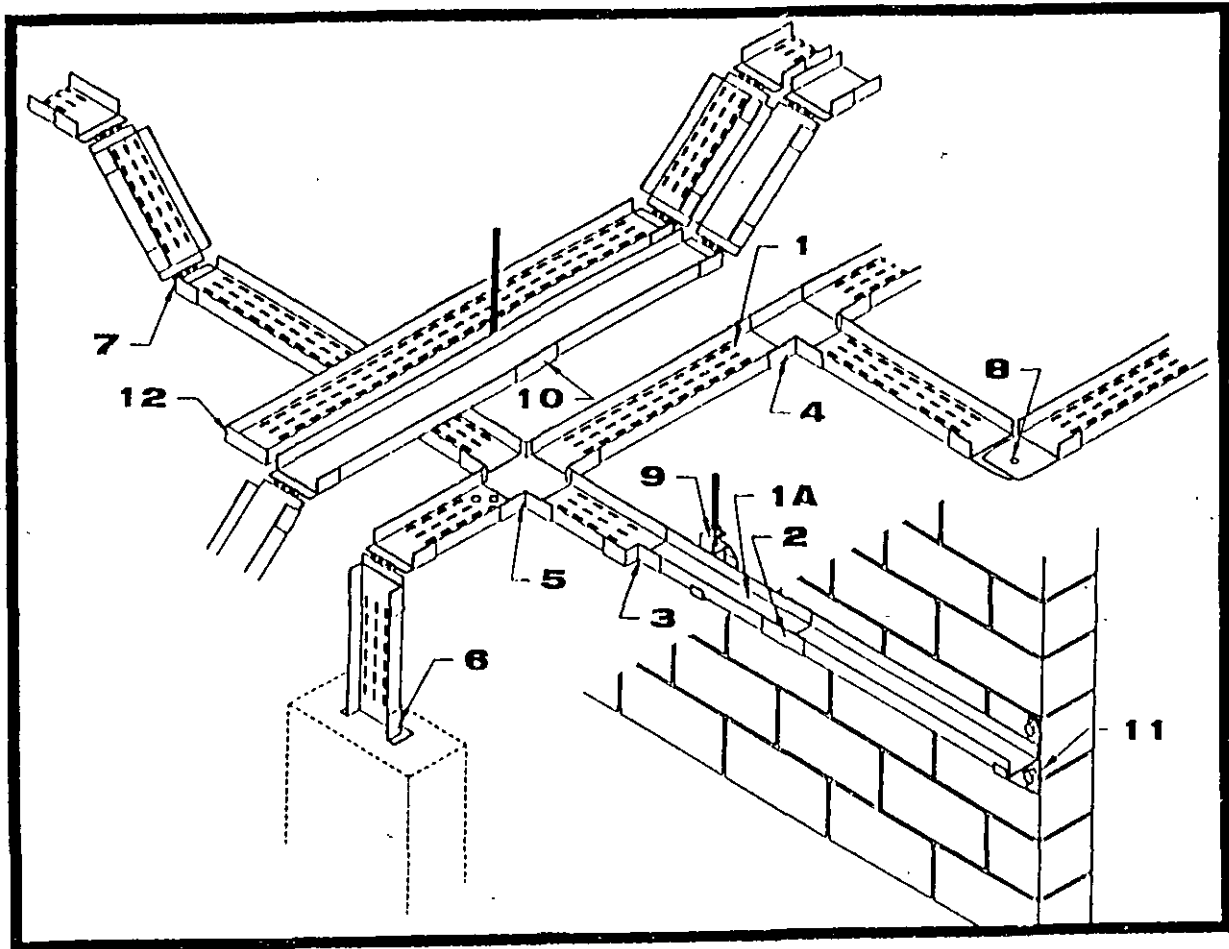
SISTEMA DE SOPORTES PARA CABLES TIPO "CANAL"

SECCION 6. CANALES

CHANNEL CABLE TRAY

SECTION 6. CABLE CHANNEL

La mejor y más económica solución para el soporte de fuerza, control, iluminación, etc. cuando su volumen no justifica el uso de los sistemas de charola.



- 1 TRAMO RECTO DE CANAL PERFORADO
TROUGH CHANNEL
- 1A TRAMO RECTO DE CANAL LISO
SOLID-BOTTOM CHANNEL
- 2 CONECTOR 'U' CANAL
"U" SPLICE PLATE
- 3 CONECTOR REDUCCION PARA CANAL
REDUCER SPLICE PLATE
- 4 CONECTOR 'T' PARA CANAL
"T" SPLICE PLATE
- 5 CONECTOR 'X' PARA CANAL
"X" SPLICE PLATE
- 6 CONECTOR CANAL A CAJA
SPLICE PLATE TO BOX

- 7 CONECTOR VERTICAL AJUSTABLE
DE CANAL
VERTICAL SPLICE PLATE
- 8 CONECTOR HORIZONTAL
HORIZONTAL SPLICE PLATE
- 9 SOPORTE COLGANTE PARA CANAL
HORIZONTAL SPLICE PLATE
- 10 SOPORTE DOBLE PARA CANAL
DOUBLE CHANNEL HANGER
- 11 MENSULA DE PARED, CANAL
WALL SUPPORT
- 12 PLACA DE CIERRE, CANAL
END PLATE

ARTÍCULO 331 - TUBO (CONDUIT) NO-METÁLICO

A. Disposiciones generales

331-1. Definición. Un *tubo (conduit)* no-metálico es una **canalización corrugada y flexible**, de sección transversal circular, con acoplamientos, conectadores y accesorios integrados o asociados, aprobada para la instalación de conductores eléctricos. Está compuesto de un material resistente a la humedad, a atmósferas químicas y resistente a la propagación de la flama.

Una canalización flexible es una canalización que **se puede doblar a mano** aplicando una fuerza razonable, pero **sin herramientas**.

El *tubo (conduit)* no-metálico debe ser de material que no exceda las características de ignición, flamabilidad, generación de humo y toxicidad del cloruro de polivinilo rígido (no-plastificado).

331-2. Otros artículos. Las instalaciones con *tubo (conduit)* no-metálico deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando en el Artículo 250 se exija un **conductor de puesta a tierra de equipo**, en el *tubo (conduit)* se debe instalar un conductor separado para dicho fin

331-3. Usos permitidos.

- 1) En cualquier edificio que no supere tres pisos sobre el nivel de la calle.
 - a) En instalaciones expuestas que no estén sujetas a daño físico.
 - b) En instalaciones ocultas dentro de las paredes, pisos y techos.

NOTA: Para la definición de primer piso, véase 336-5(a)(1).

- 2) En edificios que superen tres pisos sobre el nivel de la calle, el *tubo (conduit)* no-metálico debe ir **oculto en paredes, pisos y techos** cuando ofrezcan una barrera térmica que resista al menos 15 minutos de exposición al fuego, como se estipula en las listas de materiales contra el fuego. Esta barrera térmica de 15 minutos se puede usar en paredes, pisos y techos combustibles o no-combustibles.
- 3) En lugares sometidos a fuertes influencias corrosivas, como se explica en 300-6, y si están expuestos a productos químicos para los que los materiales estén específicamente aprobados
- 4) En lugares ocultos, secos y húmedos no prohibidos en 331-4
- 5) Por encima de los techos suspendidos, cuando los techos suspendidos ofrezcan una barrera térmica de material con un acabado de clasificación mínima de 15 minutos, como se indica en las listas de materiales contra el fuego, excepto lo permitido en 331-3(1)(a)
- 6) **Embebidos en concreto colado**, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados e identificados para ese uso.
- 7) En lugares interiores mojados, como se permite en esta sección, o en losas de concreto sobre o bajo el piso, con accesorios aprobados y listados para ese uso

NOTA: Las temperaturas muy bajas pueden hacer que cierto tipo de tubos no-metálicos se haga más quebradizo y, por tanto, más susceptible a daños por contacto físico.

331-4. Usos no permitidos.

- 1) En lugares peligrosos (clasificados). *Excepción: Lo permitido en 504-20.*
- 2) Como soporte de aparatos y otro equipo.
- 3) Cuando esté sometido a temperatura ambiente que supere aquella para la que el *tubo (conduit)* está aprobado y listado.

NOTA: Para esta Sección, la temperatura ambiente del *tubo (conduit)* de PVC se limita a 50 °C.

- 4) Para conductores cuya limitación de la temperatura del aislamiento de operación exceda a la cual el *tubo (conduit)* está aprobado y listado
- 5) Directamente enterradas.
- 6) Para tensiones eléctricas superiores a 600 V.
- 7) En lugares expuestos, excepto lo permitido en 331-3(1), 331-3(5) y 331-3(7).
- 8) En teatros y lugares similares, excepto lo establecido en los Artículos 518 y 520.
- 9) Cuando estén expuestas a la luz directa del sol, a menos que estén aprobadas e identificadas como "resistentes a la luz del Sol".

B. Instalación

331-5. Tamaño

- a) **Mínimo.** ... tamaño nominal de 16 mm.
- b) **Máximo.** ... tamaño nominal de 53 mm.

331-6. **Número de conductores en el tubo (conduit) no-metálico.** ... Tabla 1 del Capítulo 9.

331-7. **Cortado.** ... los extremos cortados del *tubo* se deben limar por dentro y por fuera hasta dejarlos lisos.

331-8. **Uniones.** ... las uniones entre tramos ... y acoplamientos, ... deben hacerse con accesorios aprobados

331-9. **Curvas.** Las curvas ... deben hacerse de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca efectivamente. ... el radio de curvatura de la parte interna ... no debe ser inferior al permitido en la Tabla 346-10

331-10. **Curvas. Número de curvas en un tramo** Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (360° en total).

331-11. **Soportes.** ... se debe instalar como un sistema completo, ... y se debe sujetar ... a menos de 1 m de cada caja de salida, de unión, de conexiones, de cada gabinete o accesorio.

El *tubo (conduit)* se deben sujetar como mínimo cada 1 m.

Excepción 1: Se permiten tramos horizontales del tubo ... soportados por aberturas a través de miembros estructurales a intervalos no-mayores a 1 m y sujetos firmemente a menos de 1 m de los extremos.

Excepción 2: Los tramos que no superen una distancia de 1,8 m desde la conexión de una terminal de aparatos para interconexión a aparatos de alumbrado.

331-12. **Cajas y accesorios.** Las cajas y accesorios deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 370

331-13. **Empalmes e interconexiones.** Los empalmes y las interconexiones sólo se deben hacer en las cajas de empalmes, cajas de salida, cajas de dispositivos o cajas de paso. (ver Artículo 370).

331-14. **Boquillas.** Cuando un *tubo* entre en una caja, gabinete y otra cubierta, se debe instalar una boquilla o adaptador que proteja al cable contra la abrasión, excepto si la caja, gabinete o cubierta ofrecen una protección similar

NOTA: Para la protección de conductores de tamaño nominal de 21.15 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

C. Especificaciones de construcción

331-15. **Generalidades.** El *tubo* no-metálico debe estar marcado de modo claro y duradero cada 3 m como mínimo, como exige el primer párrafo de 110-21. En la marca se indicará también el tipo de material. Se permite identificar con el sufijo LS a *tubo* con baja emisión de humos, resistente a la propagación de incendio y baja emisión de gas ácido.

ARTÍCULO 332 - TUBO (CONDUIT) DE POLIETILENO

A. Disposiciones generales

332 -1. Definición. es una canalización semi-rígida, lisa, con sección transversal circular y sus correspondientes accesorios aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Está compuesto de un material que es resistente a la humedad, a atmósferas químicas. ... no es resistente a la flama.

332-2. Otros artículos aplicables. Las instalaciones ... deben cumplir con lo requerido en ... el Artículo 300. Cuando el Art.250 requiera la puesta a tierra, debe instalarse dentro del tubo un conductor para ese propósito

332-3. Usos permitidos.

- 1) En cualquier edificio que no supere los tres pisos sobre el nivel de la calle.
- 2) Embebidos en concreto colado, siempre que se utilicen para las conexiones accesorios aprobados.
- 3) Enterrados a una profundidad no-menor a 50 cm condicionado a que se proteja con un recubrimiento de concreto de 5 cm de espesor como mínimo

332 -4. Usos no permitidos.

- 1) En lugares peligrosos (clasificados)
- 2) Como soporte de aparatos y otro equipo.
- 3) Cuando estén sometidas a temperatura ambiente que supere aquélla para la que está aprobado el tubo.
- 4) Para conductores cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el tubo está aprobado.
- 5) Directamente enterradas.
- 6) Para tensiones eléctricas superiores a 150 V a tierra.
- 7) En lugares expuestos
- 8) En teatros y lugares similares
- 9) Cuando estén expuestas a la luz directa del Sol.
- 10) En locales de reunión (véase Artículo 518).
- 11) En instalaciones ocultas por plafones
- 12) En cubos y ductos de instalaciones en edificios.

B. Instalación

332--5. Tamaño

- a) Mínimo. tamaño nominal menor a 16 mm.
- b) Máximo. tamaño nominal mayor a 53 mm

332- 6. Número de conductores en un tubo (conduit). ... Tabla 1 del Capítulo 9.

332 -7. Cortado. ... los extremos cortados del tubo se deben limar por dentro y por fuera hasta dejarlos lisos.

332 -8. Empalmes. No se permite realizar empalmes

332 -9. Curvas. Las curvas ... deben hacerse de modo que el tubo no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca efectivamente. ... el radio de curvatura de la parte interna ... no debe ser inferior al permitido en la Tabla 346-10..

332 -10. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a dos curvas de 90° (180° máximo)

332 -11. Cajas y accesorios. ... ver Artículo 370.

332 -12. Empalmes y conexiones. Los empalmes y conexiones sólo se deben hacer en las cajas de empalmes, cajas de salida, cajas de dispositivos o cajas tubo (conduit). Ver Artículo 370

332 -13. Boquillas. Cuando un tubo entre en una caja, gabinete u otra cubierta, se debe instalar una

ARTÍCULO 345 - TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO SEMIPESADO

A. Disposiciones generales

345-1. Definición. Un tubo metálico tipo semipesado es una canalización metálica, de sección circular, con juntas, conectadores y accesorios integrados o asociados, aprobada para la instalación de conductores eléctricos.

345-2. ...

345-3. Usos permitidos

a) Todas las condiciones atmosféricas y en edificios.

- en todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier uso. Se debe evitar contacto con metales distintos para evitar reacciones galvanicas
- como conductor de puesta a tierra del equipo.

Excepción: Se permite utilizar en tubo metálico tipo semipesado cubiertas y accesorios de aluminio.

b) Protección contra la corrosión. Se permite instalar tubo y accesorios ... si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones.

en concreto,

en contacto directo con la tierra o

en zonas sometidas a condiciones corrosivas graves,

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

a) Relleno de escoria. Se permite la instalación del tubo ...

dentro o debajo del relleno de escoria en donde está sujeto a la humedad permanente, siempre y cuando esté embebido en concreto sin escorias, de espesor no-menor de 5 cm, o

que se coloque a no-menos de 50 cm por debajo del relleno, o

que se proteja contra la corrosión y se estime adecuado para esta condición.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

B. Instalación

345-5. Lugares húmedos. Todos los apoyos, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente a la corrosión o estar protegidos por materiales resistentes contra la corrosión.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

345-6. Tamaño

a) Mínimo. ... tamaño nominal **16 mm**

a) Máximo. ... tamaño nominal **103 mm**

345-7. Número de conductores en tubo (conduit). El número de conductores no debe superar lo permitido en la **Tabla 10-1 del Capítulo 10. Ver tamaño nominal del tubo en Tabla 10 4, Capítulo 10.**

345-8. Escariado y abocardado. ... los extremos cortados del tubo se deben limar o acabar para dejarlos lisos. Cuando se rosque en obra, utilizar tarraja normal con conicidad de 19 mm por cada 300 mm.

345-9. Acoplamientos y conectadores

a) Sin rosca. Los acoplamientos y conectadores sin rosca utilizados con tubo (conduit) se deben impermeabilizar. Cuando estén enterrados en ladrillo o concreto deben ser herméticos al mismo; cuando estén en lugares mojados deben ser herméticos a la lluvia.

b) Con roscas corridas. En este tubo metálico no se deben utilizar conectadores con rosca corrida.

345-10. Curvas. Las curvas ... se deben hacer de modo que el tubo no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura ... no debe ser menor al indicado en la **Tabla 346-10.**

345-11. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (**360° en total**).

345-12. Soportes.

- El tubo se debe instalar como un sistema completo, como establece el Artículo 300.

- El tubo debe estar soportado como mínimo a cada 3 m,

- El tubo se debe sujetar a menos de 1 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de

- Cuando los miembros de la estructura no permitan fácilmente sujetar el *tubo* a cada metro, se permite aumentar la distancia hasta 1,5 m.

345-13. Cajas y accesorios. Véase el Artículo 370

345-14. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones deben hacerse de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para los requisitos sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370

345-15. Boquillas. Cuando un *tubo* entre en una caja, gabinete u otra cubierta, se debe instalar una boquilla o adaptador que proteja al conductor o cable de la abrasión, siempre que el diseño de la caja, gabinete o cubierta no ofrezca una protección equivalente.

NOTA: Para la protección con boquillas de los conductores de tamaño nominal de 21,15 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

C. Especificaciones de construcción

345-16. Generalidades. El *tubo (conduit)* metálico tipo semipesado debe cumplir las siguientes especificaciones

- a) **Longitud.** tramos de 3 m incluyendo un acoplamiento
- b) **Material resistente a la corrosión.** El *tubo* de metal no-ferroso resistente a la corrosión debe llevar marcas adecuadas
- c) **Marcado.** Cada tramo debe ir marcado de modo claro y duradero de conformidad con la norma de producto

ARTÍCULO 346 - TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO PESADO

A. Disposiciones generales

346-1. Uso. Se permite el uso de *tubo* metálico tipo pesado en todas las condiciones atmosféricas y en edificios de cualquier ocupación, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) **Protegidos por esmalte.** Si el *tubo* y accesorios de metales ferrosos sólo están protegidos **contra la corrosión por un esmalte**, se permite su uso únicamente en interiores y en edificios no sometidos a condiciones corrosivas graves.
- b) **De otros metales.** Cuando sea posible se debe **evitar que haya metales distintos en contacto** dentro de la misma instalación, para eliminar la posibilidad de reacción galvánica.
Excepción. Se permite utilizar accesorios y gabinetes de aluminio con tubo de acero tipo pesado y gabinetes y accesorios de acero con tubo de aluminio de tipo pesado
- c) **Protección contra la corrosión.** Se permite instalar, codos, acoplamientos y accesorios de metales ferrosos y no-ferrosos en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas sometidas a corrosión grave, si están protegidos contra la corrosión y se juzgan adecuados para esas condiciones.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

346-2. Otros Artículos. Las instalaciones con *tubo* metálico tipo pesado deben cumplir lo establecido en las correspondientes Secciones del Artículo 300.

B. Instalación

346-3. Relleno de escoria. Se permite instalar *tubo* metálico tipo pesado en o bajo relleno de escoria si están sometidos a humedad permanente, embebido en concreto no-menor a 50 mm de espesor sin escoria; cuando el *tubo (conduit)* esté a no-menos de 46 cm bajo la escoria o cuando esté protegido contra la corrosión y se juzgue adecuado para esas condiciones.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

346-4. En lugares mojados. Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, deben ser de material resistente contra la corrosión o estar protegidos con material resistente contra la corrosión.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

346-5. Tamaño nominal

- a) **Mínimo.** ... tamaño nominal de **16 mm**.
- b) **Máximo.** ... tamaño nominal de **155 mm**.

346-6. Número de conductores en un conducto. El número de conductores permitido en *tubo* metálico tipo pesado no debe superar el por ciento especificado en la **Tabla 10-1 del Capítulo 10**

346-7. Escariado y abocardado

- a) **Escariado.** Todos los extremos cortados de *tubo* metálico tipo pesado se deben escariar o terminar en forma de eliminar los bordes filosos.
- b) **Abocardado.** Cuando el *tubo* metálico tipo pesado se rosque en obra, se debe utilizar una tarraja estándar con una conicidad de 19 mm por cada 30 cm.

346-8. Boquillas. Cuando un *tubo* metálico tipo pesado entre en una caja, gabinete u otra cubierta, se deben instalar boquillas o adaptadores que protejan el conductor o cable de la abrasión, siempre que el diseño de la caja, gabinete o cubierta no ofrezca una protección equivalente.

NOTA: Para la protección de los conductores de tamaño nominal 21,15 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

346-9. Acoplamientos y conectadores

- a) **Sin rosca.** Los acoplamientos y conectadores **sin rosca** utilizadas con *tubo* se deben apretar adecuadamente. Cuando estén **enterrados en ladrillo u concreto**, deben ser herméticos al concreto. Cuando estén **en lugares mojados**, deben ser de tipo hermético a la lluvia.
- b) **Con rosca corrida.** En *tubo* metálico tipo pesado no se deben utilizar **conectadores con rosca corrida**.

346-10. Curvas. Cómo se hacen. ... se deben hacer de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura del borde interior hecha en obra no debe ser menor al indicado en la **Tabla 346-10**.

Tabla 346 – 10. Radio de curvatura del tubo (conduit) tipo pesado

| Tamaño nominal del tubo (mm) | Conductores sin cubierta de plomo (mm) | Conductores con cubierta de plomo (mm) |
|------------------------------|--|--|
| 16 | 102 | 152 |
| 21 | 127 | 203 |
| 27 | 152 | 279 |
| 35 | 203 | 356 |
| 41 | 254 | 406 |
| 53 | 305 | 533 |
| 63 | 381 | 635 |
| 78 | 457 | 787 |
| 91 | 533 | 914 |
| 103 | 610 | 1016 |
| 129 | 762 | 1270 |
| 155 | 914 | 1549 |

346-11. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (**360° en total**).

Tabla 346 – 10 (Excepción) Radio de curvatura de tubo (conduit) tipo pesado

| Tamaño nominal (mm) | Radio del centro del tubo en mm |
|---------------------|---------------------------------|
| 16 | 102 |
| 21 | 114 |
| 27 | 146 |
| 35 | 184 |
| 41 | 210 |
| 53 | 241 |
| 63 | 267 |
| 78 | 330 |
| 91 | 381 |
| 103 | 406 |
| 129 | 610 |
| 155 | 762 |

346-12. Soportes. El *tubo* metálico tipo pesado se debe apoyar como sistema completo, como establece el Artículo 300, y sujetarse firmemente. El *tubo* se debe sujetar como mínimo a cada 3 m. Además, se debe sujetar firmemente a menos de 1 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinete, registro u otras terminales. Cuando los miembros de la estructura no permitan fácilmente sujetar el *tubo* a cada metro, se permite aumentar la distancia hasta 1,5 m.

346-13. Cajas y accesorios. Véase el Artículo 370

346-14. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones deben cumplir con lo establecido en el Artículo 370.

Tabla 346 – 12. Soportes para tubo (conduit) metálicos tipo pesado

| Tamaño nominal (mm) | Distancia máxima entre soportes en metros |
|---------------------|---|
| 16 – 21 | 3,9 |
| 27 | 3,7 |
| 35 – 41 | 4,3 |
| 53 – 63 | 4,9 |
| 78 y mayores | 6,1 |

C. Especificaciones de construcción

346-15. Disposiciones generales. El *tubo* metálico tipo pesado debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- a) **Longitudes.** El *tubo* metálico tipo pesado se suministra en **tramos de 3 m**, incluido el acoplamiento (se suministra un acoplamiento con cada tramo). El *tubo* se debe escariar y roscar en sus dos extremos.
- b) **Material resistente a la corrosión.** El *tubo* de metal no-ferroso resistente a la corrosión debe ir marcado adecuadamente.
- c) **Identificación permanente.** Cada *tubo* debe ir-identificado de modo claro y duradero conforme lo establecido en la norma de producto

ARTÍCULO 347 – TUBO (CONDUIT) RÍGIDO NO-METÁLICO

A. Disposiciones generales

347-1. Definición. El tubo rígido no-metálico es una canalización de sección transversal circular de Policloruro de vinilo (PVC) con accesorios aprobados para la instalación de conductores eléctricos. Debe ser de material resistente a la flama, a la humedad y a agentes químicos.

Por encima del piso, debe ser resistente a la propagación de la flama, a los impactos y al aplastamiento, a las distorsiones por calentamiento en las condiciones que se vayan a dar en servicio y resistente a las bajas temperaturas y a la luz del Sol.

Para uso subterráneo, el material debe ser aceptablemente resistente a la humedad y a los agentes corrosivos y de resistencia suficiente para soportar impactos y aplastamientos durante su manejo e instalación. En instalaciones subterráneas se permite tubo aprobado para este objetivo en longitudes continuas de un carrete.

Cuando esté diseñado para enterrarlos directamente, sin empotrarlos en concreto, el material del tubo debe ser capaz de soportar las cargas continuas previstas para después de su instalación.

347-2. Usos permitidos. Se permite el uso de tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero aprobado y listado sus accesorios, en las siguientes condiciones:

NOTA: Las temperaturas extremadamente frías pueden hacer que algún tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero se vuelva quebradizo y por tanto sea más susceptible a daños por contacto físico.

- a) **Ocultos.** En paredes, pisos y techos.
- b) **En atmósferas corrosivas.** ... como se especifica en 300-6, y sometidos a productos químicos para los que estén aprobados específicamente esos materiales.
- c) **Escoria.** Con relleno de escoria.
- d) **En lugares mojados.** ... deben estar instalados y equipados de manera que eviten que entre el agua en la tubería. Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, deben ser de material resistente a la corrosión.
- e) **En lugares secos y húmedos.** En los lugares secos y húmedos no prohibidos en 347-3.
- f) **Expuestos.** Para instalaciones expuestas no sometidas a daño físico, si están aprobados e identificados para dicho uso.
- g) **En instalaciones subterráneas.** Para las instalaciones subterráneas, véanse 300-5 y 710-4(b).

347-3. Usos no permitidos.

- a) **En lugares peligrosos.** ... excepto lo establecido en las Secciones 503-3(a), 504-20, 514-8 y 515-5 y en los lugares de Clase I División 2, tal como lo permite la Excepción de 501-4(b).
- b) **Como soporte de aparatos.** Como soporte de aparatos u otros equipos.
- c) **Expuesto a daños físicos.** Cuando esté expuesto a daños físicos
- d) **Temperatura ambiente.** ... a temperaturas ambientes superiores a las marcadas en el tubo.
- e) **Límites de temperatura del aislamiento.** Para conductores cuyos límites de temperatura del aislamiento superen los límites aprobados y listados para el tubo.
- f) **En teatros y locales similares.** En teatros y locales similares, excepto lo establecido en los Artículos 518 y 520.

347-4. Otros Artículos. Las instalaciones con tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando, según el Artículo 250, se requiera la puesta a tierra de los equipos, se debe instalar en el tubo un conductor de puesta a tierra de equipo independiente.

B. Instalación

347-5. Abocardado. Todos los extremos de tubo se deben abocardar por dentro y por fuera para dejarlos lisos.

347-6. Uniones. Todas las uniones entre tubos y acoplamientos, cajas y accesorios, se deben hacer con accesorios aprobados.

347-8. Soportes. El tubo se debe instalar como sistema completo, ver 300-18 y se deben soportar como exige la Tabla 347-8. Además el tubo debe sujetarse a menos de 1 m de cada caja de salida, caja de terminales, caja de dispositivos, registro u otra terminación del tubo. Se debe sujetar de modo que se deje holgura para los movimientos de expansión o contracción térmica.

Excepción: Se permiten tramos horizontales de tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no superiores a los de la Tabla 347-8 y

Tabla 347 – 8. Soportes de tubo (conduit) rígido no-metálico tipo pesado o ligero

| Tamaño nominal (mm) | Separación máxima entre soportes en metros |
|---------------------|--|
| 16 | 1,0 |
| 21 | 1,0 |
| 27 | 1,0 |
| 35 | 1,5 |
| 41 | 1,5 |
| 53 | 1,5 |
| 63 | 1,8 |
| 78 | 1,8 |
| 91 | 2,1 |
| 103 | 2,1 |
| 129 | 2,1 |
| 155 | 2,4 |

347-9. Juntas de expansión. Cuando se espere que la expansión o contracción térmica del *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero*, sea de 6 mm o mayor en un tramo recto entre elementos sujetos como cajas, gabinetes, codos u otras terminaciones del *tubo*, se deben instalar juntas de expansión para compensar dichas expansiones.

347-10. Tamaño nominal

- a) **Mínimo.** No se debe utilizar *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* de tamaño nominal menor a 16 mm.
- b) **Máximo.** No se debe utilizar *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* de tamaño nominal superior a 155 mm

347-11. Número de conductores. El número de conductores en un *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* no debe exceder el por ciento de ocupación permitido en la Tabla 1 del Capítulo 9.

347-12. Accesorios. Cuando un *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* entre en una caja, gabinete u otra cubierta, se debe instalar un accesorio adaptador para evitar el daño por abrasión a la cubierta de los conductores, a menos la caja o gabinete ofrezca una protección equivalente.

NOTA: Para la protección de los conductores de tamaño nominal de 21,15 mm² (4 AWG) o mayor, véase 300-4(f).

347-13. Curvas. Las curvas de *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* se deben hacer de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. Cuando se hagan en obra se debe utilizar únicamente un equipo de doblar aprobado e identificado para ese uso. El radio de curvatura del borde interior de dichas curvas no debe ser menor al especificado en la Tabla 346-10.

347-14. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (360° en total).

347-15. Cajas y accesorios. Las cajas y accesorios deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 370.

347-16. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones deben hacerse de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370

C. Especificaciones de construcción

347-17. Disposiciones generales. El *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* debe cumplir lo siguiente:

Marcado. Cada tramo de *tubo rígido no-metálico tipo pesado o ligero* se debe marcar en forma permanente por lo menos a cada 3 m con caracteres legibles e indelebles, como establece el primer párrafo de 110-21. Las marcas deben incluir también el tipo de material, a menos que sea identificable visualmente. Se permite marcar *tubo* en la superficie para indicar las características especiales del material. Se debe indicar nombre o marca del fabricante, material del que está fabricado, si es de tipo pesado o ligero, diámetro nominal y uso.

NOTA: Por ejemplo, algunas de estas marcas opcionales pueden ser "LS" (de baja emisión de humos)



CONDUMEX

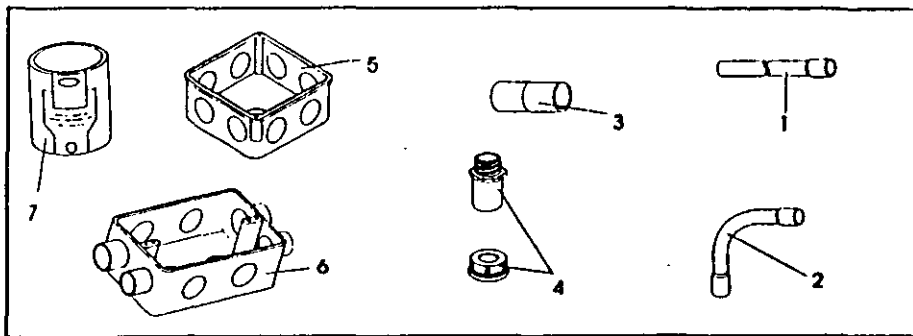
**CONDUIT DE PVC DURALON^{MR.}
TIPO NORMAL**

TC 01.0

DESCRIPCION:

Tubería Conduit de PVC pared normal, con un extremo abocinado, para instalaciones ocultas.

1. Tubería
2. Codos de 90°
3. Coples
4. Conectores
5. Caja cuadrada
6. Chalupa
7. Cemento



APLICACIONES:

Para instalaciones ocultas ya sea empotrada o en plafones.
En construcción media, hotelería, zona costera e industria ligera.

PROPIEDADES:

- Resistencia al aplastamiento:
Su rigidez estructural soporta cargas normales de construcción.
- Resistencia a la tracción.
- Superficie interior lisa:
Facilita el cableado.
- Hermeticidad:
Su unión cementada garantiza la hermeticidad a polvos y líquidos de construcción a lo largo de la trayectoria.
- Anticorrosiva:
Resistente a ambientes ácidos y salinos como zonas costeras.
Resistente al ataque de químicos inorgánicos.

- Autoextinguible:
No propaga la llama.
- Aislante:
Alto coeficiente dieléctrico, lo cual evita cortocircuito de falla a tierra.
- Resistente al impacto:
Al ser un material plástico, resiste bien los impactos sin que se produzca deformación permanente que engrape los cables a diferencia de las tuberías metálicas.
- Extremo abocinado:
Evita la utilización sistemática de coples, con el consiguiente ahorro de material y mano de obra.

ESPECIFICACIONES:

NOM-E-12

REGISTRO:

Autorización **NOM**

DATOS PARA PEDIDO:

Conduit de PVC DURALON^{MR.} indicando:

- Tipo normal.
- Producto (tubería, codo 90°, coples, conectores, cajas, cemento).
- Número de piezas.
- Diámetro en mm (excepto en cemento).
- Número de producto.

TUBERIA

| Número de producto | Diámetro nominal mm | Diámetro exterior | Diámetro interior | Espesor de pared mm | Area interior | Peso kg/m | Largo m |
|--------------------|------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------|--------------|------------|
| | | D | d | | A | | |
| | | mm | mm | | mm ² | | |

| | | | | | | | |
|--------|----|------|------|-----|------|-------|---|
| 401001 | 13 | 17.8 | 15.8 | 1.0 | 196 | 0.083 | 3 |
| 401002 | 19 | 23.3 | 21.3 | 1.0 | 356 | 0.110 | 3 |
| 401003 | 25 | 29.4 | 27.0 | 1.2 | 572 | 0.165 | 3 |
| 401004 | 32 | 38.0 | 35.6 | 1.4 | 995 | 0.254 | 3 |
| 401005 | 38 | 44.0 | 41.0 | 1.5 | 1320 | 0.324 | 3 |
| 401006 | 50 | 55.9 | 52.7 | 1.6 | 2180 | 0.438 | 3 |

NOTA: - Las cotas son utilizadas en las fórmulas presentadas en la Sección Técnica al final de este capítulo.
- Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.



CONDUMEX

CONDUIT DE PVC DURALON^{M.R.}

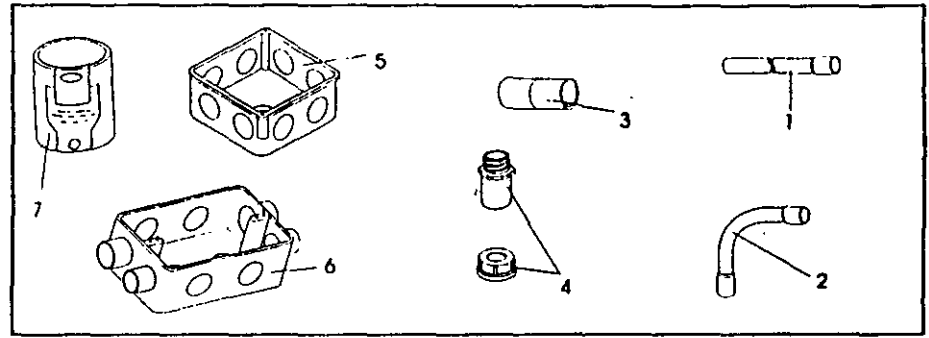
TIPO PESADO

NOM E-12

DESCRIPCION:

Tubería Conduit de PVC pared gruesa, con un extremo abocinado, para instalaciones Ocultas y Visibles Interiores.

- 1- Tubería.
- 2- Codos de 90°.
- 3- Coples.
- 4- Conectores.
- 5- Cajas cuadradas.
- 6- Chatupa.
- 7- Cemento.



APLICACIONES:

Para instalaciones Ocultas y Visibles, no expuestas al sol.

En edificios, Industria, centros comerciales, zonas costeras y de alta contaminación, distribución y servicios.

PROPIEDADES:

- Resistencia al aplastamiento:
Su rigidez estructural soporta cargas normales de construcción.
- Resistencia a la tracción.
- Superficie interior lisa:
Facilita el cableado.
- Hermeticidad:
Su unión cementada garantiza la hermeticidad a polvos y líquidos de construcción a lo largo de la trayectoria.
- Anticorrosiva:
Resistente a ambientes ácidos y salinos como zonas costeras.
Resistente al ataque de químicos inorgánicos.

- Autoextinguible:
No propaga la llama.
- Aislante:
Alto coeficiente dieléctrico, lo cual evita cortocircuito de falla a tierra.
- Resistente al impacto:
Al ser un material plástico, resiste bien los impactos sin que se produzca deformación permanente que engrape los cables a diferencia de las tuberías metálicas.
- Extremo abocinado:
Evita la utilización sistemática de coples, con el consiguiente ahorro de material y mano de obra.

DATOS PARA PEDIDO:

- Conduit de PVC DURALON^{M.R.} Indicando:
- Tipo pesado.
 - Producto (tubería, codo 90°, coples, conectores, cajas, cemento).
 - Número de piezas.
 - Diámetro en mm (excepto cemento).
 - Número de producto.

ESPECIFICACIONES

NOM-E-12

REGISTRO

Autorización **NOM**

TUBERIA

| Número de producto | Diámetro nominal mm | Diámetro exterior D mm | Diámetro interior d mm | Espesor de pared e mm | Area Interior A mm ² | Peso kg/m | Largo |
|--------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------|--------|
| | | | | | | | L m |
| 402001 | 13 | 21.4 | 18.4 | 1.5 | 266 | 0.145 | 3 |
| 402002 | 19 | 26.8 | 23.8 | 1.5 | 445 | 0.186 | 3 |
| 402003 | 25 | 33.5 | 30.5 | 1.5 | 730 | 0.235 | 3 |
| 402004 | 32 | 42.3 | 39.1 | 1.6 | 1200 | 0.317 | 3 |
| 402005 | 38 | 48.5 | 44.7 | 1.9 | 1569 | 0.425 | 3 |
| 402006 | 50 | 60.5 | 55.9 | 2.3 | 2453 | 0.636 | 3 |
| 402007 | 60 | 73.2 | 67.6 | 2.8 | 3587 | 0.896 | 3 |
| 402008 | 75 | 89.1 | 83.7 | 2.8 | 5500 | 1.137 | 3 |
| 402009 | 100 | 114.5 | 108.9 | 2.8 | 9309 | 1.473 | 3 |

NOTA: - Las cotas son utilizadas en las fórmulas presentadas en la Sección Técnica al final de este capítulo.
- Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura



CONDUMEX

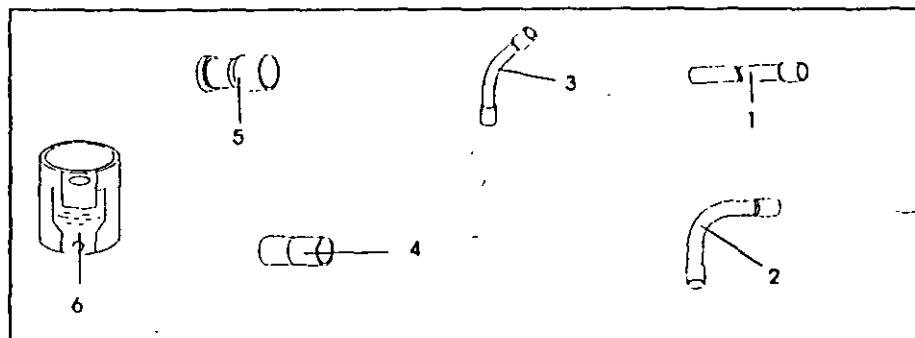
CONDUIT DE PVC DURALON^{M.R.} TIPO SUBTERRAN

TC 03.0

DESCRIPCION:

Tubería Conduit de PVC tipo SU anticorrosiva de pared lisa con campana en un extremo para su acoplamiento.

1. Tubería.
2. Codos de 90°.
3. Codos de 45°.
4. Coples.
5. Terminal campana.
6. Cemento.



APLICACIONES:

Para instalaciones de tipo subterráneo, industriales, alumbrado público, cableado telefónico, instalación de fibra óptica y distribución zona costera.

PROPIEDADES:

- Resistencia al aplastamiento:
Su rigidez estructural soporta cargas normales de construcción.
- Resistencia a la tracción.
- Superficie interior lisa:
Facilita el cableado.
- Hermeticidad:
Su unión cementada garantiza la hermeticidad a polvos y líquidos de construcción a lo largo de la trayectoria.
- Anticorrosiva:
Resistente a ambientes ácidos y salinos como zonas costeras.
Resistente al ataque de químicos inorgánicos.

- Autoextinguible:
No propaga la llama.
- Aislante:
Alto coeficiente dieléctrico, lo cual evita cortocircuito de falla a tierra.
- Resistente al impacto:
Al ser un material plástico, resiste bien los impactos sin que se produzca deformación permanente que engrape los cables a diferencia de las tuberías metálicas.
- Extremo abocinado:
Evita la utilización sistemática de coples, con el consiguiente ahorro de material y mano de obra, además de su presentación en tramos de 6 metros....

REGISTRO:

Autoización **NOM**

DATOS PARA PEDIDO:

Conduit de PVC DURALON^{M.R.} Indicando:

- Tipo subterráneo
- Producto (tubería, codo 90° ó 45°, coples terminal campana, cemento)
- Número de piezas
- Diámetro en mm (excepto cemento)
- Número de producto

ESPECIFICACIONES:

NOM-E-12

TUBERIA

| Número de producto | Diámetro nominal mm | Diámetro exterior | Diámetro Interior | Espesor de pared mm | Area Interior | Peso kg/m | Largo m |
|--------------------|------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------|--------------|------------|
| | | D | d | | A | | |

| | | | | | | | |
|--------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|---|
| 406001 | 25 | 29.4 | 27.0 | 1.2 | 572 | 0.164 | 6 |
| 406002 | 38 | 39.8 | 36.2 | 1.8 | 1029 | 0.325 | 6 |
| 406003 | 50 | 49.8 | 46.2 | 1.8 | 1676 | 0.410 | 6 |
| 406005 | 75 | 74.7 | 71.1 | 1.8 | 3969 | 0.623 | 6 |
| 406006 | 100 | 103.3 | 98.7 | 2.3 | 7647 | 1.157 | 6 |
| 406008 | 150 | 159.6 | 153.0 | 3.3 | 18376 | 2.425 | 6 |

NOTA: - Las cotas son utilizadas en las fórmulas presentadas al final de este capítulo.
- Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.

ARTÍCULO 348 – TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO LIGERO

A. Disposiciones generales

348-1. Uso. Se permite el uso de *tubo* metálico tipo ligero en instalaciones expuestas y ocultas.

No se debe utilizar *tubo* metálico tipo ligero:

- (1) cuando durante su instalación o después pueda verse **sometido a daño físico grave**;
- (2) cuando estén protegidas contra la corrosión **solo por un esmalte**;
- (3) en concreto de escoria o relleno de escoria **cuando estén sometidas a humedad permanente**, si no están embebidos en concreto sin escoria de 51 mm de espesor mínimo o si la tubería no está como mínimo a 46 cm bajo el relleno,
- (4) **en cualquier lugar peligroso** (clasificado) excepto lo permitido en 502-4, 503-3 y 504-20, o (5) como soporte de aparatos u otros equipos, excepto de registros no-mayores al *tubo* de mayor tamaño nominal. Cuando sea posible, se debe evitar que haya metales distintos en contacto dentro de la misma instalación, para eliminar la posibilidad de reacción galvánica.

Excepción: Se permite utilizar accesorios y gabinetes de aluminio con tubo metálico tipo ligero

Se permite instalar *tubo* metálico tipo ligero, codos, acoplamientos y accesorios de metales ferrosos o no-ferrosos en concreto, en contacto directo con la tierra o en zonas expuestas a ambientes corrosivos severos cuando estén protegidos contra la corrosión y se consideren adecuados para esas condiciones.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

348-2. Otros Artículos. Las instalaciones de *tubo* metálico tipo ligero deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

B. Instalación

348-4. En lugares mojados. Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etcétera, **deben ser de material resistente a la corrosión** o estar protegidos por materiales resistentes contra la corrosión.

NOTA: Para la protección contra la corrosión, véase 300-6.

348-5. Tamaño nominal

- a) **Mínimo.** ... tamaño nominal 16 mm.
- b) **Máximo.** ... tamaño nominal 103 mm

348-6. Número de conductores en una tubería. El número de conductores en un *tubo* no debe exceder los por cientos de ocupación permitidos en la Tabla 10 del Capítulo 10.

348-7. Roscas. El *tubo* metálico tipo ligero **no debe tener roscas**. Cuando se utilicen acoplamientos integrados, dichos acoplamientos se deben roscar en fábrica.

348-8. Coples y conectadores. Los coples y conectado se deben sujetar firmemente. Cuando estén enterrados en ladrillo u concreto, deben ser herméticos al concreto. Cuando estén en lugares mojados, deben ser de tipo hermético a la lluvia.

348-9. Curvas. Cómo se hacen. Las curvas se deben hacer de modo que el *tubo* no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. El radio de curvatura del borde interior de cualquier curva hecha en obra no debe ser inferior al indicado en la Tabla 346-10.

348-10. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (**360° en total**).

348-11. Abocardado. Todos los extremos del *tubo* metálico tipo ligero se deben abocardar por dentro y por fuera para eliminar los bordes filosos.

348-12. Soportes. El *tubo* metálico tipo ligero se debe instalar como sistema completo, como establece el Artículo 300, y **sujetarse firmemente como mínimo a cada 3 m y a menos de 1 m de cada caja de salida**, caja de terminales, caja de dispositivos, gabinete, registro u otra terminación cualquiera.

Se permiten tramos horizontales de *tubo* metálico tipo ligero soportados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no-superiores a 3 m y sujetos firmemente a menos de 1 m de los puntos de terminación.

348-13. Cajas y accesorios. Las cajas y accesorios deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 370.

348-14. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

C. Especificaciones de construcción

348-15. **Disposiciones generales.** El *tubo* debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- a) **Sección.** El *tubo* metálico tipo ligero y los codos y otras secciones curvas que se utilicen con los mismos, **deben ser de sección circular.**
- b) **Acabado.** El *tubo* metálico tipo ligero debe tener un acabado o tratamiento en su superficie exterior que le proporcione un medio aprobado y duradero que lo distinga fácilmente, una vez instalado, de los otros tipos de *tubo* metálicos.
- c) **Coples.** Cuando el *tubo* metálico tipo ligero se una a rosca, los coples deben estar diseñados de modo que evite que el *tubo* se curve en cualquier parte de la rosca.
- d) **Marcado.** El *tubo* debe ir **marcado** de modo claro y duradero por lo menos cada 3 m, como se exige en el primer párrafo de 110-21

ARTÍCULO 350 - TUBO (CONDUIT) METÁLICO FLEXIBLE

A. Disposiciones generales

350-1. Alcance. Este Artículo trata del uso e instalaciones con *tubo* metálico flexible y sus correspondientes accesorios.

350-2. Definición. Un *tubo* metálico flexible es una canalización de sección circular hecha de una banda metálica devanada helicoidalmente, preformada y engargolada

350-3. Otros Artículos. Las instalaciones con *tubo* metálico flexible deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

350-4. Usos permitidos. El *tubo* metálico flexible debe estar aprobado y listado y se puede usar en lugares expuestos y ocultos.

350-5. Usos no permitidos. No se debe usar *tubo* metálico flexible:

- 1) En lugares mojados, si los conductores no están aprobados para esas condiciones específicas y si la instalación es tal que no haya posibilidad de que el líquido pueda entrar en las canalizaciones o cubiertas a las que vaya conectado el *tubo*.
- 2) En huecos de elevadores, excepto lo permitido en 620-21(a)(1).
- 3) En cuartos de bancos de baterías.
- 4) En lugares peligrosos (clasificados), excepto lo permitido en 501-4(b) y 504-20.
- 5) Cuando esté expuesto a materiales que puedan producir el deterioro de los conductores instalados, como aceite o gasolina.
- 6) Subterráneo o empotrados en cojados o agregados de concreto.
- 7) Cuando esté expuesto a daño físico

B. Instalación

350-10. Tamaño nominal

a) **Mínimo.** No se debe utilizar *tubo* metálico flexible de tamaño nominal menor a 16 mm, excepto lo permitido en los siguientes apartados (1) a (5) para *tubo* de 10 mm:

- 1) Para cables de motores, como se permite en 430-145(b).
- 2) En tramos no-mayores a 1,8 m, como parte de un ensamble aprobado y listado o en salidas para elementos de alumbrado como se permite en 410-67(c), o para equipos de utilización.
- 3) En instalaciones prefabricadas como se permite en 604-6(a).
- 4) En los huecos de ascensores, como se permite en 620-21(a)(1).
- 5) Como parte de un ensamble aprobado y listado para conectar cables de aparatos, como se permite en 410-77(c).

b) **Máximo.** No se debe utilizar *tubo* metálico flexible de tamaño nominal mayor de 103 mm.

350-12. Número de conductores. El número de conductores permitido en un *tubo* metálico flexible no debe exceder el por ciento de ocupación establecido en la Tabla 1, Capítulo 9, o lo que permite la Tabla 350-12 para *tubo* metálico flexible de 10 mm.

350-14. Puesta a tierra. Se permite usar *tubo* metálico flexible para puesta a tierra, según lo establecido en 250-91(b). Cuando haya que conectar un puente de unión alrededor de un *tubo* metálico flexible, se debe hacer de acuerdo con lo establecido en 250-79.

Excepción. Se permite utilizar un *tubo* metálico flexible como medio de puesta a tierra si la longitud total del tramo es de 1,8 m o menos, si el *tubo* termina en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra y si los conductores contenidos en el mismo están protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 20 A nominales o menos.

Cuando se usen para conectar equipos con cierta flexibilidad, se debe instalar un conductor de puesta a tierra de los equipos.

Tabla 350 – 12. Número máximo de conductores aislados en tubo (conduit) metálico flexible de 10 mm*

Columna A: Con accesorios dentro del tubo

Columna B: Con accesorios fuera del tubo

| Tamaño nominal mm ² (AWG) | Tipos RFH – 2, SF - 2 | | Tipos TF, XHHW, AF, TW THW, THHN | | Tipos TFN, THHN, THWN | | Tipos FEP, FEPB,PF,PGF | |
|---|--------------------------|----|--|---|--------------------------|---|------------------------------|---|
| | A | B | A | B | A | B | A | B |
| 0,82 (18) | 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 8 | 5 | 8 |
| 1,3 (16) | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 6 | 4 | 6 |
| 2,08 (14) | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 3,3 (12) | -- | -- | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 5,26 (10) | -- | -- | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |

*Además está permitido un conductor adicional de puesta a tierra de los equipos del mismo tamaño, cubierto o desnudo.

350-16. Curvas. No debe haber más curvas que el equivalente a 360° entre los puntos de sujeción, por ejemplo en registros y cajas. Las curvas en el tubo deben hacerse de modo que el tubo no se dañe y que su diámetro interior no se reduzca. El radio de curvatura en el borde interior de cualquier curva hecha en obra, no debe ser menor a los de la Tabla 346-10.

350-18. Soportes. El tubo metálico flexible se debe sujetar firmemente por medios aprobados por la autoridad competente³, a menos de 3 m de cada caja, gabinete, registro u otra terminación del tubo y deben ir apoyados y sujetos a intervalos no-mayores a 1,4 m.

Excepción 1: Cuando el tubo metálico flexible esté sujeto por sus extremos.

Excepción 2: Tramos que no superen 1 m entre terminales, cuando sea necesaria cierta flexibilidad.

Excepción 3: Tramos que no superen 1,8 m desde una conexión terminal para conexiones de salidas para aparatos de alumbrado, como se permite en 410-67(c).

Se permite el uso de tubo metálico flexible instalado horizontalmente que esté soportado por aberturas a través de los miembros de la estructura a intervalos menores a 1,4 m y sujeto firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

350-20. Accesorios. Los accesorios utilizados con tubo metálico flexible deben estar aprobados y listados. No se utilizarán secciones angulares para instalaciones en canalizaciones ocultas.

350-22. Abocardado. Todos los extremos del tubo se deben abocardar por dentro y por fuera para dejarlos lisos, excepto cuando se usen accesorios roscados.

350-24. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

ARTÍCULO 351 – TUBO (CONDUIT) FLEXIBLE HERMÉTICO A LOS LÍQUIDOS Y METÁLICO NO-METÁLICO

351-1. Alcance. Este Artículo cubre a instalaciones realizadas con *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos y con *tubo* no-metálico flexible hermético a los líquidos

A. *Tubo* metálico flexible hermético a los líquidos

351-2. Definición. Un *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos es una canalización de sección circular que lleva una cubierta exterior hermética a los líquidos, no-metálica y resistente a la luz del Sol sobre un núcleo metálico flexible con sus acoplamientos, conectadores y accesorios, y aprobado para la instalación de conductores eléctricos.

351-3. Otros Artículos. La instalación con *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos debe cumplir las disposiciones correspondientes del Artículo 300 y las Secciones específicas de los Artículos 350, 501, 502, 503 y 553, a las que se hace referencia a continuación

NOTA: En cuanto a las marcas, véase 110-21.

351-4. Usos

a) **Permitidos.** Se permite en instalaciones expuestas u ocultas:

- 1) Cuando las condiciones de instalación, funcionamiento o mantenimiento requieran flexibilidad o protección contra líquidos, vapores o sólidos.
- 2) Según se permita en 501-4(b), 502-4, 503-3 y 504-20 y en otros lugares peligrosos (clasificados) específicamente aprobados, y según se indica en 553-7(b).
- 3) Enterrado directamente, cuando esté aprobado e identificado para ese uso.

b) **No permitidos.** No se debe usar *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos:

- 1) Cuando esté expuesto a daño físico.
- 2) Cuando cualquier combinación de temperatura ambiente y de los conductores, pueda producir una temperatura de funcionamiento superior a aquella para la cual está aprobado el material.

351-5. Tamaño nominal

a) **Mínimo.** ... tamaño nominal inferior 16 mm.

Excepción: Se permite instalar tubo de sección comercial de 10 mm según lo establecido en 350-10 (a).

b) **Máximo.** El tamaño máximo nominal es de 103 mm.

351-6. Número de conductores

a) **Un solo tubo.** El número de conductores permitido en un *tubo* de tamaño nominal de 16 a 103 mm, no debe exceder el por ciento de ocupación especificado en la Tabla 10-1, Capítulo 10.

b) **Conduit de 10 mm.** El número de conductores permitidos en un *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos de 10 mm no debe exceder lo permitido en la Tabla 350-12.

351-7. Accesorios. El *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos sólo se debe usar con accesorios terminales aprobados. No se deben utilizar conectadores angulares en instalaciones ocultas.

351-8. Soportes. El *tubo* metálicos flexible hermético a los líquidos se debe sujetar firmemente mediante medios aprobados por la autoridad competente³, a menos de 3 m de cada caja, gabinete, registro u otra terminación del *tubo* y debe ir soportado y sujeto a intervalos no-mayores a 1,4 m.

Se permiten tramos horizontales de *tubo* rígido no-metálico apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no-superiores a 1,4 m y sujetos firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

351-9. Puesta a tierra. Se permite usar un *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos para puesta a tierra, según lo establecido en 250-91(b). Cuando se conecte un puente de unión alrededor de un *tubo* metálico flexible hermético a los líquidos, se debe hacer de acuerdo con lo establecido en 250-79.

Excepción: Se permite utilizar un tubo metálico flexible hermético a los líquidos como medio de puesta a tierra, si la longitud total del tramo de tierra es de 1,8 m o menos, si el tubo termina en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra y si los conductores contenidos en el mismo están protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 20 A nominales o menos para tubo de tamaño nominal de 10 mm y

Cuando se usen para conectar equipo con cierta flexibilidad, se debe instalar un conductor de puesta a tierra del equipo

NOTA: Para los tipos de conductores de puesta a tierra de equipo, véanse las Secciones 501-16(b), 502-16(b) y 503-16(b)

351-10. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (360° en total).

351-11. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

B. Tubo (conduit) no-metálico flexible y hermético a los líquidos

351-22. Definición. Un *tubo* no-metálico flexible y hermético a los líquidos es una canalización de sección circular de uno de los siguientes tipos:

- 1) Con un núcleo interior liso, sin costuras y una cubierta adherida al núcleo y teniendo uno o más refuerzos entre el núcleo y la cubierta.
- 2) Una superficie interior lisa con refuerzos integrados dentro de la pared del *tubo*.
- 3) Una superficie corrugada por dentro y por fuera sin refuerzos integrados dentro de la pared del *tubo*.

Este *tubo* debe ser resistente a la flama y aprobado, junto con sus accesorios, para la instalación de conductores eléctricos.

351-23. Usos

- a) **Permitidos.** Se permite usar *tubo* no-metálico flexible y hermético a los líquidos en instalaciones expuestas u ocultas:

NOTA: Las temperaturas muy bajas pueden hacer que algunos *tubo* no-metálicos se vuelvan quebradizos y por tanto sean más susceptibles de daños por contacto físico.

- 1) Cuando se necesite flexibilidad de instalación, funcionamiento o mantenimiento.
- 2) Cuando haya que proteger a los conductores de los vapores, líquidos o sólidos.
- 3) En instalaciones en exteriores cuando esté aprobado e identificado para ese uso.

NOTA: Para los requisitos de las marcas, véase 110-21.

- 4) Enterrado directamente cuando esté aprobado e identificado para ese uso.

- b) **No permitidos.** No se debe usar *tubo* no-metálico flexible y hermético a los líquidos:

- 1) Cuando esté expuesto a daño físico.
- 2) Cuando cualquier combinación de temperatura ambiente y de los conductores, pueda producir una temperatura de funcionamiento superior a aquella para la cual está aprobado el material.
- 3) En tramos no-superiores a 1,8 m.

Excepción 1: Se permite usar tubo no-metálico flexible hermético a los líquidos, como se define en 351-22(2), para instalarlo en tramos superiores a 1,8 m si están sujetos de acuerdo con lo indicado en 351-27.

Excepción 2: Cuando sea necesaria mayor longitud para obtener el grado de flexibilidad deseado.

- 4) Cuando la tensión eléctrica entre los conductores contenidos en el *tubo* sea superior a los 600 V nominales.

Excepción: Lo permitido en la Excepción de 600-32(a) para anuncios luminosos de más de 600 V.

351-24. Tamaño nominal. El *tubo* no-metálico flexible hermético a los líquidos debe ser de tamaño nominal de 16 a 103 mm.

Excepción 1: Se permite instalar tubo de 10 mm de tamaño nominal según lo establecido en 430-135(b).

Excepción 2: Se permite instalar tubo de 10 mm de tamaño nominal en tramos no-superiores a 1,8 m como parte de un ensamble aprobado y listado para elementos de alumbrado, según 410-67(c), o para equipos de utilización.

Excepción 3: El tubo de 10 mm para conductores de señales eléctricas en aisladores según se establece en 600-32(a)

351-25. Número de conductores. El número de conductores permitidos en un *tubo* individual debe

351-26. Accesorios. El tubo no-metálico flexible hermético a los líquidos solo debe usarse con accesorios terminales aprobados e identificados para ese uso. No se deben utilizar conectadores angulares en instalaciones ocultas.

351-27. Soportes. El tubo no-metálico flexible hermético a los líquidos, tal como se define en 351-22(2), se debe sujetar firmemente a intervalos no-mayores a 1 m y a menos de 30 cm de cada lado de cada caja de salida, cajas de terminales, gabinetes o accesorios.

Excepción 1 Cuando el tubo no-metálico flexible y hermético a los líquidos vaya sujeto por sus extremos.

Excepción 2. Tramos que no superen 1 m entre terminales, cuando sea necesaria cierta flexibilidad.

Excepción 3: Tramos que no superen los 1,8 m desde una conexión terminal para salidas de aparatos de alumbrado, como se permite en 410-67(c).

Se permiten tramos horizontales de tubo no-metálico flexible y hermético a los líquidos apoyados en aberturas a través de miembros de la estructura, a intervalos no-mayores a 1 m y sujetos firmemente a menos de 30 cm de los puntos de terminación.

351-28. Puesta a tierra de los equipos. Cuando sea necesario instalar un conductor de puesta a tierra de equipo para circuitos instalados en tubo no-metálico flexible y hermético a los líquidos, se permite instalarlo dentro o fuera del tubo. Cuando se instale fuera, la longitud del conductor de puesta a tierra de los equipos no debe superar 1,8 m y debe seguir el mismo camino que la canalización o cubierta. Los accesorios y cajas se deben poner a tierra o empalmar, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

351-29. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 300-15. Para las especificaciones sobre instalación y uso de cajas y registros, véase el Artículo 370.

351-30. Curvas. Número de curvas en un tramo. Entre dos puntos de sujeción, por ejemplo, entre registros o cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (360° en total).

ARTÍCULO 352 - CANALIZACIONES SUPERFICIALES METÁLICAS Y NO-METÁLICAS

A. Canalizaciones superficiales metálicas

352-1. Uso. Se permite el uso de canalizaciones superficiales metálicas en lugares secos. No se permite utilizarlas. (1) cuando estén expuestas a daño físico, si no están aprobadas para ello; (2) cuando exista una tensión eléctrica entre conductores de 300 V o más, excepto si el metal tiene un espesor no-menor a 1 mm, (3) cuando estén expuestas a vapores corrosivos; (4) en los huecos de los ascensores; (5) en los lugares peligrosos (clasificados) excepto los de Clase I División 2, como se permite en la Excepción de 501-4(b), ni (6) en instalaciones ocultas, con la Excepción siguiente.

Excepción: Lo que se permite en 645-5(d)(2).

NOTA: Véase en el Artículo 100 la definición de "Expuesto (Instalaciones)".

352-2. Otros Artículos. Las canalizaciones superficiales metálicas deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

352-3. Tamaño nominal de los conductores. En una canalización superficial metálica no se deben instalar conductores de mayor tamaño nominal de aquellos para los cuales esté diseñada la canalización.

352-4. Número de conductores en las canalizaciones. El número de conductores instalados en cualquier canalización superficial metálica no debe ser mayor a aquél para el que está diseñada la canalización.

Los factores de corrección de las Notas a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, Nota 8(a) del Artículo 310, no aplican a los conductores instalados en canalizaciones superficiales metálicas, si se cumplen los requisitos siguientes: (1) el área de la sección transversal de la canalización es mayor a 2600 mm², (2) los conductores activos no son más de 30; (3) la suma de las áreas de la sección transversal de todos los conductores contenidos no supera 20% de la correspondiente de la canalización.

352-5. Extensiones a través de paredes y pisos. Se permite que las canalizaciones superficiales metálicas pasen a través de paredes, ladrillos y pisos secos, respectivamente, si el tramo que atraviesa estos elementos es continuo. A ambos lados de la pared, tabique o piso se debe mantener el acceso a los conductores.

352-6. Combinación en canalizaciones. Cuando se usen las canalizaciones superficiales metálicas para circuitos de señalización, de alumbrado y de fuerza, los distintos sistemas deben ir en compartimentos independientes, identificados mediante colores de alto contraste en su interior. En toda la instalación se mantendrá la misma posición relativa de esos compartimentos.

352-7. Empalmes y derivaciones. Se permite hacer empalmes y derivaciones en las canalizaciones superficiales metálicas que tengan tapa removible accesible después de la instalación. En ese punto, los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal interior de la canalización. En las canalizaciones metálicas superficiales sin tapa removible, los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en cajas de terminales. Todos los empalmes y derivaciones se deben hacer con accesorios aprobados.

352-8. Disposiciones generales. Las canalizaciones superficiales metálicas deben estar construidas de modo que se distingan de otras canalizaciones. Estas canalizaciones y sus codos, acoplamientos y accesorios similares deben estar diseñados de modo que sus partes se puedan conectar eléctrica y mecánicamente, e instalar sin que sus cables estén expuestos a la abrasión.

Cuando se utilicen en las canalizaciones superficiales metálicas tapas y accesorios no-metálicos, éstos deben estar aprobados e identificados para dicho uso.

352-9. Puesta a tierra. Las cubiertas de canalizaciones superficiales metálicas que sirvan como paso a otro tipo de instalación, deben tener un medio para interconexión de puesta a tierra de equipo.

B. Canalizaciones superficiales no-metálicas

352-21. Descripción. La parte B de este Artículo se debe aplicar a un tipo de canalización superficial no-metálica y de accesorios de material no-metálico resistente a la humedad y a las atmósferas químicas. También debe ser resistente a la propagación de la flama, resistente a impactos y aplastamientos, resistente a las distorsiones por calentamiento en las condiciones que se vayan a dar en servicio y resistente a las bajas temperaturas. Se permite identificar las canalizaciones superficiales no-metálicas con baja emisión de humos, resistencia a la propagación de incendio y baja acidez con el sufijo LS.

352-22. Uso. Se permite usar canalizaciones superficiales no-metálicas en lugares secos. No se debe usar (1) en instalaciones ocultas, (2) si están expuestas a daño físico, (3) cuando exista una tensión eléctrica entre conductores de 300 V o más, excepto que esté aprobada y listada para una tensión eléctrica más alta; (4) en los huecos de los ascensores; (5) en los lugares peligrosos (clasificados) excepto los de Clase I División 2, como se permite en la Excepción de 501-4(b); (6) cuando estén expuestas a temperaturas que superen aquéllas para las que está aprobada la canalización, ni (7) para conductores cuyos límites de temperatura de aislamiento superen la temperatura para la que está aprobada la canalización.

352-23. Otros Artículos. Las canalizaciones superficiales no-metálicas deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando el Artículo 250 exija poner a tierra al equipo, se debe instalar en la canalización un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

352-24. Tamaño nominal de los conductores. En una canalización superficial no-metálica no se deben instalar conductores de mayor tamaño nominal que el diseñado para la canalización.

352-25. Número de conductores en las canalizaciones. El número de conductores instalados en cualquier canalización superficial metálica no debe ser superior a aquél para el que está diseñada la canalización.

352-26. Combinación en canalizaciones. Cuando se usen las canalizaciones superficiales no-metálicas para circuitos de señalización, de alumbrado y de fuerza, los distintos sistemas deben ir en compartimentos independientes identificados mediante colores de mucho contraste en su interior. En toda la instalación se mantendrá la misma posición relativa de esos arreglos.

352-27. Disposiciones generales. Las canalizaciones superficiales no-metálicas deben estar construidas de modo que se distingan de otras canalizaciones. Estas canalizaciones y sus codos, acoplamientos y accesorios similares deben estar diseñados de modo que sus partes se puedan conectar eléctrica y mecánicamente, e instalar sin que sus cables estén expuestos a la abrasión.

352-28. Extensiones a través de paredes y pisos. Se permite que las canalizaciones superficiales metálicas pasen a través de paredes, ladrillos y pisos secos, respectivamente, si el tramo que atraviesa estos elementos es continuo. A ambos lados de la pared, tabique o piso se debe mantener el acceso a los conductores.

352-29. Empalmes y derivaciones. Se permite hacer empalmes y derivaciones en las canalizaciones superficiales no-metálicas que tengan tapa removible y accesible después de su instalación. En ese punto, los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal interior de la canalización. En las canalizaciones no-metálicas superficiales sin tapa removible, los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en cajas de terminales. Todos los empalmes y derivaciones se deben hacer con accesorios aprobados.

C. Canal tipo extruído

352-40. Descripción. La parte C de este Artículo se debe aplicar al canal tipo extruído y sus accesorios, hechos de metal resistente a la humedad o protegido contra la corrosión y que se estime adecuado para esas condiciones. Se permite que estas canalizaciones con tapa a presión removible estén galvanizadas o sean de acero inoxidable, acero esmaltado o recubierto de PVC o de aluminio. Sus tapas pueden ser metálicas o no-metálicas.

352-41. Usos permitidos. Se permite instalar canal tipo extruído: (1) en instalaciones expuestas; (2) en lugares húmedos; (3) en lugares expuestos a vapores corrosivos, cuando estén protegidas por un acabado que se estime adecuado para esas condiciones; (4) en instalaciones cuya tensión eléctrica sea de 600 V o menos y (5) como postes eléctricos.

352-42. Usos no permitidos. No está permitido utilizar canal tipo extruído: (1) en instalaciones ocultas o (2) en lugares peligrosos.

Excepción: Lo que se permite en la Excepción de 501-4(b).

Se permite utilizar canal tipo extruído de metal ferroso protegido contra la corrosión únicamente por un esmalte, exclusivamente en interiores y en lugares no expuestos a condiciones corrosivas severas.

352-43. Otros Artículos. Las instalaciones de canal tipo extruído deben cumplir las disposiciones

352-44. Tamaño nominal de los conductores. En un canal tipo extruido no se deben instalar conductores de mayor tamaño nominal que el diseñado para la canalización.

352-45. Número de conductores en una canalización. El número de conductores permitido en un canal tipo extruido no debe superar los por cientos de la Tabla 352-45, ni las dimensiones del diámetro exterior (DE) de los cables de los tipos y tamaño nominales dados en las Tablas del Capítulo 9.

No se debe aplicar a los conductores instalados en un canal tipo extruido los factores de corrección de la Nota 8(a) a las Tablas de capacidad de conducción de comente de 0 a 2000 V, si no se dan todas las siguientes condiciones: (1) si el área de la sección transversal de la canalización es superior a 2600 mm²; (2) los conductores activos no son más de 30; (3) la suma de las áreas de la sección transversal de todos los conductores contenidos no supera 20% de la correspondiente a la canalización.

Tabla 352 – 45. Sección de la canalización y diámetro interior de canalizaciones con tapa a presión removible

| Tamaño de la canalización en cm | Superficie (mm ²) | 40% superficie (mm ²) | 25% superficie (mm ²) |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 4,2 x 2,1 | 570 | 230 | 140 |
| 4,2 x 2,5 | 740 | 300 | 185 |
| 4,2 x 3,5 | 1080 | 430 | 270 |
| 4,2 x 4,1 | 1310 | 520 | 330 |
| 4,2 x 6,2 | 2045 | 820 | 510 |
| 4,2 x 8,3 | 2780 | 1110 | 695 |
| 3,8 x 1,9 | 550 | 220 | 135 |
| 3,8 x 3,8 | 1180 | 470 | 295 |
| 3,8 x 4,8 | 1485 | 595 | 370 |
| 3,8 x 7,6 | 2490 | 995 | 620 |

Comentario: Fórmula de la superficie ocupada por los cables:

$$N = \frac{AC}{AW}$$

Donde:

N = número de conductores

AC = Area de la sección transversal del canal en mm².

AW = Area de la sección transversal del conductor en mm².

Observaciones:

- 1 Para calcular el número de conductores permitidos, en las canalizaciones con uniones externas se toma un 40%
2. Para calcular el número de conductores permitidos, en las canalizaciones con uniones internas se toma un 25%.

352-46. Extensiones a través de paredes y pisos. Se permite que tramos continuos de canal tipo extruido se extiendan a través de paredes, tabiques y pisos si las tiras de la cubierta se pueden quitar desde los dos lados y la parte de la canalización que atraviesa la pared, tabique o piso permanece cubierta.

352-47. Soportes de canal tipo extruido

- Instalación superficial.** Un canal tipo extruido se debe sujetar a la superficie sobre la que va instalado mediante abrazaderas externas al canal a intervalos que no superen 3 m y a menos de 30 cm de cada caja de salida, gabinete, caja de terminales o cualquier otra terminación del canal.
- Instalación suspendida.** Se permite instalar el canal tipo extruido suspendido en el aire por medio de accesorios aprobados diseñados para ese uso y a intervalos que no superen 3 m

352-48. Empalmes y derivaciones. Se permite hacer en el canal tipo extruido empalmes y derivaciones que sean accesibles después de su instalación a través de una tapa desmontable. Los conductores,

352-49. Disposiciones generales. El canal tipo extruído debe estar construido de modo que se distinga de otras canalizaciones. Estas canalizaciones y sus codos, acoplamientos y accesorios similares deben estar diseñados de modo que sus partes se puedan conectar eléctrica y mecánicamente, e instalar sin que sus cables estén expuestos a la abrasión.

Cuando se use en canal tipo extruído metálico abrazaderas de sujeción y accesorios de material no-metálico, deben estar aprobados e identificados para dicho uso.

352-50. Puesta a tierra. Las envolventes de canalizaciones superficiales metálicas que sirvan como paso a otro tipo de instalación, deben tener un medio para interconexión a tierra de equipo. Se permite usar el canal tipo extruído como conductor de puesta a tierra de equipo de acuerdo con lo indicado en 250-91(b)(11) Cuando se utilice una tapa metálica a presión en un canal tipo extruído, para conseguir la continuidad eléctrica de acuerdo con sus valores especificados, no se permite usar esa tapa como medio de continuidad eléctrica de cualquier salida de corriente eléctrica montada en la misma.

352-51. Marcado. Todos los tramos del canal tipo extruído se deben marcar de modo claro y duradero, según requiere el primer párrafo de 110-21.

ARTÍCULO 362 – CONDUCTOS METÁLICOS Y NO-METÁLICOS CON TAPA

A. Conductos Metálicos

362-1. Definición. Los conductos metálicos son conductos de placa metálica con tapa a presión removible, o con bisagras para alojar y proteger cables eléctricos y en los cuales se instalan los conductores después de haber instalado el conducto, como un sistema completo

362-2. Uso. Sólo se permite usar los conductos metálicos en instalaciones expuestas. Los conductos metálicos instalados en lugares mojados deben ser herméticos a la lluvia. No se debe instalar conductos metálicos (1) cuando estén expuestos a daño físico o a vapores corrosivos ni (2) en ningún lugar peligroso (clasificado), excepto lo permitido en 501-4(b), 502-4(b) y 504-20.

Excepción: Se permite instalar conductos en espacios ocultos según lo establecido en el inciso c) de la Excepción 640-4

362-3. Otros Artículos. Las instalaciones de conductos deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

362-4. Tamaño nominal de los conductores. No se debe instalar en un conducto ningún conductor de mayor tamaño nominal que aquél para el cual fue diseñado.

362-5. Número de conductores. Los conductos no deben contener más de 30 conductores de fase en ninguna parte. No se consideran conductores de fase los de circuitos de señalización o los conductores de control y su controlador, utilizados únicamente para el arranque del motor

La suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del conducto no debe superar 20% del área de la sección transversal interior del mismo.

No se deben aplicar los factores de corrección del Artículo 310 Nota 8(a) de las Notas de las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, a los 30 conductores de fase que ocupen 20% del espacio, como se especificó anteriormente.

Excepción 1. Cuando se aplique los factores de corrección especificados en el Artículo 310 8(a) de las Notas a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, no se debe limitar el número de conductores de fase, pero la suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del conducto no debe exceder 20% del área de la sección transversal interior del mismo.

Excepción 2: Como se establece en 520-6, la limitación a 30 conductores no se debe aplicar en teatros ni locales similares.

Excepción 3: Como se establece en 620-32, la limitación de 20% de ocupación no se debe aplicar para elevadores y montacargas.

362-6. Conductores aislados doblados. Cuando en un conducto se doblen conductores aislados, bien en sus extremos o donde los tubos, accesorios u otras canalizaciones o cables entren o salgan del conducto, o cuando la dirección del conducto varíe más de 30°, se deben aplicar las dimensiones correspondientes indicadas en 373-6

362-7. Empalmes y derivaciones. En los conductos se permite hacer derivaciones que sean accesibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del conducto en ese punto

362-8. Soportes. Los conductos se deben sujetar de acuerdo con lo siguiente:

- a) **Soporte horizontal.** Cuando se instalen horizontalmente, los conductos se deben sujetar a intervalos que no excedan 1,5 m o para tramos que excedan 1,5 m, en cada extremo o unión, excepto si están aprobados y listados para otros intervalos. La distancia entre los soportes no debe exceder de 3 m.
- b) **Soporte vertical.** Los tramos verticales de conductos se deben sujetar firmemente a intervalos que no excedan de 4,5 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes. Las secciones unidas de los conductos se deben sujetar firmemente, de modo que constituyan una junta rígida.

362-9. Extensión a través de paredes. Se permite que los conductos metálicos pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.

362-10. Extremos finales. Los extremos finales de los conductos para cables deben estar cerrados.

362-11. Extensiones a partir de conductos. Las extensiones que salen de los conductos se deben efectuar usando cordones o cualquier método de cableado del Capítulo 3 que incluya un medio de puesta a tierra del equipo. Cuando se utilice un conductor independiente de puesta a tierra del equipo, la interconexión de los conductores de tierra de la instalación con el conducto debe cumplir lo establecido

flexible y hermético a los líquidos, la interconexión del conductor de puesta a tierra del equipo de la canalización no-metálica al conducto metálico debe cumplir lo establecido en 250-113 y 250-118

362-12. Marcado. Los conductos se deben marcar de modo que después de su instalación quede claramente visible el nombre del fabricante o su marca comercial

362-13. Puesta a tierra. La puesta a tierra debe cumplir las disposiciones del Artículo 250.

B. Conductos no-metálicos

362-14. Definición. Los conductos no-metálicos son conductos de material no-metálico retardante a la flama, con tapa con bisagras o removible, para alojar y proteger cables eléctricos y en los cuales se instalan los conductores después de instalado el conducto, como un sistema completo.

362-15. Usos permitidos. Se permite el uso de conductos no-metálicos aprobados y listados:

- 1) Sólo en instalaciones expuestas.

Excepción: Se permite instalar conductos en espacios ocultos según lo establecido en 640-4, Excepción, inciso c.

- 2) Donde estén expuestos a vapores corrosivos.
- 3) En lugares mojados, cuando estén aprobados y listados para ese fin.

NOTA: Las temperaturas muy bajas pueden hacer que algunos tubos no-metálicos se vuelvan frágiles y por tanto sean más susceptibles de daño por contacto físico.

362-16. Usos no permitidos. No se deben utilizar conductos no-metálicos:

- 1) Cuando estén expuestos a daño físico.
- 2) En lugares peligrosos (clasificados).
Excepción: Lo permitido en 504-20.
- 3) Cuando estén expuestos a la luz del Sol, excepto si están aprobados e identificados para ese uso.
- 4) Cuando estén expuestos a temperatura ambiente distinta para la que fue aprobado el conducto no-metálico.
- 5) Con conductores cuyos límites de temperatura de aislamiento superen aquéllos para los que está aprobado y listado el conducto no-metálico.

362-17. Otros Artículos. Las instalaciones de conductos no-metálicos para cables deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando en el Artículo 250 se exija la puesta a tierra del equipo, en el conducto no-metálico se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

362-18. Tamaño nominal de los conductores. En un conducto no se debe instalar ningún conductor de mayor tamaño nominal que aquél para el cual fue diseñado el conducto.

362-19. Número de conductores. La suma del área de la sección transversal de todos los conductores de activos contenidos en cualquier parte de un conducto no-metálico no debe exceder 20% del área de la sección transversal del mismo. No se consideran conductores activos los de los circuitos de señalización o los conductores entre un motor y su control de arranque, utilizados únicamente para el arranque del motor.

A los conductores portadores de corriente eléctrica que ocupen 20% del espacio, como se acaba de indicar, se les deben aplicar los factores de corrección del Artículo 310, Nota 8(a) de las Notas de las Tablas de capacidad de conducción de corriente, de 0 a 2000 V.

362-20. Conductores aislados doblados. Cuando dentro de un conducto se doblen conductores aislados, bien en sus extremos o donde los tubos, accesorios u otras canalizaciones o cables entren o salgan del conducto, o cuando la dirección del conducto varíe más de 30°, se deben aplicar las dimensiones correspondientes indicadas en 373-6.

362-21. Empalmes y derivaciones. Se permite hacer derivaciones en los conductos que sean accesibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del conducto en ese punto.

362-22. Soportes. Los conductos se deben sujetar de acuerdo con lo siguiente:

- a) **Soporte horizontal.** Cuando vayan instalados horizontalmente, los conductos se deben sujetar a intervalos que no excedan de 1 m y en cada extremo o unión, excepto si están aprobados y listados para otros intervalos. En ningún caso la distancia entre los soportes debe exceder de 3 m.
- b) **Soporte vertical.** Los tramos verticales de conductos se deben sujetar de forma firme a intervalos que no excedan de 1,2 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes. Las secciones unidas de los conductos se deben sujetar de forma segura de modo que constituyan una junta rígida.

362-23. Juntas de expansión. Cuando en un conducto no-metálico se esperen variaciones de longitud en un tramo recto de 6 m o más, se deben instalar dispositivos de dilatación que compensen la expansión térmica y contracción.

362-24. Extensión a través de paredes. Se permite que los conductos no-metálicos para cables pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.

362-25. Extremos finales. Los extremos finales de los conductos deben quedar cerrados.

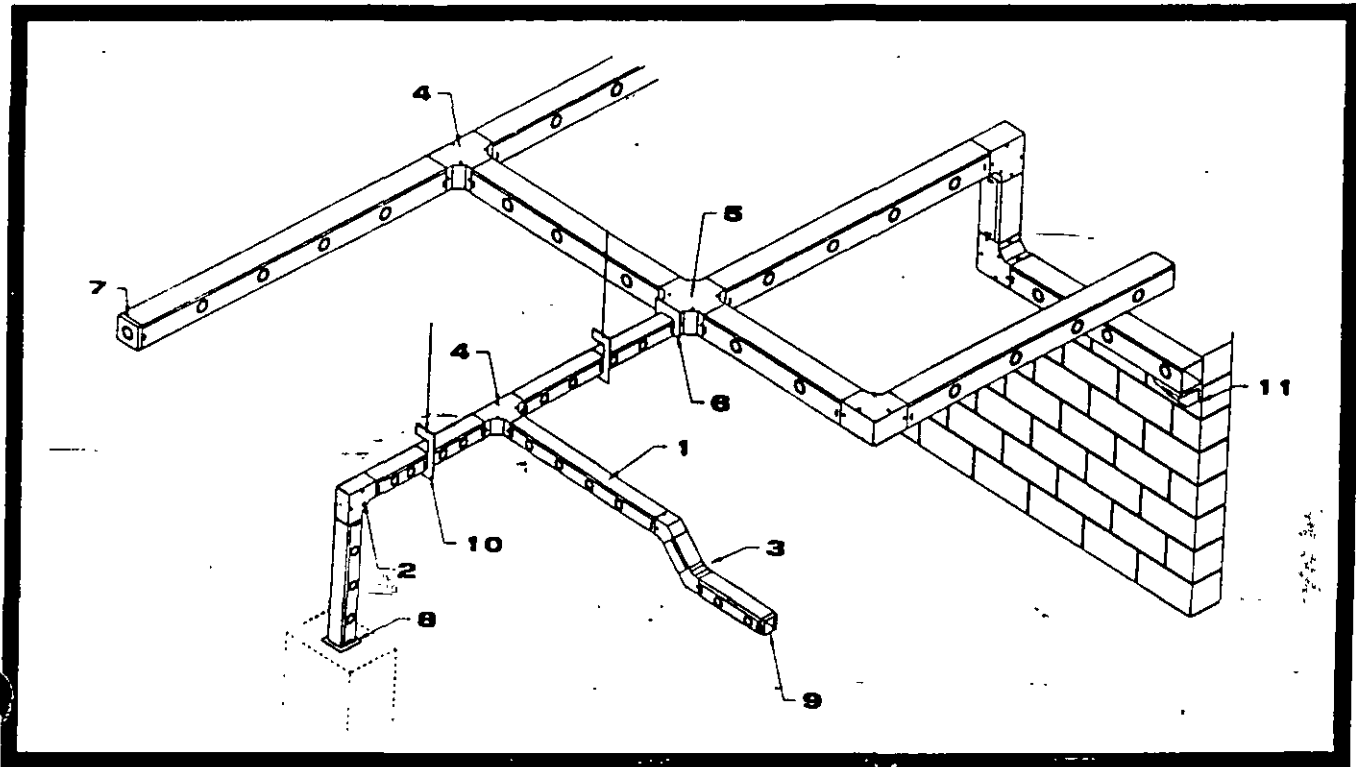
362-26. Extensiones de los conductos. Las extensiones de los conductos para cables se deben hacer mediante cordones colgantes o cualquier método de cableado del Capítulo 3. Se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra del equipo por cualquiera de los métodos aplicados al cableado de la extensión.

362-27. Marcado. Los conductos no-metálicos deben ir marcados de modo que, después de su instalación, se vea claramente el nombre del fabricante o su marca comercial y el área de su sección transversal en cm^2 . Se permite identificar con el sufijo LS los conductos no-metálicos con baja emisión de humos, resistentes a la propagación de incendio y baja acidez.

WIREWAY SYSTEMS

SECCION 2. - DUCTO CUADRADO

SECTION 2. - SQUARE DUCT WIREWAY



- 1 **TRAMO RECTO**
SQUARE DUCT
- 2 **CODO 90°**
90° ELBOW
- 3 **TEE**
'T'
- 4 **CODO 45°**
45° ELBOW
- 5 **EQUIS**
CROSS
- 6 **REDUCCION**
REDUCER

- 7 **PLACA CIERRE**
END PLATE
- 8 **ADAPTADOR A TABLERO**
BOX ADAPTER CONNECTOR
- 9 **CONECTOR**
CONNECTOR
- 10 **COLGADOR**
HANGER
- 11 **MENSULA**
BRACKET

NOTA IMPORTANTE.

MANUFACTURERA METAL MECANICA CROSS LINE SE RESERVA EL DERECHO DE MODIFICAR SIN PREVIO AVISO LOS DISEÑOS, ESPECIFICACIONES Y DATOS TECNICOS QUE SE REPRODUCEN EN LAS SIGUIENTES PAGINAS

El Ducto cuadrado embisagrado es un sistema ideal de canalización para conductores eléctricos que presenta una facilidad máxima en la instalación de alambrados en su interior ya que todos los ductos y las conexiones se abren mediante bisagras de manera que permiten la colocación de dichos alambres en toda su longitud.

No hay necesidad de jalar alambres a lo largo del ducto, simplemente se colocan en él, con lo cual se facilita grandemente la operación, se evita que los forros de los alambres se deterioren y se ahorra tiempo y dinero.

Cuenta con salidas troqueladas para recibir tubo conduit a todo lo largo, a manera de poder fácilmente hacer derivaciones ó conexiones a interruptores ó arrancadores.

Se fabrican en longitudes de 30.5, 61 y 152.4 cm. correspondientes a 1, 2 y 5 pies.

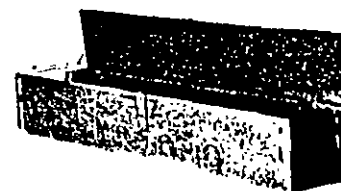
Todas las partes excepto colgadores - se entregan con tornillos y tuercas.

Para determinar el número de conductores que pueden colocarse en el interior de los ductos de acuerdo con el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de México, véase la tabla de la Pág. No. 27

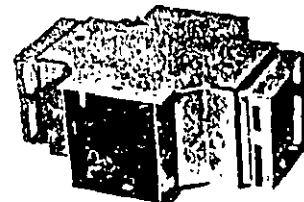
Solicitar precios a la planta para ducto cuadrado atornillado "A prueba de Intemperie".

Se recomienda instalar dos colgadores por tramo de ducto.

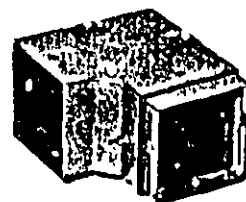
| COMPONENTE | DESCRIPCION | Conectores Incluidos | SECCION CUADRADA DE | | |
|--------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|-------------|-------------|
| | | | 6.5 x 6.5 cm. | 10 x 10 cm. | 15 x 15 cm. |
| | | | CAT. No. | CAT. No. | CAT. No. |
| Tramo Recto | 30.5 cm. long. | 0 | LD-21 | LD-41 | LD-61 |
| | 61.0 cm. long. | 0 | LD-22 | LD-42 | LD-62 |
| | 152.4 cm. long. | 0 | LD-25 | LD-45 | LD-65 |
| Codo | 90 grados | 0 | LD-290L | LD-490L | LD-690L |
| | 45 grados | 0 | LD-245L | LD-445L | LD-645L |
| | 22.5 grados | 0 | LD-225L | LD-425L | LD-625L |
| Te Cruz | Para derivación de 4 aberturas | 0 | LD-2T | LD-4T | LD-6T |
| | | 0 | LD-2J | LD-4J | LD-6J |
| Registro | | 0 | | LD-4PB | LD-6PB |
| Telescopio | Con ajuste | 0 | LD-2TF | LD-4TF | LD-6TF |
| Conector | | 0 | LD-2C | LD-4C | LD-6C |
| Colgador | Universal | 0 | LD-2H | LD-4H | LD-6H |
| Placa Cierre | para aberturas | 0 | LD-2CP | LD-4CP | LD-6CP |
| Adaptador | conecta a tablero | 0 | LD-22A | LD-44A | LD-66A |
| Reductor | 10 x 10 a 6.5 x 6.5 | 0 | | LD-42R | |
| Reductor | 15 x 15 a 10 x 10 | 0 | | | LD-64R |
| Escuadra | Montaje s/pared | 0 | LD-2GB | LD-4GB | LD-6GB |
| Niple | 7.6 cm. | 0 | LD-23N | LD-43N | LD-63N |
| | 15.2 cm. | 0 | LD-26N | LD-46N | LD-66N |
| | 22.8 cm. | 0 | LD-29N | LD-49N | LD-69N |



TRAMO RECTO



CRUZ



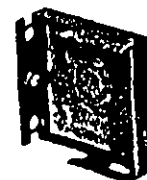
CODO



COLGADOR



CONECTOR ABIERTO



PLACA DE CIERRE

Tabla 10-4. Dimensiones de *conduit* metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, capítulo 10)

| Diámetro nominal mm | Diámetro interior Mm | Área interior total mm ² | Área disponible para conductores Mm ² | | |
|------------------------|-------------------------|---|---|---------------------------------|---------------------------------------|
| | | | uno conductor fr = 53% | Dos Conductores fr = 31 % | Más de dos conductores fr = 40% |
| 13 | 15,80 | 196 | 103 | 60 | 78 |
| 19 | 20,95 | 344 | 181 | 106 | 137 |
| 25 | 26,65 | 557 | 294 | 172 | 222 |
| 32 | 35,05 | 965 | 513 | 299 | 387 |
| 38 | 40,90 | 1313 | 697 | 407 | 526 |
| 51 | 52,50 | 2165 | 1149 | 671 | 867 |
| 63 | 62,71 | 3089 | 1638 | 956 | 1236 |
| 76 | 77,93 | 4761 | 2523 | 1476 | 1904 |
| 89 | 90,12 | 6379 | 3385 | 1977 | 2555 |
| 102 | 102,26 | 8213 | 4349 | 2456 | 3282 |
| 127 | 128,20 | 12907 | 6468 | 4001 | 4881 |
| 152 | 154,00 | 18639 | 9879 | 5778 | 7456 |

*Para *conduit* flexible metálico o no-metálico y para *conduit* de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto

CAPÍTULO 10 (4.10) TABLAS

Tabla 10-1. Factores de relleno en *conduit*

| Número de conductores | uno | dos | Más de dos |
|--------------------------------|-----|-----|------------|
| Todos los tipos de conductores | 53 | 31 | 40 |

NOTA: Esta Tabla 1 se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos.

Instrucciones para uso de las Tablas

1. Véase en el Apéndice C el número máximo de conductores y cables de aparatos (todos de igual área de sección transversal, incluido el aislamiento) permitidos para las distintas dimensiones nominales de *conduit*.
2. La Tabla 1 se aplica sólo a instalaciones completas de *conduit* y no a conductos que se emplean para proteger a los cables expuestos a daño físico.
3. Para calcular el por ciento de ocupación de los cables en *conduit*, se debe tener en cuenta los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando se utilicen. En los cálculos se debe utilizar la dimensión real y total de los conductores, tanto si están aislados como desnudos.
4. Cuando entre las cajas, gabinetes y envolventes similares se instalan tramos de *conduit* cuya longitud total no supera 60 cm., se permite que esos tramos estén ocupados hasta 60% de su sección transversal total y que no se aplique lo que establece la Nota 8(a) a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V del Artículo 310.
5. Para conductores no incluidos en el Capítulo 9, como por ejemplo los cables de varios conductores, se deben utilizar sus dimensiones reales.
6. Para combinaciones de conductores de distinto tamaño nominal se aplican las Tablas 10-5 y 10-8 del Capítulo 10 para dimensiones de los conductores y la Tabla 10-4 del mismo Capítulo 10 para las dimensiones de *conduit*.
7. Cuando se calcula el número máximo de conductores permitidos en *conduit*, todos del mismo tamaño (incluido el aislamiento), si los cálculos del número máximo de conductores permitido dan un resultado decimal de 0,8 o superior, se debe tomar el número inmediato superior.
8. Cuando otras Secciones de esta NOM permitan utilizar conductores desnudos, se permite utilizar las dimensiones de los conductores desnudos de la Tabla 8 del Capítulo 9.
9. Para calcular el por ciento de ocupación en *conduit*, un cable de dos o más conductores se considera como un solo conductor. Para cables de sección transversal elíptica, el cálculo del área de su sección transversal se hace tomando el diámetro mayor de la elipse como diámetro de un círculo.
10. Cuando se instalen tres conductores o cables en la misma canalización, si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable o conductor está entre 2,8 y 3,2, se podrían atascar los cables dentro de la canalización, por lo que se debe instalar una canalización de tamaño inmediato superior. Aunque también se pueden atascar los cables dentro de una canalización cuando se utilizan cuatro o más, la probabilidad de que esto suceda es muy baja.

Tabla 10-5 (continuación 1)
Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos

| Tipo | Tamaño nominal | | Diámetro aproximado -- Mm | Area aproximada mm ² |
|--|-----------------|-------|------------------------------|------------------------------------|
| | mm ² | AWG | | |
| SF-2, SFF-2 | 0.8235 | 18 | 3,07 | 7,42 |
| | 1.307 | 16 | 3,38 | 8,97 |
| | 2.082 | 14 | 3,76 | 11,10 |
| SF-1, SFF-1 | 0.8235 | 18 | 2,31 | 4,19 |
| RFH-1, AF, XF, XFF | 0.8235 | 18 | 2,69 | 5,16 |
| AF, TF, TFF, XF, XFF | 1.307 | 16 | 3,00 | 7,03 |
| AF, TW, XF, XFF | 2.082 | 14 | 3,38 | 8,97 |
| TW | 3.307 | 12 | 3,86 | 11,68 |
| | 5.26 | 10 | 4,47 | 15,68 |
| | 8.367 | 8 | 5,99 | 28,19 |
| RHH*, RHW, RHW-2, THHW, THW, THW-2 | 2.082 | 14 | 4,14 | 13,48 |
| Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHHN, RHHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF | | | | |
| RHH*, RHW*, RHW-2* | 3,307 | 12 | 4,62 | 16,77 |
| THH, THW, AF, XF, XFF | 5,26 | 10 | 5,23 | 21,48 |
| RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2 | 8,367 | 8 | 6,76 | 35,87 |
| TW, THW | 13,3 | 6 | 7,72 | 46,84 |
| THHW | 21,15 | 4 | 8,94 | 62,77 |
| THW-2 | 26,67 | 3 | 9,65 | 73,16 |
| RHH* | 33,62 | 2 | 10,46 | 86,00 |
| RHW* | 42,41 | 1 | 12,50 | 122,64 |
| | 53,48 | 1/0 | 13,51 | 143,42 |
| RHW-2* | 67,43 | 2/0 | 14,68 | 169,29 |
| | 85,01 | 3/0 | 16,00 | 201,10 |
| | 107,2 | 4/0 | 17,48 | 239,87 |
| | 126,67 | 250 | 19,43 | 296,52 |
| | 152,01 | 300 | 20,83 | 340,71 |
| | 177,34 | 350 | 22,12 | 384,39 |
| | 202,68 | 400 | 23,32 | 427,03 |
| | 253,35 | 500 | 25,48 | 509,74 |
| | 304,02 | 600 | 28,27 | 627,68 |
| | 354,69 | 700 | 30,07 | 65,16 |
| | 380,03 | 750 | 30,94 | 751,74 |
| | 405,37 | 800 | 31,75 | 791,74 |
| | 456,04 | 900 | 33,38 | 874,90 |
| | 506,71 | 1000 | 34,85 | 953,80 |
| 633,39 | 1250 | 39,09 | 1200,13 | |
| 760,07 | 1500 | 42,21 | 1399,67 | |
| 886,74 | 1750 | 45,11 | 1598,25 | |
| 1013,42 | 2000 | 47,80 | 1794,71 | |

Tabla 10-8. Propiedades de los conductores

| Tamaño nominal | | Conductores | | | | Resistencia a la c.c. a 75 °C | | |
|-----------------|-----------|----------------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------------------|------------------|----------|
| | | Alambres componentes | | Total | | cobre | | aluminio |
| mm ² | AWG kcmil | Cantida d | Diámetr o mm | Diámetr o mm | Área mm ² | Sin recubrir Ω/km | Recubiert o Ω/km | Ω/km |
| 0.8235 | 18 | 1 | 1,02 | 1,02 | 0,82 | 25,5 | 26,5 | 42,0 |
| 0.8235 | 18 | 7 | 0,381 | 1,17 | 1,07 | 26,1 | 27,7 | 43,0 |
| 1,307 | 16 | 1 | 1,29 | 1,29 | 1,31 | 16,0 | 16,7 | 26,4 |
| 1,307 | 16 | 7 | 0,483 | 1,47 | 1,70 | 16,4 | 17,4 | 26,9 |
| 2,082 | 14 | 1 | 1,63 | 1,63 | 2,08 | 10,1 | 10,5 | 16,6 |
| 2,082 | 14 | 7 | 0,61 | 1,85 | 2,70 | 10,3 | 10,7 | 17,0 |
| 3,307 | 12 | 1 | 2,05 | 2,05 | 3,32 | 6,33 | 6,59 | 10,4 |
| 3,307 | 12 | 7 | 0,762 | 2,34 | 4,29 | 6,50 | 6,73 | 10,7 |
| 5,26 | 10 | 1 | 2,59 | 2,59 | 5,26 | 3,97 | 4,13 | 6,56 |
| 5,26 | 10 | 7 | 0,965 | 2,95 | 6,82 | 4,07 | 4,23 | 6,69 |
| 8,367 | 8 | 1 | 3,26 | 3,26 | 8,37 | 2,51 | 2,58 | 4,13 |
| 8,367 | 8 | 7 | 1,24 | 3,71 | 10,8 | 2,55 | 2,65 | 4,20 |
| 13,3 | 6 | 7 | 1,55 | 4,67 | 17,2 | 1,61 | 1,67 | 2,65 |
| 21,15 | 4 | 7 | 1,96 | 5,89 | 27,3 | 1,01 | 1,05 | 1,67 |
| 26,67 | 3 | 7 | 2,21 | 6,60 | 34,3 | 0,804 | 0,833 | 1,32 |
| 33,62 | 2 | 7 | 2,46 | 7,42 | 43,2 | 0,636 | 0,659 | 1,05 |
| 42,41 | 1 | 19 | 1,68 | 8,43 | 55,9 | 0,505 | 0,525 | 0,830 |
| 53,48 | 1/0 | 19 | 1,88 | 9,45 | 70,1 | 0,400 | 0,417 | 0,659 |
| 67,43 | 2/0 | 19 | 2,13 | 10,6 | 88,5 | 0,317 | 0,331 | 0,522 |
| 85,01 | 3/0 | 19 | 2,39 | 11,9 | 112 | 0,252 | 0,261 | 0,413 |
| 107,2 | 4/0 | 19 | 2,69 | 13,4 | 141 | 0,199 | 0,205 | 0,328 |
| 126,67 | 250 | 37 | 2,08 | 14,6 | 168 | 0,169 | 0,176 | 0,278 |
| 152,01 | 300 | 37 | 2,29 | 16,0 | 201 | 0,141 | 0,146 | 0,232 |
| 177,34 | 350 | 37 | 2,46 | 17,3 | 235 | 0,120 | 0,125 | 0,198 |
| 202,68 | 400 | 37 | 2,64 | 18,5 | 269 | 0,105 | 0,109 | 0,174 |
| 253,35 | 500 | 37 | 2,95 | 20,7 | 335 | 0,0846 | 0,0869 | 0,139 |
| 304,02 | 600 | 61 | 2,51 | 22,7 | 404 | 0,0702 | 0,0731 | 0,116 |
| 354,69 | 700 | 61 | 2,72 | 24,5 | 471 | 0,060 | 0,0620 | 0,0994 |
| 380,03 | 750 | 61 | 2,82 | 25,3 | 505 | 0,056 | 0,0577 | 0,0925 |
| 405,37 | 800 | 61 | 2,90 | 26,2 | 538 | 0,053 | 0,0544 | 0,0869 |
| 456,04 | 900 | 61 | 3,10 | 27,8 | 606 | 0,047 | 0,0482 | 0,0771 |
| 506,71 | 1000 | 61 | 3,25 | 29,3 | 672 | 0,042 | 0,0433 | 0,0695 |
| 633,39 | 1250 | 91 | 2,97 | 32,7 | 842 | 0,034 | 0,0348 | 0,0544 |
| 760,07 | 1500 | 91 | 3,25 | 35,9 | 1010 | 0,028 | 0,0289 | 0,0462 |
| 886,74 | 1750 | 127 | 2,97 | 38,8 | 1180 | 0,024 | 0,0248 | 0,0397 |
| 1013,4 | 2000 | 127 | 3,20 | 41,4 | 1350 | 0,021 | 0,0217 | 0,0348 |

Notas a la tabla 8: Estos valores de resistencia son válidos solo para los parámetros indicados.

Los valores varían para conductores de distinto trenzado y sobre todo para otras temperaturas.

La fórmula para otras temperaturas es :

$R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - 75)]$, donde $\alpha = 0,00323$ para el cobre y $\alpha = 0,00330$ para el aluminio. Los conductores con trenzado compacto y comprimido tienen aproximadamente un 9 y 3% menos de diámetro respectivamente de los conductores desnudos que aparecen en la Tabla. Para las dimensiones reales de los cables compactos, véase la tabla 5-A



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema
CONDUCTORES, CONDICIONES DE DISEÑO

EXPOSITOR: ING. LAZARO PONCE DIAZ
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

BASADOS EN LA NOM-001-SEMP-1994

CONTENIDO:

- 1.0 DESCRIPCIÓN DE LOS CONDUCTORES
- 2.0 AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES
- 3.0 USO Y APLICACIÓN DE LOS CONDUCTORES
- 4.0 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

ING. LÁZARO PONCE DÍAZ

1.0 DESCRIPCIÓN DE LOS CONDUCTORES

1.1 DEFINICIÓN

CONDUCTORES ELÉCTRICOS SON AQUELLOS MATERIALES QUE PERMITEN EL PASO CONTINUO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA, A TRAVÉS DE ELLOS, CON POCA RESISTENCIA

1.2 NORMA APLICABLE

LA SELECCIÓN Y LOS MÉTODOS DE INSTALACIÓN DE LOS CONDUCTORES DEBEN CUMPLIR CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA

NOM-001-SEMP-1994 RELATIVA A LAS INSTALACIONES DESTINADAS AL SUMINISTRO Y USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

EXPEDIDA POR LA SECRETARIA DE ENERGÍA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL AHORA SECRETARIA DE ENERGÍA

LOS ARTÍCULOS, SECCIONES Y/O TABLAS QUE SE MENCIONEN SERÁN REFERIDAS ESTA NORMA

NOTA:

EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN PUBLICÓ EL DÍA 27 DE SEPTIEMBRE DE 1999 LA **NOM-001-SEDE-1999 INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN)**

EXPEDIDA POR LA SECRETARIA DE ENERGÍA

ESTA NORMA ENTRARA EN VIGOR SEIS MESES DESPUÉS DE SU PUBLICACIÓN EN EL DIARIO OFICIAL (27 DE MARZO DE 2000)

1.3 MATERIALES

LOS MATERIALES MAS USADOS PARA LA FABRICACIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS SON EL COBRE Y EL ALUMINIO

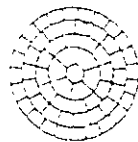
| <u>CARACTERÍSTICAS</u> | | <u>COBRE</u> | <u>ALUMINIO</u> |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|
| PESO ESPECIFICO | (g/cm ³) | 8.9 | 2.7 |
| CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA | (%) | 100 | 61 |
| RESISTIVIDAD A 20 ° C | (ohm-mm ² /m) | 0.0172 | 0.03 |
| TENSION DE RUPTURA | (kg/mm ²) | 31 (100 %) | 16 (40 %) |
| TEMPERATURA DE FUSIÓN | (°C) | 1.083 | 660 |
| COEF. DE DILATACIÓN LINEAL POR °C | | 16.22x10 ⁻⁶ | 23 x10 ⁻⁶ |

1.4 CONFIGURACIÓN FÍSICA

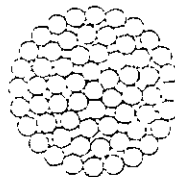
LOS CONDUCTORES SE FABRICAN EN ALGUNA DE LAS SIGUIENTES FORMAS.

ALAMBRE FORMADO POR UN HILO SÓLIDO DE SECCIÓN CIRCULAR

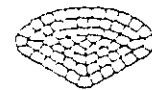
CABLE FORMADO POR VARIOS HILOS REUNIDOS EN FORMACIÓN GEOMÉTRICA (CABLE REDONDO CONCÉNTRICO O COMPACTO, CABLE SECTORIAL)



Cable redondo compacto



Cable concéntrico



Cable sectorial

CORDÓN FORMADO POR VARIOS HILOS REUNIDOS AL AZAR

SOLERA FORMADO POR UNA BARRA SÓLIDA DE SECCIÓN RECTANGULAR

- DESNUDO ES EL QUE NO TIENE CUBIERTA NI AISLAMIENTO ELÉCTRICO DE NINGUNA ESPECIE. NORMALMENTE SE UTILIZAN EN LÍNEAS AERIAS O ENTERRADOS PARA SISTEMAS DE TIERRAS
- AISLADO ES EL QUE ESTA AISLADO CON UN MATERIAL DE COMPOSICIÓN Y ESPESOR ACEPTADO POR LA NOM-001-SEMP-1994 SE UTILIZAN PARA INSTALACIONES EN EL INTERIOR DE LOS EDIFICIOS
- CUBIERTO ES EL QUE ESTA CUBIERTO CON UN MATERIAL, DE COMPOSICIÓN Y ESPESOR, NO ACEPTADO COMO AISLAMIENTO ELÉCTRICO POR LA NOM-001-SEMP-1994

1.5 TAMAÑO DE LOS CONDUCTORES

—EL TAMAÑO DE LOS CONDUCTORES SE DEFINE POR EL ÁREA DE SU SECCIÓN TRANSVERSAL EN mm²

TAMBIÉN SE DEFINE POR.

a) CALIBRE AWG, NOMENCLATURA DE LA AMERICAN WIRE GAUGE

b) CALIBRE EN CM (CIRCULAR MILLS), PARA DESIGNAR EL ÁREA TRANSVERSAL QUE TIENE UN CIRCULO CUYO DIÁMETRO SEA UNA MILÉSIMA DE PULGADA

$$0.001" = 0,0254 \text{ mm}$$

$$\text{CM} = 0,0005067 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ mm}^2 = 1\,973,5 \text{ CM}$$

$$= 1,9735 \text{ kCM}$$

LOS CONDUCTORES SE FABRICAN DE DIFERENTES SECCIONES TRANSVERSALES EN FUNCIÓN DE SU APLICACIÓN VER TABLAS DE CONDUCTORES ANEXAS

2.0 AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

EL AISLAMIENTO SIRVE PARA CONFINAR LA CORRIENTE Y EL CAMPO ELÉCTRICO EN LA MASA DEL CONDUCTOR. DEBE SER UN MATERIAL DE MUY BAJA CONDUCTIVIDAD

LOS PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN A LOS AISLAMIENTOS ELÉCTRICOS SON LOS SIGUIENTES:

2.1 MATERIALES AISLANTES

LOS MATERIALES AISLANTES MAS USADOS ACTUALMENTE PARA CONDUCTORES, INSTALADOS EN EDIFICIOS, SON LOS SIGUIENTES:

| MATERIAL | TENSIÓN MAX. kV | TEMPERATURA MÁXIMA | |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | OPERACIÓN °C | CIRC. CORTO °C |
| 1- TERMOFIJOS | | | |
| EP (ETILENO PROPILENO) | 150 | 90 | 250 |
| XLP (POLIETILENO DE CA- DENA CRUZADA) | 220 | 90 | 250 |
| 2.- TERMOPLÁSTICOS | | | |
| PVC (POLICLORURO DE VINILO) | HASTA 1 kV | 105 | 250 |

2.2.- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS AISLAMIENTOS

A CONTINUACIÓN SE ENUMERAN LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MAS IMPORTANTES

a) RIGIDEZ DIELECTRICA

REPRESENTA LA CANTIDAD DE VOLT NECESARIOS PARA PERFORARLO. ES LA RELACIÓN ENTRE LA TENSIÓN Y EL ESPESOR DEL AISLAMIENTO (kV/mm)

b) RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO.

ES LA RESISTENCIA MEDIA ENTRE EL CONDUCTOR Y UN ELECTRODO QUE SE ENCUENTRE ENVOLVIENDO LA SUPERFICIE EXTERIOR DEL AISLAMIENTO.

c) FACTOR DE POTENCIA O FACTOR DE PERDIDAS DE AISLAMIENTO.

FACTOR QUE PERMITE RELACIONAR Y CALCULAR LAS PERDIDAS DEL DIELECTRICO DE LOS CABLES DE ENERGÍA.

d) GRADIENTE DE OPERACIÓN

e) TAN θ

2.2.- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

SE PUEDEN ENUMERAR:

- RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (CARGA DE ROTURA Y ALARGAMIENTO)
- RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
- RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO
- FLEXIBILIDAD

2.2.- OTRAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

SE PUEDEN ENUMERAR:

- RESISTENCIA A LA HUMEDAD
- RESISTENCIA AL FRÍO Y AL CALOR
- RESISTENCIA A LA INTEMPERIE
- RESISTENCIA A LA LUZ SOLAR
- RESISTENCIA AL OZONO
- RESISTENCIA A LOS PRODUCTOS QUÍMICOS
- RESISTENCIA AL FUEGO

2.3.- SELECCIÓN DE LOS AISLAMIENTOS

LA SELECCIÓN DE LOS AISLAMIENTOS SE HACE EN FUNCIÓN DE LOS DIFERENTES FACTORES QUE PUEDAN INFLUIR EN SU APLICACIÓN, TALES COMO:

- LA TENSIÓN DE OPERACIÓN,
- LA TEMPERATURA AMBIENTE,
- LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN,
- LAS CONDICIONES MECÁNICAS DE INSTALACIÓN,
- EL MEDIO AMBIENTE (HUMEDAD, INTEMPERISMO, PRESENCIA DE PRODUCTOS QUÍMICOS)

TABLA 2.1 Propiedades de los aislamientos más comúnmente usados en cables de energía (5-35 kV)

| Características | SINTENAX | VULCANEL XLP | VULCANEL EP | Papel impregnado |
|---|---|---|---|---|
| Rigidez dieléctrica, kV/mm, (corriente alterna, elevación rápida) | 18 | 25 | 25 | 28 |
| Rigidez dieléctrica, kV/mm, (impulsos) | 47 | 50 | 50 | 70 |
| Permitividad relativa SIC. (60 ciclos, a temp. de op.) | 7 | 2.1 | 2.6 | 3.9 |
| Factor de potencia, % máx. (a 60 ciclos, a temp. de op.) | 9 | 0.1 | 1.5 | 1.1 |
| Constante K de resistencia del aislamiento a 15.6°C. (megohm-km) mín. | 750 | 6100 | 6100 | 1000 |
| Resistencia a la ionización | buena | buena | muy buena | buena |
| Resistencia a la humedad | buena | muy buena | excelente | mala |
| Factor de pérdidas | mala | buena | excelente | buena |
| Flexibilidad | regular | mala | excelente | regular |
| Facilidad de instalación de empalmes y terminales (problemas de humedad o ionización): | excelente | regular | muy buena | regular |
| Temperatura de operación normal (°C) | hasta 6 kV, 80 más de 6 kV, 75 | 90 | 90 | hasta 9 kV, 95 |
| Temperatura de sobrecarga (°C) | 100 | 130 | 130 | 100 |
| Temperatura de cortocircuito (°C) | 160 | 250 | 250 | 200 |
| Principales ventajas | Bajo costo, resistente a la ionización, fácil de instalar. | Factor de pérdidas bajo | Bajo factor de perdidas, flexibilidad, resistencia a la ionización. | Bajo costo, experiencia de años, excelentes propiedades eléctricas. |
| Principales inconvenientes | Pérdidas dieléctricas comparati- vamente altas. | Rigidez. Baja resistencia a la ionización | Es atacable por hidrocarburos a temp. superiores a 60°C. | Requiere tubo de plomo y terminales herméticas. |

3.0- USO Y APLICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

LOS CONDUCTORES SON LAS VENAS O CAMINOS, INSTALADOS EN LOS EDIFICIOS, PARA HACER LLEGAR LA ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS PUNTOS DE UTILIZACIÓN. TALES COMO: ALUMBRADO, CONTACTOS, ELEVADORES, EQUIPOS DE BOMBEO, EQUIPOS DE COMPUTO, ETC.

3.1- TENSIONES MANEJADAS EN EDIFICIOS

EN LOS EDIFICIOS, LOS EQUIPOS OPERAN, NORMALMENTE, A CUALQUIERA DE LAS SIGUIENTES TENSIONES.

120 V, 1 F, 2 H, C.A., 60 Hz

220 V, 1 F, 3 H, C.A., 60 Hz

220 V, 3 F, 3 ó 4 H, C.A., 60 Hz

LOS USUARIOS PUEDEN CONTRATAR CON LAS COMPAÑÍAS SUMINISTRADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA: LUZ Y FUERZA DEL CENTRO Ó COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, EN CUALQUIERA DE LAS TENSIONES ANTERIORES

EN LOS EDIFICIOS QUE, POR EL TAMAÑO DE SU CARGA, CONVenga LA INSTALACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS, PUEDE CONTRATARSE EL SUMINISTRO EN MEDIA TENSIÓN

25 kV, 3 F, 3 H, (NOMINAL) CON LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (LYFC)

15 kV, 3 F, 3 H. (NOMINAL) CON COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)

3.2- CONDUCTORES EMPLEADOS

LOS CONDUCTORES DE INSTALADOS EN EL INTERIOR DE LOS EDIFICIOS, NORMALMENTE SON DE COBRE CON AISLAMIENTO TIPO THW LS, 75 °C DE OPERACIÓN, PARA 600 V

LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS QUE REQUIERAN LA CONSTANCIA DE UNA UNIDAD VERIFICADORA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEBEN EJECUTARSE CON MARCAS Y TIPOS CERTIFICADOS POR LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO, A C (ANCE)

SE ANEXA INFORMACIÓN REFERENTE A CONDUCTORES CONTENIDA EN LA NOM:

a) SECCIONES DEL ART 310 - CONDUCTORES PARA INSTALACIONES DE USO GENERAL

b) TABLA 310-13 CONDUCTORES - AISLAMIENTOS Y USOS

c) TABLAS 310-16. Y 17 CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE

d) NOTAS A LAS TABLAS ANTERIORES

e) CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES

f) TABLAS 430-147, 148 Y 150. CORRIENTES A PLENA CARGA DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA, DE MOTORES MONOFASICOS Y DE MOTORES TRIFASICOS, RESPECTIVAMENTE.

ARTICULO 310 - CONDUCTORES PARA INSTALACIONES DE USO GENERAL

310-1 Alcance. Este Artículo establece los requisitos generales para los conductores designación de tipo, aislamientos, marcados, resistencia mecánica, capacidades de corriente y U. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integral de equipos tales como motores, control de motores y equipo similar o conductores indicados específicamente en otras partes de esta Norma.

310-2 Conductores

(a) **Aislados.** Los conductores deben estar aislados.

(b) **Material del conductor.** Los conductores de este Artículo deben ser de aluminio, aluminio con recubrimiento de cobre, o de cobre, a menos que se especifique otra cosa.

310-3 Conductores cableados. Cuando se instalan en canalizaciones, los conductores de un área de la sección transversal de 8.367 mm^2 (8 AWG) y mayores deben ser cableados.

310-4 Conductores en paralelo. Los conductores de aluminio, de aluminio con recubrimiento de cobre, o de cobre de un área de sección transversal de 53.48 mm^2 (1/0 AWG) o mayor, incluyendo los de cada fase, neutro o conductores de puesta a tierra, pueden conectarse en paralelo (eléctricamente unidos en ambos extremos para formar un solo conductor).

Los conductores en paralelo de cada fase, neutro o circuito de puesta a tierra deben:

- (1) Tener la misma longitud.
- (2) Ser del mismo material conductor.
- (3) Ser de la misma área de sección transversal o calibre.
- (4) Tener el mismo tipo de aislamiento.
- (5) Ser terminados en la misma forma.

Quando los conductores en paralelo estén tendidos en canalizaciones o cables diferentes, estas canalizaciones o cables deben tener las mismas características físicas.

Quando se usan conductores para la puesta a tierra de equipos, con conductores en paralelo, éstos deben cumplir con los requisitos de esta Sección, exceptuando el área de la sección transversal o calibre, el cual debe determinarse de acuerdo con la Sección 250-95.

Los conductores instalados en paralelo deben cumplir con el Artículo 310, *Nota: 8 (a), Notas a las Tablas de capacidad de corriente de 0 a 2 000 V.*

310-7 Conductores directamente enterrados. Los conductores para ser instalados directamente enterrados, deben ser de un tipo certificado para ese uso. Los cables utilizados para sistemas de más de 2 000 V deben llevar pantalla.

La pantalla metálica, cubierta o armadura debe ser puesta a tierra por medio de un sistema efectivo según los requisitos de la Sección 250-51.

310-8 Instalaciones en lugares mojados.

(a) **Conductores aislados.** Los conductores aislados empleados en lugares mojados deben ser:

- 1) Con cubierta de plomo.
- 2) Del tipo RHW, TW, THW, THW-LS, THHW, THHW-LS, THWN y XHHW.
- 3) De otro tipo certificado para uso en lugares mojados.

Nota: En instalaciones interiores, en lugares cerrados, donde se requieran mejores características de compartimiento en caso de incendio, se recomienda emplear cables con cubierta L.C. Véase la Tabla

(b) Cables. Los cables de uno o más conductores usados en lugares mojados deben ser del tipo certificado para uso en lugares mojados.

Los conductores para aplicaciones directamente enterradas deben ser de un tipo aprobado para ese uso.

310-9 Condiciones corrosivas. Los conductores expuestos a aceites, grasas, vapores, gases, humos, líquidos u otras sustancias que produzcan un efecto perjudicial sobre el conductor o el aislamiento, deben ser de un tipo certificado para tales condiciones.

310-10 Limitación por temperatura de los conductores. Ningún conductor debe usarse en condiciones tales que su temperatura de operación exceda la temperatura designada para el tipo de conductor aislado involucrado. En ningún caso deben agruparse conductores de tal forma que pueda excederse el límite de temperatura de cualquiera de los conductores por el tipo de circuito, el método de alambrado o el número de conductores.

La temperatura máxima de operación de un conductor (Véanse las Tablas 310-13 y 310-61) es la máxima temperatura en cualquier punto a lo largo de su longitud, que el conductor puede soportar en un periodo de tiempo prolongado sin degradación.

Las Tablas de capacidad de conducción de corriente del Artículo 310, así como los factores de corrección y las *Notas* a dichas tablas son una guía para la selección y coordinación del área de la sección transversal o calibre de los conductores, los tipos, capacidad de conducción de corriente permisible, temperaturas ambiente y el número de conductores que se pueden agrupar.

Los principales factores determinantes de la temperatura de operación son:

- 1 -Temperatura ambiente. La temperatura ambiente puede variar a lo largo de la longitud del cable así como en el tiempo.
- 2 -El calor generado internamente en el conductor, como resultado del flujo de la corriente.
- 3 -La rapidez con que se disipa en el medio ambiente el calor generado. La resistencia térmica de los materiales alrededor de los conductores afecta directamente a la disipación de calor.
- 4 -Conductores adyacentes. Los conductores adyacentes presentan el doble efecto de incrementar la temperatura ambiente y dificultar la disipación del calor.

310-12 Identificación de los conductores de puesta a tierra.

(a) Conductores de puesta a tierra. Los conductores aislados con área de sección transversal de 13.30 mm² (6 AWG) o menores, destinados a ser usados como conductores para conexión a tierra de un circuito, deben tener una identificación externa de un color blanco o gris natural. Los cables multiconductores planos con área de sección transversal de 21.15 mm² (4 AWG) o mayores, pueden llevar una ceja externa continua sobre el conductor de puesta a tierra.

Para cables aéreos, la identificación se hará como se indicó anteriormente, o por medio de una ceja continua localizada en la parte exterior del cable, de tal manera que identifique al conductor.

Los alambres que tienen su cubierta exterior blanca o de color gris natural, pero tienen hilos de color en la malla que identifiquen al fabricante, se pueden considerar que cumplen con lo estipulado en esta Sección.

Para los requisitos de identificación de conductores con área de sección transversal mayor de 13.30 mm² (6 AWG), véase la Sección 200-6.

(b) Conductores para la puesta a tierra de equipos. Se permite el uso de conductores desnudos, cubiertos o aislados, para la puesta a tierra de equipos. Estos conductores deben tener acabado exterior continuo de color verde o color verde con una o más franjas amarillas.

Excepción No.1: Se permite que un conductor aislado mayor de 13.30 mm² (6 AWG), sea identificado de manera permanente, en el momento de su instalación, tanto en sus extremos como en

a -Quitando el aislamiento o la cubierta en la longitud expuesta.

b -Coloreando de verde el aislamiento descubierto.

c -Marcando el aislamiento descubierto con cintas de color verde o con etiquetas adhesivas de este color.

(c) Conductores activos. Los conductores destinados a ser usados como conductores activos, tanto en cables monoconductores como multiconductores, deben tener un acabado que los distinga de los conductores de puesta a tierra. Los conductores activos deben identificarse con colores que no sean blanco, gris natural o verde, o con una combinación de colores, más un marcado distintivo. Este marcado debe ser de un color diferente del blanco, gris natural o verde, y debe consistir en una banda o bandas o una serie de marcas idénticas espaciadas uniformemente. Las marcas no deben interferir de ninguna forma con los marcados superficiales contenidos en la Sección 310-11^(nc) (b)(1).

310-13 Construcción y uso de los conductores. Los conductores aislados deben cumplir con las disposiciones indicadas en una o más de las Tablas siguientes: 310-13-y.310-61.

Nota:

Los aislamientos termoplásticos (PVC) pueden endurecerse a temperaturas menores de -10°C y requieren un especial cuidado durante su instalación a esas temperaturas. Los aislamientos pueden deformarse a temperaturas normales cuando se les somete a presiones y en consecuencia requieren cuidado durante su instalación y en los puntos de apoyo. En ciertos aislamientos termoplásticos (PVC), cuando se usan en circuitos de corriente directa en lugares mojados, puede ocurrir electroendósmosis entre el conductor y el aislamiento.

Tabla 310 - 13 Conductores - Aislamientos y Usos

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm ² (AWG-KCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior ^a | | |
|---|-------------|------------------------------------|--|--|--|-----------------------------------|--|--------------|--------------------------------------|
| Etileno Propileno Fluorado | FEP FEPB | 90 | Lugares secos o húmedos | Etileno Propileno Fluorado | 2.082 - 5.260 (14 - 10) | 0.51 | Ninguna | | |
| | | 200 | Lugares secos - Aplicaciones especiales # | Etileno Propileno Fluorado | 8.367 - 33.620 | 0.76 | Malla de fibra de vidrio Malla de material adecuado | | |
| | | | | | 2.082 - 8.367 13.300 - 33.620 (6 - 2) | 0.36 | | | |
| 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) | 0.76 | (A) (B) | | |
| | | | | | 5.26 (10) | 0.76 | 0.511 | (A) Ninguna. | |
| | | | | | 8.367 (8) | 1.14 | 0.76 | | |
| | | 90 | Alambrado de máquinas herramientas en lugares secos (Véase Artículo 670) | | | 13.30 (6) | 1.52 | 0.76 | (B) Cubierta de nylon o equivalente. |
| | | | | | | 21.5 - 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 | | | |

^a Algunos aislamientos no requieren cubierta exterior.

Cuando las condiciones ambientales requieren temperaturas máximas de operación mayores de 90°C.

Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, se permite agregar a la denominación del Tipo el sufixo LS. (Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10)

Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 1)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm ² (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|--|--------|------------------------------------|-------------------------|--|--|-----------------------------------|--|
| 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 ^a |
| | | | | | 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) | 2.70 | |
| 633.3 - 1 013.6 (1 250 - 2 000) | 3.18 | | | | | | |

^a Algunos aislamientos no requieren cubierta exterior

** Para el Tipo RHH en áreas de secciones transversales de 2.082 a 3 307 mm² (14 - 12), el espesor nominal de aislamiento debe ser de 1.14 mm.

Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, se permite agregar a la denominación del Tipo el sufijo LS. (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10)

Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 2)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area 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 2 000 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. ^a |
| | | | | | 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 - 1 013 6 (1 250 - 2 000) | 3.18 | |
| Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad. | RHW - 2 ## ¶ | 90 | lugares secos y húmedos | Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad | 2.082 - 5 26 (14 - 10) | 1.14 | Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama ^a |
| | | | | | 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 - 506.8 (600 - 1 000) | 2.79 | |
| | | | | | 633.3 - 1.013.6 (1 250 - 2 000) | 3.18 | |

^a Algunos aislamientos no requieren cubierta exterior

Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, se permite agregar a la denominación del Tipo, el sufijo LS. (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10)

¶ Los Tipos designados con el sufijo "-2", por ejemplo THW-2, se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90° C, en ambiente mojado o seco.

Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 3)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm ² (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|--|------------------------------------|---|--|--|-----------------------------------|---|
| 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 | |
| | | | | | 126.7 - 253.4 (250 - 500) | 2.41 | |
| | | | | | 304.0 - 506.7 (600 - 1 000) | 2.79 | |
| | | 125 | Aplicaciones especiales # | | 633.3 - 1 013.6 (1 250 - 2 000) | 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. |
| Politetra - fluoroetileno. | TFE | 250 | Lugares secos Solo para conexiones dentro de aparatos o en canalizaciones conectadas a aparatos (Conductor de Níquel o Cobre cubierto de Níquel). | Politetra - fluoroetileno | 2.082 - 5.260 (14 - 10) | 0.51 | Ninguna |
| | | | | | 8.367 - 33.62 (8 - 2) | 0.76 | |
| | | | | | 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) | 1.14 | |
| | | | | | | | |
| # | Cuando las condiciones ambientales requieren temperaturas máximas de operación mayores de 90°C | | | | | | |
| ## | Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, se permite agregar a la denominación del Tipo el sufijo LS. (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10) | | | | | | |

Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 4)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm ² (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|--------------|------------------------------------|---|---|--|-----------------------------------|-------------------|
| 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) | 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. | THW * & | 75 | Lugares secos y mojados | Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio | 2.082 - 5.26 (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 | 2.79 | | | | | | |
| 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 | Lugares secos y 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 | | | | | | |
| | | 90 | 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) | | 2.082 - 5.260 (14 - 10) | 0.76 | |
| | | | | | 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 | | | | | | |

* Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10

& Los Tipos designados con el sufijo "- 2", por ejemplo THW - 2, se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90 °C, en ambiente mojado o seco

Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 5)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm ² (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|-----------|------------------------------------|-------------------------|---|--|-----------------------------------|---------------------------------|
| Termoplástico resistente a la humedad, al calor y 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 | 0.76 Ninguna |
| | | | | | 8.367 (8) | 1.14 | |
| | | 90 | Locales secos | | 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 | |
| | | 90 | Lugares secos | | 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 | 1.78 | |
| | | | | | (600 - 1 000) | | |

* Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10

& Los Tipos designados con el sufijo "- 2", por ejemplo THW - 2, se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90 °C, en ambiente mojado o seco.

Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 6)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm ² (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|--|-----------|------------------------------------|--|--|--|-----------------------------------|---|
| 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 | |
| Cable monoconductor para circuitos alimentadores o derivados, subterráneos | UF | 60 | Circuitos alimentadores o derivados, subterráneos Vease Artículo 339. | Resistente a la humedad. | 2.082 - 5.260 (14 - 10) | 1.52 | Cubierta integral con el aislamiento |
| | | | | | 8.367 - 33.62 (8 - 2) | 2.03 | |
| | | | | | 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) | 2.41 | |
| | | 75 | Para cables tipo UF DE más de un conductor, vease Artículo 339. | | | | Nota incluye la cubierta integral. |
| | | | Para límites de capacidad de corriente vease la Sección 339 - 5. | Resistente al calor y humedad. | | | |
| Cable monoconductor para acometida subterránea. | USE | 75 | Acometida subterránea. Ver Artículo 338. | Resistente al calor y humedad | 3.307 - 5.260 (12 - 10) | 1.14 | Cubierta no metálica, resistente al calor y humedad Vease 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 - 1 000) | 2.79 | |
| | | | Para cables tipo USE de mas de un conductor, vease Artículo 338 | | | | |

* Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10.

& Los Tipos designados con el sufijo "- 2", por ejemplo THW - 2, se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90 °C, en ambiente mojado o seco.

Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 7)

| Nombre genérico | Tipo | Temperatura máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Area de la sección transversal mm ² (AWG-kCM) | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|--|--------------|------------------------------------|-------------------------|--|--|-----------------------------------|-------------------|
| Polimero sintético de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor. | XHHW ## | 90 | Lugares secos o húmedos | Polimero 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. |
| | | 75 | Lugares mojados | | 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 - 1 000) | 2.03 | |
| Polimero sintético de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor | XHHW-2 ## | 90 | Lugares secos y mojados | Polimero 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 - 1 000) | 2.03 | |

Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, se permite agregar a la denominación del Tipo el sufijo LS. (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10)

310-15 Capacidad de conducción de corriente. La capacidad de conducción de corriente de los conductores puede ser determinada por los incisos a), o b) siguientes :

Nota: La capacidad de conducción de corriente dada en esta Sección no toma en consideración la caída de tensión. Los conductores de circuitos definidos en el Artículo 100, están calculados para evitar que la caída de tensión exceda del 5% y ofrecen una razonable eficiencia de operación.

(a) Caso general. La capacidad de conducción de corriente para conductores de 0 a 2 000 V, debe ser la especificada en las Tablas de capacidad de conducción de corriente 310-16 hasta la 310-19 y sus correspondientes *Notas*.

Las capacidades de conducción de corriente para conductores aislados con dieléctrico sólido, de 2 000 a

35 000 V, deben ser las especificadas en las Tablas de capacidad de conducción de corriente 310-67 hasta la 310-84 y sus correspondientes *notas*.

Nota: Las Tablas 310-16 hasta la 310-19, son utilizadas para determinar el área de la sección transversal de los conductores para las cargas calculadas de acuerdo con el Artículo 200.

Las capacidades de conducción de corriente permisible resultan de una o más de las siguientes consideraciones :

- 1 Temperatura compatible con la del equipo conectado, especialmente en los puntos de conexión.
- 2 Coordinación de las protecciones contra sobrecorrientes del circuito y del sistema.
- 3 De acuerdo con los requerimientos de productos aprobados o certificados. Véase la Sección 110-3(b).
- 4 Observar las prácticas de seguridad establecidas en la industria y seguir los procedimientos normalizados.

(c) Selección de la capacidad de corriente. Cuando se tiene más de una capacidad de conducción de corriente calculada o tabulada, aplicable a una determinada longitud de circuito debe tomarse el menor valor de ellos.

Excepción: Si la parte del circuito afectada por menor capacidad de conducción de corriente no es mayor de 3 m o no mayor del 10% de la longitud total del circuito (considerar la menor de éstas), puede tomarse para todo el circuito la capacidad de conducción de corriente mayor.

Nota: Véase la Sección 110-14(c) para limitaciones de temperatura de conductor debido a limitaciones de temperatura de los accesorios terminales.

(d) Ductos eléctricos. El término ducto(s) eléctrico(s) como se indica en el Artículo 310, debe incluir cualquiera de los tubos conduit eléctricos incluidos en el Capítulo 3 y que sean adecuados para uso subterráneo, u otras canalizaciones de sección transversal redonda, aprobadas para uso subterráneo, embebidas en concreto.

Tabla 310-16 Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2 000 V, 60°C a 90°C. No más de 3 conductores en un cable, en una canalización o directame enterrados y para una temperatura ambiente de 30°C.

| Area de la sección transversal mm ² (AWG -kCM) | Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13). | | | | | |
|---|--|---|---|---|--|---|
| | 60°C TIPOS TW * UF * | 75°C TIPOS RHW * THW * THHW * | 90°C TIPOS SA. SIS. FEP * FEPB * | 60°C TIPOS TW * UF * | 75°C TIPOS RHW * THW * THHW * | 90°C TIPOS SA. SIS. RHH * RHW-2 THW-2 THHW * |
| | | THW-LS. THHW-LS THWN * XHHW * USE * | RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THHW-LS, TT THWN-2, THHN * USE-2. XHHW * XHHW-2 | | THW-LS. THHW-LS THWN *, XHHW * USE * | THW-2. THHW * THHW-LS THWN-2, THHN * USE-2. XHHW * XHHW-2 |
| | C O B R E | | | ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE | | |
| 0.8235(18) | ..... | ..... | 14 | ..... | ..... | ..... |
| 1 307 (16) | ..... | ..... | 18 | ..... | ..... | ..... |
| 2.082 (14) | 20* | 20* | 25* | ..... | ..... | ..... |
| 3 307 (12) | 25* | 25* | 30* | 20* | 20* | 25* |
| 5 260 (10) | 30 | 35* | 40* | 25* | 30* | 35* |
| 8.367 (8) | 40 | 50 | 55 | 30 | 40 | 45 |
| 13 30 (6) | 55 | 65 | 75 | 40 | 50 | 60 |
| 21 15 (4) | 70 | 85 | 95 | 55 | 65 | 75 |
| 33.62 (2) | 95 | 115 | 130 | 75 | 90 | 100 |
| 42.41 (1) | 110 | 130 | 150 | 85 | 100 | 115 |
| 53.48 (1/0) | 125 | 150 | 170 | 100 | 120 | 135 |
| 67.43 (2/0) | 145 | 175 | 195 | 115 | 135 | 150 |
| 85.01 (3/0) | 165 | 200 | 225 | 130 | 155 | 175 |
| 107.2 (4/0) | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 |
| 126 7 (250) | 215 | 255 | 290 | 170 | 205 | 230 |
| 152 0 (300) | 240 | 285 | 320 | 190 | 230 | 255 |
| 177.3 (350) | 260 | 310 | 350 | 210 | 250 | 280 |
| 202.7 (400) | 280 | 335 | 380 | 225 | 270 | 305 |
| 253.4 (500) | 320 | 380 | 430 | 260 | 310 | 350 |
| 304 0 (600) | 355 | 420 | 475 | 285 | 340 | 385 |
| 380.0 (750) | 400 | 475 | 535 | 320 | 385 | 435 |
| 506.7(1 000) | 455 | 545 | 615 | 375 | 445 | 500 |
| FACTORES DE CORRECCION | | | | | | |
| Temperatura ambiente °C | Para temperatura ambiente diferente de 30 °C, multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostradas arriba por el factor de corrección correspondiente en esta tabla. | | | | | |
| 21 - 25 | 1.08 | 1.05 | 1.04 | 1.08 | 1.05 | 1.04 |
| 26 - 30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 31 - 35 | 0.91 | 0.94 | 0.96 | 0.91 | 0.94 | 0.96 |
| 36 - 40 | 0.82 | 0.88 | 0.91 | 0.82 | 0.88 | 0.91 |
| 41 - 45 | 0.71 | 0.82 | 0.87 | 0.71 | 0.82 | 0.87 |
| 46 - 50 | 0.58 | 0.75 | 0.82 | 0.58 | 0.75 | 0.82 |
| 51 - 55 | 0.41 | 0.67 | 0.76 | 0.41 | 0.67 | 0.76 |
| 56 - 60 | ..... | 0.58 | 0.71 | ..... | 0.58 | 0.71 |
| 61 - 70 | ..... | 0.33 | 0.58 | ..... | 0.33 | 0.58 |
| 71 - 80 | ..... | ..... | 0.41 | ..... | ..... | 0.41 |

* La protección para sobrecorriente para conductores de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, en Los Tipos marcados con un asterisco *, no debe exceder de:

15 A para 2.082 mm² (14), 20 A para 3.307 mm² (12) y 30 A para 5.260 mm² (10) para conductores de cobre
15 A para 3.307 mm² (12), y 25 A para 5.260 mm² (10) para conductores de aluminio o aluminio recubie. Se
cobre después de que se han aplicado los factores de corrección por temperatura ambiente y agrupamiento de

Tabla 310-17 Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables mono- conductores aislados 0 a 2 000 V, al aire libre y para una temperatura ambiente de 30 °C.

| Area de la sección transversal mm2 (AWG -KCM) | Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13) . | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|--|
| | 60°C TIPOS TW * UF * | 75°C TIPOS RHW * THW *, THHW * | 90°C TIPOS SA, SIS, FEP * FEPB * RHH *, RHW-2 THW-LS, THHW-LS THWN *, XHHW * THW-2, THHW * THHW-LS, TT THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2 | 60°C TIPOS TW * UF * | 75°C TIPOS RHW * THW *, THHW * | 90°C TIPOS SA, SIS, RHH *, RHW-2 THW-2, THHW * THHW-LS THWN-2, THHN * USE-2, XHHW * XHHW-2 |
| | C O B R E | | | ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE | | |
| 0.8235(18) | | | 18 | | | |
| 1.307 (16) | | | 24 | | | |
| 2.082 (14) | 25* | 30* | 35* | | | |
| 3.307 (12) | 30* | 35* | 40* | 25* | 30* | 35* |
| 5.260 (10) | 40* | 50* | 55* | 35* | 40* | 40* |
| 8.367 (8) | 60 | 70 | 80 | 45 | 55 | 60 |
| 13.30 (6) | 80 | 95 | 105 | 60 | 75 | 80 |
| 21.15 (4) | 105 | 125 | 140 | 80 | 100 | 110 |
| 33.62 (2) | 140 | 170 | 190 | 110 | 135 | 150 |
| 42.41 (1) | 165 | 195 | 220 | 130 | 155 | 175 |
| 53.48 (1/0) | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 |
| 67.43 (2/0) | 225 | 265 | 300 | 175 | 210 | 235 |
| 85.01 (3/0) | 260 | 310 | 350 | 200 | 240 | 275 |
| 107.2 (4/0) | 300 | 360 | 405 | 235 | 280 | 315 |
| 126.7 (250) | 340 | 405 | 455 | 265 | 315 | 355 |
| 152.0 (300) | 375 | 445 | 505 | 290 | 350 | 395 |
| 177.3 (350) | 420 | 505 | 570 | 330 | 395 | 445 |
| 202.7 (400) | 455 | 545 | 615 | 355 | 425 | 480 |
| 253.4 (500) | 515 | 620 | 700 | 405 | 485 | 545 |
| 304.0 (600) | 575 | 690 | 780 | 455 | 540 | 615 |
| 380.0 (750) | 655 | 785 | 885 | 515 | 620 | 700 |
| 506.7(1 000) | 780 | 935 | 1055 | 625 | 750 | 845 |
| FACTORES DE CORRECCION | | | | | | |
| Temperatura ambiente °C | Para temperatura ambiente diferente de 30 °C, multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostradas arriba por el factor de corrección correspondiente en esta tabla. | | | | | |
| 21 - 25 | 1.08 | 1.05 | 1.04 | 1.08 | 1.05 | 1.04 |
| 26 - 30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 31 - 35 | 0.91 | 0.94 | 0.96 | 0.91 | 0.94 | 0.96 |
| 36 - 40 | 0.82 | 0.88 | 0.91 | 0.82 | 0.88 | 0.91 |
| 41 - 45 | 0.71 | 0.82 | 0.87 | 0.71 | 0.82 | 0.87 |
| 46 - 50 | 0.58 | 0.75 | 0.82 | 0.58 | 0.75 | 0.82 |
| 51 - 55 | 0.41 | 0.67 | 0.76 | 0.41 | 0.67 | 0.76 |
| 56 - 60 | | 0.58 | 0.71 | | 0.58 | 0.71 |
| 61 - 70 | | 0.33 | 0.58 | | 0.33 | 0.58 |
| 71 - 80 | | | 0.41 | | | 0.41 |

* La protección contra sobrecorriente para conductores de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, en Los Tipos marcados con un asterisco *, no debe exceder de 15 A para 2.082 mm2 (14), 20 A para 3.307 mm2 (12) y 30 A para 5.260 mm2 (10) para conductores de cobre. 15 A para 3.307 mm2 (12), y 25 A para 5.260 mm2 (10) para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre.

NOTAS A LAS TABLAS 310-16 a 310-19 DE CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE 0 A 2 000 V.

1.- Explicación de las tablas. Para la explicación de las letras de los tipos de cables y para las áreas de las secciones transversales de los conductores para los diversos aislamientos véase la Sección 310-13.

Para los requisitos de instalación véanse las Secciones 310-1 a la 310-10 y otros artículos de esta Norma.

Para cordones flexibles véanse las Tablas 400-4, 400-5(A) y 400-5(B).

3.- Acometidas y alimentadores monofásicos de 3 hilos, 127/220 V, para viviendas. Para unidades de vivienda se permite el empleo de los conductores de la tabla siguiente para ser utilizados en circuitos monofásicos: de 3 hilos 127/220 V, como conductores de acometida y alimentadores para abastecer la carga total de una vivienda, instalados en canalización o sin ella y con conductor de puesta a tierra. Se permite que el conductor de puesta a tierra sea de un área de sección transversal correspondiente a no menos de dos calibres que el de los conductores de fase, siempre y cuando se cumpla con las Secciones 215-2, 220-22 y 230-42.

**TIPOS Y SECCIONES DE LOS CONDUCTORES
DE COBRE
THHW, THW, THW-LS, THHW-LS**

| Area de la sección transversal mm ² (AWG-kCM) | Capacidad de conducción de corriente — A |
|--|--|
| 21.15 (4) | 100 |
| 33.62 (2) | 125 |
| 42.41 (1) | 150 |
| 53.48 (1/0) | 175 |
| 67.43 (2/0) | 200 |
| 85.01 (3/0) | 225 |
| 107.20 (4/0) | 250 |
| 126.70 (250) | 300 |
| 177.30 (350) | 350 |
| 202.70 (400) | 400 |

5.- Conductores desnudos. Cuando se emplean conductores desnudos junto con conductores aislados, la capacidad de corriente debe limitarse a la que se permite para los conductores aislados adyacentes.

6.- Cables con aislamiento mineral y cubierta metálica. Las limitaciones de temperatura que se toman como base para determinar la capacidad de corriente de los cables con aislamiento mineral y cubierta metálicas, están determinadas por el material aislante que se usa en los sellos terminales. Los accesorios de terminación que incorporan materiales aislantes orgánicos no impregnados están limitados a operar a 90°C, como máximo.

B. Conductores para circuitos de motores.

430-21. Disposiciones generales. En esta Parte, se especifican las secciones de los conductores con capacidad para alimentar un motor, conduciendo la corriente necesaria sin presentar sobrecalentamiento, bajo las condiciones especificadas.

430-22. Un solo motor.

(a) **General.** Los conductores derivados para alimentar un solo motor, deberán tener capacidad no menor al 125% de la corriente nominal del motor a plena carga.

Tabla 430-22 (a) Porcentajes para la seleccion de conductores alimentadores a motores que no operen en servicio continuo

| Clasificación del Servicio: | Por ciento de la corriente nominal indicada en la placa. | | | |
|---|--|------------|-----------------|-------------------|
| | Régimen de trabajo de diseño del motor: | | | |
| | 5 minutos | 10 minutos | 30 y 60 minutos | Servicio continuo |
| De corto tiempo : | | | | |
| Accionamiento de válvulas, ascenso y descenso de rodillos | 110 | 120 | 150 | |
| Servicio Intermitente : | | | | |
| Ascensores y montacargas, máquinas -herramientas, bombas, puentes levadizos, mesas giratorias, etc. para soldadoras de arco, ver Sección 630-21 | 85 | 85 | 90 | 140 |
| Servicio Periódico: | | | | |
| Rodillos, equipos para manejo de minerales y carbón, etc. | 85 | 90 | 95 | 140 |
| Trabajo variable | 110 | 120 | 150 | 200 |

Cualquier motor puede considerarse en trabajo continuo, a menos que la naturaleza del aparato que accione, no trabaje continuamente con carga, bajo ninguna condición durante su operación.

Tabla 430.147 Corriente a plena carga en amperes, de motores de corriente directa

| | | Tensión Nominal de armadura | | |
|--------|---------|-----------------------------|--------|--------|
| kW | (C.P.) | 120 V. | 240 V. | 500 V. |
| 0.186 | (1/4) | 3.1 | 1.6 | |
| 0.248 | (1/3) | 4.1 | 2.0 | |
| 0.373 | (1/2) | 5.4 | 2.7 | |
| 0.560 | (3/4) | 7.6 | 3.8 | |
| 0.746 | (1) | 9.5 | 4.7 | |
| 1.119 | (1 1/2) | 13.2 | 6.6 | |
| 1.49 | (2) | 17.0 | 8.5 | 13.6 |
| 2.23 | (3) | 25.0 | 12.2 | 18.0 |
| 3.73 | (5) | 40.0 | 20.0 | 27.0 |
| 5.60 | (7 1/2) | 58.0 | 29.0 | 34.0 |
| 7.46 | (10) | 76.0 | 38.0 | 43.0 |
| 11.19 | (15) | | 55.0 | 51.0 |
| 14.92 | (20) | | 72.0 | 67.0 |
| 18.65 | (25) | | 89.0 | 83.0 |
| 22.38 | (30) | | 106.0 | 99.0 |
| 29.84 | (40) | | 140.0 | 123.0 |
| 37.3 | (50) | | 173.0 | 164.0 |
| 44.76 | (60) | | 206.0 | 205.0 |
| 55.95 | (75) | | 255.0 | 246.0 |
| 74.60 | (100) | | 341.0 | 330.0 |
| 93.25 | (125) | | 425.0 | |
| 119.90 | | (150) | | 506.0 |
| 149.20 | (200) | | 675.0 | |

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

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

Tabla 430.148.-Corriente a plena carga en amperes, de motores monofásicos de corriente alterna

| W | C.P. | 127 V. | 220 V. |
|--------|-------|--------|--------|
| 124.33 | 1/6 | 4.0 | 2.3 |
| 186.5 | 1/4 | 5.3 | 3.0 |
| 248.66 | 1/3 | 6.5 | 3.8 |
| 373 | 1/2 | 8.9 | 5.1 |
| 559.5 | 3/4 | 11.5 | 7.2 |
| 746 | 1 | 14.0 | 8.4 |
| 1119 | 1 1/2 | 18.0 | 10.0 |
| 1492 | 2 | 22.0 | 13.0 |
| 2238 | 3 | 31.0 | 18.0 |
| 3730 | 5 | 51.0 | 29.0 |
| 5595 | 7 1/2 | 72.0 | 42.0 |
| 7460 | 10 | 91.0 | 52.0 |

Tabla 430.150.-Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

| kW | (C.P.) | Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado (A) | | | Motor sincrónico, con factor de potencia unitario (A) | | |
|--------|---------|---|--------|----------|---|--------|----------|
| | | 220 V. | 440 V. | 2 400 V. | 220 V. | 440 V. | 2 400 V. |
| 0.373 | (1/2) | 2.1 | 1.0 | | | | |
| 0.560 | (3/4) | 2.9 | 1.5 | | | | |
| 0.746 | (1) | 3.8 | 1.9 | | | | |
| 1.119 | (1 1/2) | 5.4 | 2.7 | | | | |
| 1.49 | (2) | 7.1 | 3.6 | | | | |
| 2.23 | (3) | 10.0 | 5.0 | | | | |
| 3.73 | (5) | 15.9 | 7.9 | | | | |
| 5.60 | (7 1/2) | 23.0 | 11.0 | | | | |
| 7.46 | (10) | 29.0 | 15.0 | | | | |
| 11.19 | (15) | 44.0 | 22.0 | | | | |
| 14.92 | (20) | 56.0 | 28.0 | | | | |
| 18.65 | (25) | 71.0 | 36.0 | | 54 | 27 | |
| 22.38 | (30) | 84.0 | 42.0 | | 65 | 33 | |
| 29.84 | (40) | 109.0 | 54.0 | | 86 | 43 | |
| 37.3 | (50) | 136.0 | 68.0 | | 108 | 54 | |
| 44.76 | (60) | 161.0 | 80.0 | 15 | 128 | 64 | 11 |
| 55.95 | (75) | 201.0 | 100.0 | 19 | 161 | 81 | 14 |
| 74.60 | (100) | 259.0 | 130.0 | 25 | 211 | 106 | 19 |
| 93.25 | (125) | 326.0 | 163.0 | 30 | 264 | 132 | 24 |
| 119.90 | (150) | 376.0 | 188.0 | 35 | - | 158 | 29 |
| 149.20 | (200) | 502.0 | 251.0 | 47 | - | 210 | 38 |

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

4.0 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

LOS PASOS QUE DEBEN SEGUIRSE SON LOS SIGUIENTES:

- PASO 1. CALCULO DE LA CORRIENTE DE LA CARGA
- PASO 2. FACTORES DE CORRECCIÓN
- PASO 3. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR Y DEL AISLAMIENTO
- PASO 4. REVISIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN.
- PASO 5. REVISIÓN POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.
- PASO 6. CALCULO DEL CALIBRE ECONÓMICO

PASO 1. CORRIENTE DE LA CARGA

PUEDE OBTENERSE POR MEDIO DE:

- PLACA DE DATOS DE LOS EQUIPOS
- INFORMACION DE LOS FABRICANTES.
- LAS TABLAS 430.147, 430.148 Y 430.150 DE LA NOM-001-SEMP-1994
CONTIENEN CORRIENTES DE MOTORES A PLENA CARGA.
- FORMULAS

FÓRMULAS USUALES:

a) UNA FASE, DOS HILOS:

$$I = VA / V$$
$$I = W / (V \times fp)$$
$$I = (746 \text{ hp}) / (V \times fp \times e)$$

b) TRES FASE, TRES HILOS

$$I = VA / (1.732 \times V)$$
$$I = W / (1.732 \times V \times fp)$$
$$I = (746 \text{ hp}) / (1.732 \times V \times fp \times e)$$

DONDE:

| | |
|----|-------------------------------|
| I | CORRIENTE EN AMPERES |
| V | TENSIÓN ENTRE LÍNEAS EN VOLTS |
| hp | POTENCIA EN CABALLOS |
| W | POTENCIA EN WATTS |
| VA | POTENCIA EN VOLT-AMPERES |
| fp | FACTOR DE POTENCIA |
| e | EFICIENCIA |

PASO 2. FACTORES DE CORRECCIÓN

LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DE LOS CONDUCTORES, DEBE AFECTARSE POR:

- FT FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (VER TABLAS 310-16 A 310-19)
- FAC FACTOR DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE CONDUCTORES (VER NOTAS DE LAS TABLAS ANTERIORES, PÁRRAFO 8.-)
- FM CAPACIDAD MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES QUE ALIMENTAN MOTORES (430-22a; 430-24)

PASO 3. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR Y DEL AISLAMIENTO

LOS CONDUCTORES ALIMENTADORES DEBEN TENER SUFICIENTE CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN PARA ALIMENTAR LAS CARGAS CONECTADAS (220-10 a)

PARA EVITAR TEMPERATURAS DE OPERACIÓN SUPERIORES A LA PERMITIDA POR EL AISLAMIENTO, LOS CONDUCTORES DEBEN TENER CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE MAYOR QUE LA DEMANDADA POR LA CARGA SERVIDA.

SE SELECCIONARA EL TIPO DE AISLAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA TENSION DE OPERACIÓN Y DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

LAS TABLAS 310-13 Y 310-16 A 310-19 REFERENTES A LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE DE CONDUCTORES AISLADOS DE 0 - 2 000 V, NOS SIRVEN PARA SELECCIONAR EL TAMAÑO DEL CONDUCTOR

PASO 4. REVISIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN.

LAS SECCIONES 215 - 2 Y 210 -19 ESTABLECEN LAS CAÍDAS DE TENSIÓN PERMISIBLES PARA CIRCUITOS ALIMENTADORES Y DERIVADOS.

SI LA TENSIÓN DE SUMINISTRO ES MENOR QUE LA TENSIÓN DE UTILIZACIÓN DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS, ESTOS PUEDEN DAÑARSE Y NO OPERAR ADECUADAMENTE A MENOR TENSION RESULTA MAYOR CORRIENTE PARA UNA MISMA CARGA

LA CAÍDA TOTAL, EN CIRCUITOS ALIMENTADORES MAS DERIVADO NO DEBE EXCEDER DEL 5%, SIN EXCEDER EN NINGUNO DE ELLOS DEL 3%.

LA CAÍDA DE TENSIÓN ES FUNCIÓN DE LAS SIGUIENTES VARIABLES:

- a) CORRIENTE QUE FLUYE POR EL CONDUCTOR
- b) TENSIÓN DE OPERACIÓN
- c) LONGITUD DEL CONDUCTOR
- d) SECCIÓN TRANSVERSAL
- e) RESISTENCIA Y MATERIAL DEL CONDUCTOR

PARA EL CALCULO DE LA CAÍDA DE TENSION PUEDEN UTILIZARSE LAS SIGUIENTES FORMULAS:

| SISTEMA | CAÍDA (e %) |
|----------|---|
| 1 F, 2 H | $200 I L (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta) / 1000 V_{fn}$ |
| 1 F, 3 H | $100 I L (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta) / 1000 V_{fn}$ |
| 3 F, 4 H | $173 I L (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta) / 1000 V_{ff}$ |
| 3 F, 3 H | $173 I L (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta) / 1000 V_{ff}$ |

DONDE:

| | | |
|----------|--------|-----------------------------|
| I | A | CORRIENTE A PLENA CARGA |
| L | km | LONGITUD DEL CONDUCTOR |
| R | ohm/km | RESISTENCIA |
| X | ohm/km | RESISTENCIA INDUCTIVA |
| θ | | FACTOR DE POTENCIA |
| V_{fn} | V | TENSIÓN ENTRE FASE Y NEUTRO |
| V_{ff} | V | TENSIÓN ENTRE FASES |

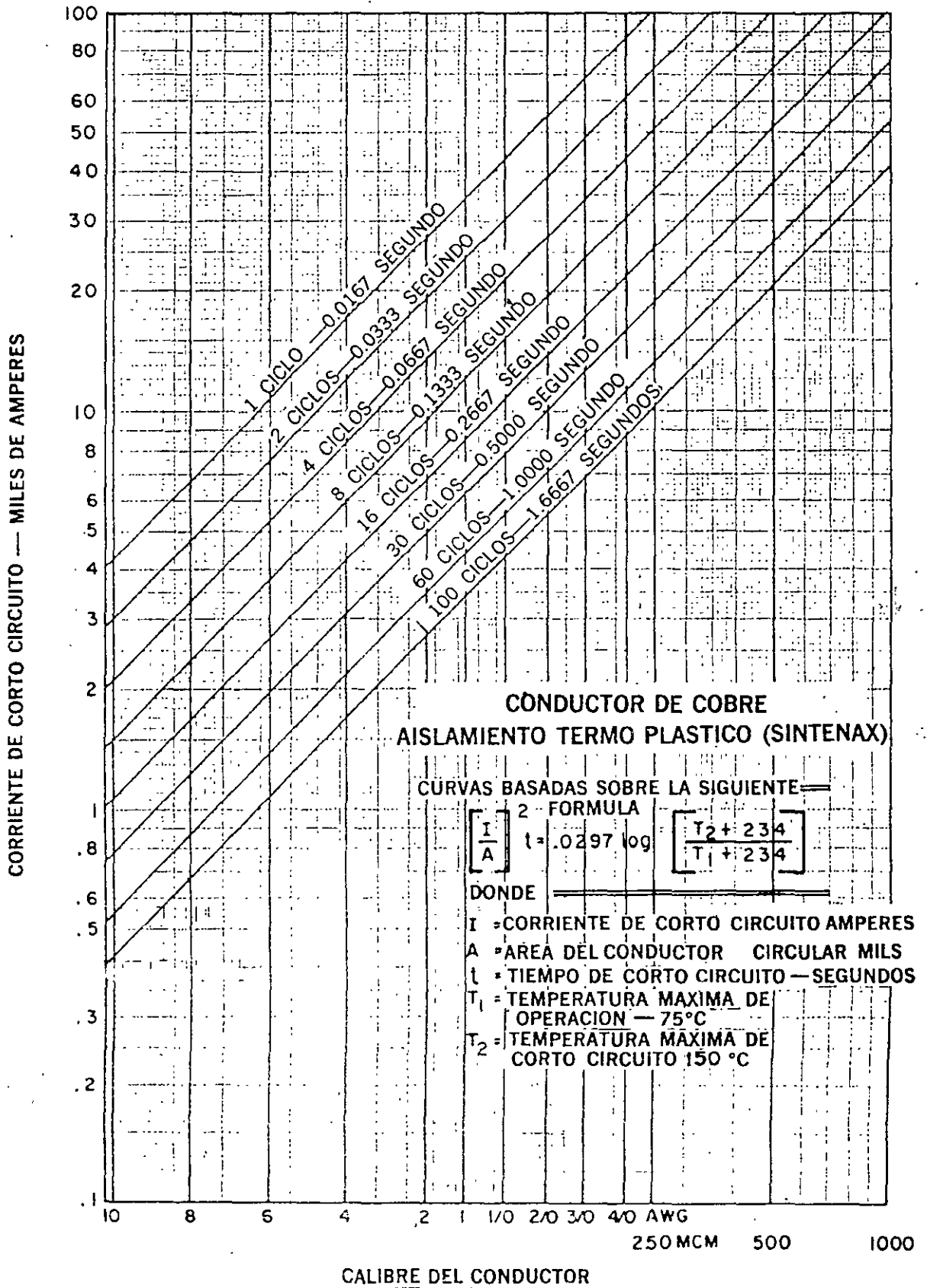
FÓRMULAS SIMPLIFICADAS PARA EL CALCULO DE LA CAÍDA DE TENSION (NO SE CONSIDERA EL VALOR DE LA REACTANCIA)

| SISTEMA | FORMULA GENERAL | FORMULA COND. COBRE |
|------------|----------------------------|---------------------|
| 127 V, 1 F | $e \% = 200 p I L / 127 S$ | $4 I L / 127 S$ |
| 220 V, 1 F | $e \% = 200 p I L / 220 S$ | $4 I L / 127 S$ |
| 220 V, 3 F | $e \% = 173 p I L / 220 S$ | $2 I L / 127 S$ |
| 440 V, 3 F | $e \% = 173 p I L / 440 S$ | $2 I L / 254 S$ |

DONDE:

| | | |
|---------------|-------------------------|--|
| e % | | CAÍDA DE TENSION EN POR CIENTO |
| I | A | CORRIENTE A PLENA CARGA |
| L | m | LONGITUD DEL CONDUCTOR EN UN SOLO SENTIDO |
| p | ohm-mm ² / m | RESISTIVIDAD DEL CONDUCTOR (Cu 0,02 A 75 °C) |
| S | mm ² | SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR |
| $R = p L / S$ | ohm | RESISTENCIA DEL CONDUCTOR |

CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTOR DE COBRE



PASO 5. REVISIÓN POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.

LOS CONDUCTORES AISLADOS DEBEN SOPORTAR, SIN DAÑARSE; EL CALOR PRODUCIDO POR LA CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO SIN DAÑARSE.

EL VALOR OBTENIDO CON LA FORMULA DEBE SER MENOR AL INDICADO EN LA GRÁFICA

LAS GRÁFICAS SON ELABORADAS POR ASOCIACIONES DE FABRICANTES

$$I_{cc} = (330 S / Vt) \sqrt{\log((234.5 + T_f) / (234.5 + T_i))}$$

DONDE:

| | | |
|----------------|-----------------|---|
| I_{cc} | A | CORRIENTE MÁXIMA DE CIRCUITO CORTO |
| S | mm ² | SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR |
| t | s | DURACION DEL CORTO CIRCUITO |
| 234.5 | °C | TEMPERATURA BAJO CERO A LA CUAL LA RESISTENCIA ES CERO |
| T _f | | TEMPERATURA MAX. DEL CONDUCTOR DURANTE EL C.C. 150°C PARA AISLAMIENTOS TERMOPLÁSTICOS (PVC) 250°C PARA AISLAMIENTOS ELASTOMEROS (EP, XLP) |
| T _i | | TEMPERATURA INICIAL DEL CONDUCTOR (°C) |

PASO 6. CALCULO DEL CALIBRE ECONÓMICO

LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE LOS CONDUCTORES AISLADOS ESTA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA QUE PUEDA SOPORTAR SU AISLAMIENTO SIN DAÑARSE

POR EJEMPLO: LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DE UN CONDUCTOR AISLADO DE 21 mm² (4 AWG) PUEDE SER DE 70, 85 O 95 A, SI LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN DEL AISLAMIENTO ES RESPECTIVAMENTE DE, 60, 75 O 90°C

AL AUMENTAR LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN PUEDE REDUCIRSE EL COSTO INICIAL DE LAS INSTALACIONES; PERO, ES NECESARIO CONSIDERAR QUE EL COSTO DE OPERACION SE INCREMENTA AL DISIPARSE MAYOR CANTIDAD DE ENERGÍA EN FORMA DE CALOR

$$\text{LEY DE JOULE: } W = I^2 R$$

LA SIGUIENTE FORMULA CONTIENE PARÁMETROS QUE PUEDEN USARSE PARA CALCULAR EL CALIBRE MAS ECONOMICO, COMPARANDO LOS COSTOS DE INSTALACIÓN Y DE OPERACIÓN DURANTE UN DETERMINADO PERIODO DE VIDA DEL CONDUCTOR

$$C_p = l \times L \times h \times d \times C_k \times (R_1 - R_2) / 1000$$

$$C_f = L \times i \times (M_2 - M_1)$$

SI $C_p > C_f$ CONVIENE INSTALAR EL CABLE DE MAYOR CALIBRE

DONDE:

EJEMPLO DE CALCULO

DATOS:

| | | |
|------|-----------------------|-------------------|
| P | CARGA | 10 hp |
| Vff | TENSIÓN | 220 V, 3 F, 60 Hz |
| F.P. | FACTOR DE POTENCIA | 0,85 |
| e | EFICIENCIA | 0,8 |
| FM | FACTOR PARA MOTORES | 1,25 |
| | CONDUCTOR THW.LS, | COBRE |
| L | LONGITUD DEL CIRCUITO | 100 m |
| Ta | TEMP. AMBIENTE | 35°C |
| | CONDUCTORES/TUBO | 3 |

PASO 1. CORRIENTE DE LA CARGA

CORRIENTE A PLENA CARGA =

APLICANDO LA FORMULA $I = (746 \text{ hp}) / (1.732 \text{ V} \times \text{fp} \times e)$

$$I = 28,79 \text{ A}$$

SEGUN TABLA 430-150 $I = 29,00 \text{ A}$

PASO 2. FACTORES DE CORRECCIÓN

| | | | |
|-----|---------------------------------|---------------------------|-----------|
| FT | POR TEMPERATURA : | TABLA 310-16, PARA 35 °C, | FT = 0,94 |
| FAC | POR AGRUPAMIENTO DE CONDUCTORES | 3 COND. | FAC = 1 |
| FM | POR MOTOR | | FM = 1,25 |

$$I \text{ corregida} = 29 \times 1,25 / 0,94 =$$

38,56^u A (CAPACIDAD MÍNIMA DE CONDUCCIÓN QUE DEBE TENER EL CONDUCTOR)

PASO 3. CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DEL CONDUCTOR

SE SELECCIONARA UN CONDUCTOR DE COBRE CON AISLAMIENTO TIPO THW.LS, 75 °C
 EL CONDUCTOR DE 8.36 mm² (8 AWG) TIENE UNA CAPACIDAD DE
 CONDUCCIÓN DE CORRIENTE DE:

| |
|--|
| 50 A para aisl. de 75°C |
| 40 A para aisl. de 60°C |
| (110-14 c)(1) TEMP. DE OPERACION DE CONEXIONES ELECTRICAS) |

PASO 4. REVISIÓN POR CAÍDA DE TENSION.

PARA: 3 F, 3 H,

$$e \% = 173 \text{ I L} (R \cos \theta + X \text{ sen } \theta) / 1000 \text{ Vff}$$

| | | | | |
|---|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| | mm ² | 8,37 | 13,3 | 21,15 |
| | AWG | <u>CAL. 8</u> | <u>CAL. 6</u> | <u>CAL. 4</u> |
| I | A | 29 | 29 | 29 |
| L | m | 100 | 100 | 100 |

| | | | | |
|-------|--------|-------------|-------------|-------------|
| R | ohm/km | 2,5500 | 1,6100 | 1,0100 |
| X | ohm/km | 0,2133 | 0,2100 | 0,1969 |
| COS 0 | | 0,9000 | 0,9000 | 0,9000 |
| SEN 0 | | 0,4359 | 0,4359 | 0,4359 |
| ANG 0 | ° | 25.8419 | 25,8100 | 25.8100 |
| V ff | V | 220 | 220 | 220 |
| e % | | <u>5.45</u> | <u>3.51</u> | <u>2.27</u> |
| | | > 5 % | < 5 % | < 5 % |

SELECCIONAREMOS CABLE CAL. 6 AWG

PASO 5. REVISIÓN POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.

$$I_{cc} = (330 S / V t) V \log((234.5 + T_f) / (234.5 + T_i))$$

DONDE:

| | | |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------------|
| S | 13,3 mm ² (6 AWG) | 21,15 mm ² (4 AWG) |
| t | 0,1 | 0,1 s (6 ciclos) |
| T _f | 150 | 150 °C AISL. TERMOPLASTICOS (PVC) |
| T _i | 75 | 75 °C |
| I _{cc} | 4.260,62 | 6.775,35 A |



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema MEDIOS DE PROTECCION

EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003

MEDIOS DE PROTECCION

- . Sobrecorriente: orígenes
 - . Sobrecarga
 - . Corto circuito
 - . Medios de protección contra sobrecorrientes
 - . Interruptores automáticos
 - . Riesgos al personal
-

Los dispositivos que se utilizan para interrumpir las sobrecorrientes son los fusibles y los interruptores automáticos.

Deben tener la suficiente resistencia mecánica para soportar - abrir y extinguir el arco producido por la sobrecorriente.

Fusibles. - Es un dispositivo térmicamente operado que sirve - para detectar y abrir un circuito cuando se presenta una sobre corriente.

Tienen la desventaja de no ser ajustables y ser lentos para -- operar con valores moderados de sobrecorriente. Son menos pre cisos que los relevadores, pero comparables con los interruptos termomagnéticos de bajo voltaje de disparo instantáneo, -- con altas corrientes y superior a ellos en bajas corrientes de corto circuito. Tienen también la desventaja, de que en caso de fundirse uno sólo de ellos, el circuito trifásico puede que dar en operación monofásica ocasionando una sobrecarga en las líneas restantes.

Los fusibles se clasifican en:

Fusibles limitadores de corriente y en fusibles no limitadores. Al ocurrir un c.c. los fusibles limitadores de corriente se -- funden en el primer medio ciclo de la corriente de corto cir-- cuito, mucho antes de alcanzar su valor máximo, logrando redu-- cir notablemente el valor de la potencia aparente a interrumpir.

La curva de operación CORRIENTE - TIEMPO DE RESPUESTA es una - curva de tiempo inverso.

Los interruptores automáticos de bajo voltaje pueden ser:

- 1) electromagnéticos, y

A decorative graphic element on the right side of the page, consisting of a thin black curved line starting from the top and curving downwards, and a larger, shaded area below it that also curves downwards and to the right. The shaded area has a fine, dark stippled texture.

ANALISIS DE ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO

SOBRECORRIENTES - Orígenes

Las sobrecorrientes en los sistemas eléctricos normalmente se deben a sobrecargas y a cortos circuitos.

Las sobrecargas permanentes en un circuito se deben generalmente a la conexión de mayores cargas que la de diseño o nominal del circuito.

Las sobrecargas transitorias pueden deberse a cortos circuitos intermitentes en circuitos derivados, a operación monofásica - mecánica de los motores, a arranques frecuentes de motores - eléctricos, etc.

Los cortos circuitos son debidos a conexiones francas entre -- los conductores de un alimentador o circuito derivado.

El diseño de un sistema de protección contra sobrecorrientes - implica 2 puntos importantes:

- 1) La selección correcta del dispositivo adecuado para interrumpir la sobrecorriente.
- 2) Escoger los valores de corriente y tiempo de respuesta correctos para los dispositivos ajustables que les permita - funcionar selectivamente con otros dispositivos, sean o no ajustables, para desconectar la porción del sistema con problemas, con un el mínimo posible de disturbios al resto del sistema.

Los dispositivos que se usan para detectar sobrecorrientes son los fusibles, los relevadores y las bobinas de disparo de acción directa e instantánea.

Los estudios de corto circuito tienen como objetivo:

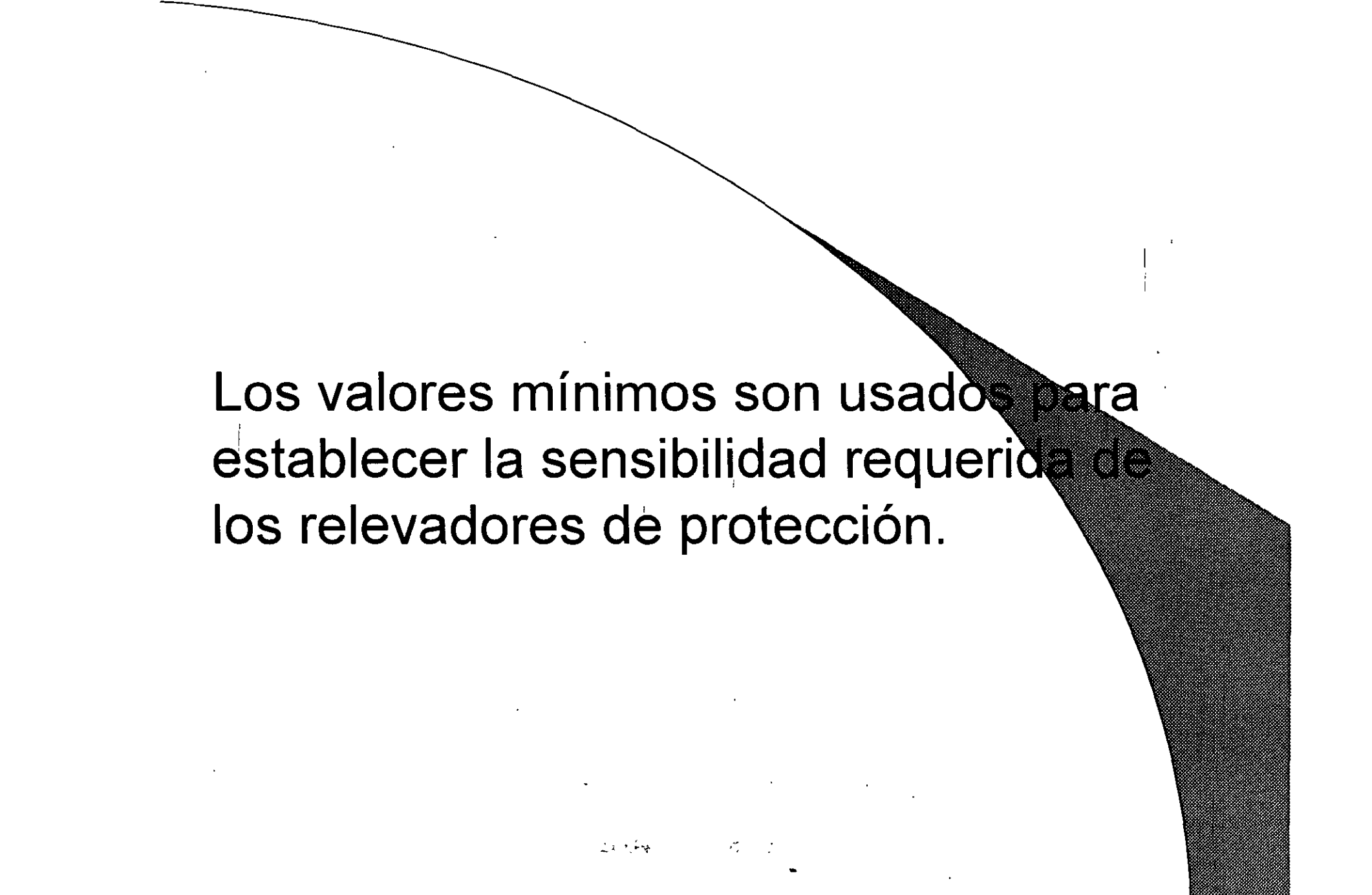
- Determinar la capacidad interruptiva de diversos puntos de las instalaciones eléctricas y consecuentemente sus equipos de protección.
- Generar la herramienta para la coordinación de las protecciones eléctricas de la instalación.
- Efectuar estudios de sobretensiones y sistemas de tierra de las mismas instalaciones, etc..

Los valores máximos calculados de las corrientes de corto circuito son usados para:

Seleccionar dispositivos de una capacidad interruptiva adecuada.

Checar la capacidad de los componentes del sistema para resistir esfuerzos mecánicos y térmicos

Determinar la coordinación tiempo-corriente de los relevadores de protección.



Los valores mínimos son usados para establecer la sensibilidad requerida de los relevadores de protección.



FUENTES DE CORRIENTE
DE FALLA.

● Las corrientes que fluyen durante una falla provienen de las máquinas eléctricas rotatorias. Para una planta industrial se pueden dividir en cuatro categorías:

--Generadores síncronos.

--Motores y condensadores síncronos.

--Máquinas de inducción.

--Sistema de suministro de energía eléctrica.



GENERADORES SÍNCRONOS.

- Si un cortocircuito ocurre en las terminales de un generador síncrono, la corriente de corto circuito empieza desde un valor alto y decae hasta un valor de estado estable después de haber transcurrido un periodo de tiempo desde el inicio.
- Como un generador síncrono continúa siendo movido por su primotor y tiene su campo externamente excitado, el valor de estado estable de la corriente de falla persistirá a menos que sea interrumpida por algún medio de desconexión.

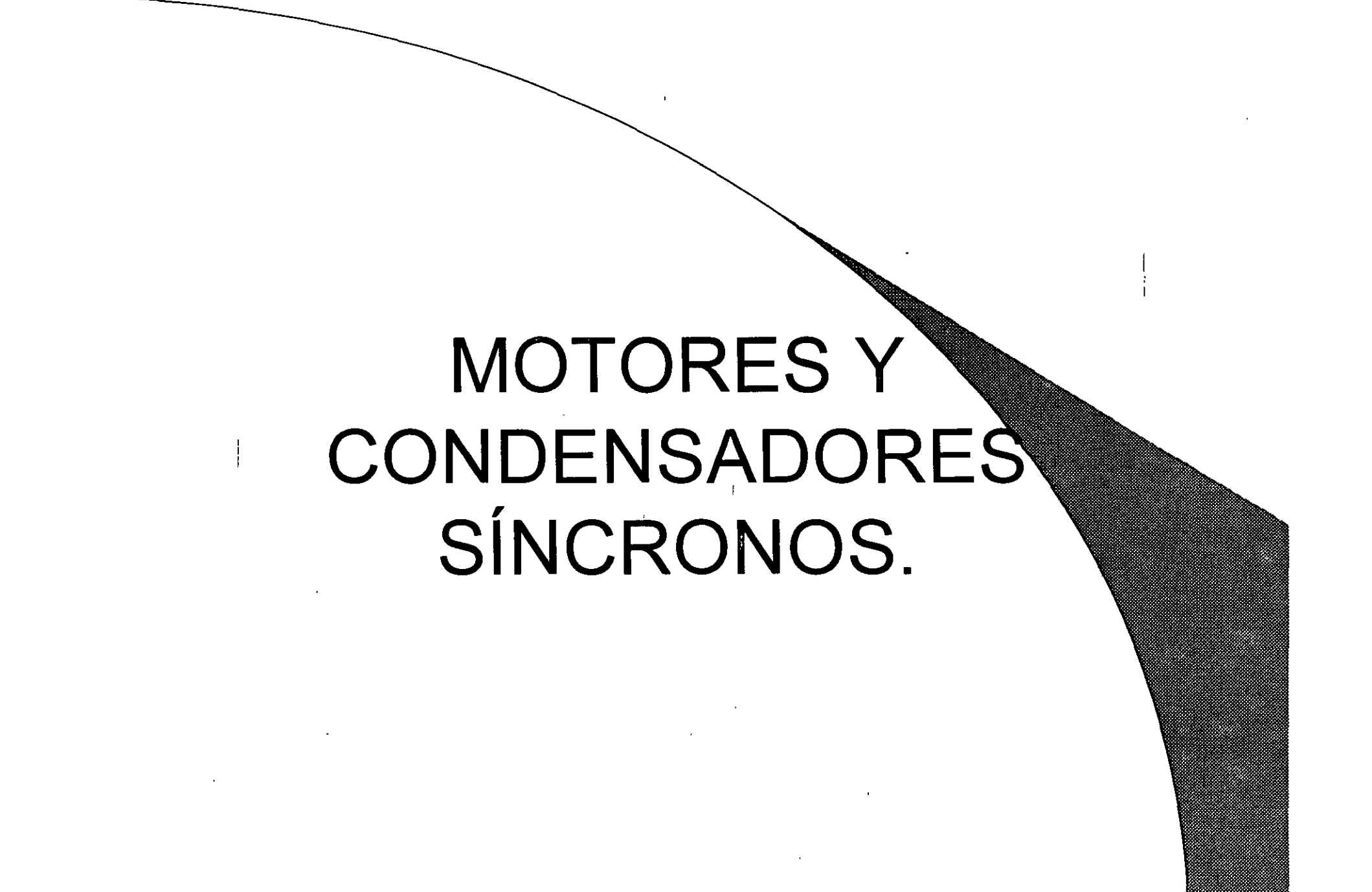
Para representar esta característica, uno puede usar un circuito equivalente consistente de una fuente de voltaje constante en serie con una impedancia que varía con el tiempo.

- Las normas industriales han establecido tres nombres específicos para los valores de esta reactancia variable:

X_d'' = reactancia subtransitoria; determina la corriente durante el primer ciclo después de haber ocurrido la falla. En aproximadamente 0.1 seg. la reactancia se incrementa a:

X_d' = reactancia transitoria; considerada para determinar la corriente después de varios ciclos a 60 Hz. En cerca de $\frac{1}{2}$ a 2 seg. la reactancia se incrementa a:

X_d = reactancia síncrona; determina la corriente que fluye después que la condición de estado estable es alcanzada



**MOTORES Y
CONDENSADORES
SÍNCRONOS.**

- Los motores síncronos suministran corriente a una falla casi de la misma forma que los generadores síncronos.
- Cuando una falla ocasiona que el voltaje del sistema caiga, el motor síncrono recibe menos potencia del sistema para mover su carga. Al mismo tiempo el voltaje interno causa que una corriente fluya hacia la falla en el sistema.

La inercia del motor y su carga actúan como un primotor y con el campo de excitación sostenido, el motor actúa como un generador que suministra corriente de falla.

Esta corriente de falla disminuye conforme decae el campo magnético de la máquina.

Para el circuito equivalente, nuevamente se usa una fuente de voltaje constante y las mismas tres reactancias X''_d , X'_d y X_d para establecer valores de corriente a tres puntos de tiempo.



MÁQUINAS DE INDUCCIÓN

Un motor de inducción tipo jaula de ardilla contribuirá con corriente de falla a un circuito fallado. Esta es generada por la inercia moviendo al motor en la presencia de un flujo de campo producido por inducción del estator en vez de un devanado de campo de corriente directa.

La contribución de corriente de un motor de inducción a una falla en sus terminales se reduce y desaparece completamente después de unos ciclos, pues el flujo inducido disminuye al perder la fuente de voltaje causada por una falla en las terminales del motor.

- Como el campo de excitación no es sostenido, no hay valor de estado estable de la corriente de falla como en el caso de las máquinas síncronas
- Nuevamente, el mismo circuito equivalente es usado, pero los valores de reactancia transitoria y síncrona se aproximan a infinito.



**SISTEMA EXTERNO DE
SUMINISTRO DE ENERGÍA.**

- Los generadores remotos del sistema de suministro de energía eléctrica son una fuente de corriente de cortocircuito, a menudo transmitida a través de un transformador.
- La corriente de contribución a una falla en una planta remota representa simplemente un pequeño incremento en la corriente de carga de las grandes centrales generadoras, y esta contribución de corriente tiende a permanecer constante.



METODOS DE SOLUCIÓN DE ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO

Los métodos empleados dependen:

- De la complejidad del sistema bajo estudio.
- De los resultados esperados.
- De las características de aplicación de estos.

● Los métodos mas comúnmente empleados son:

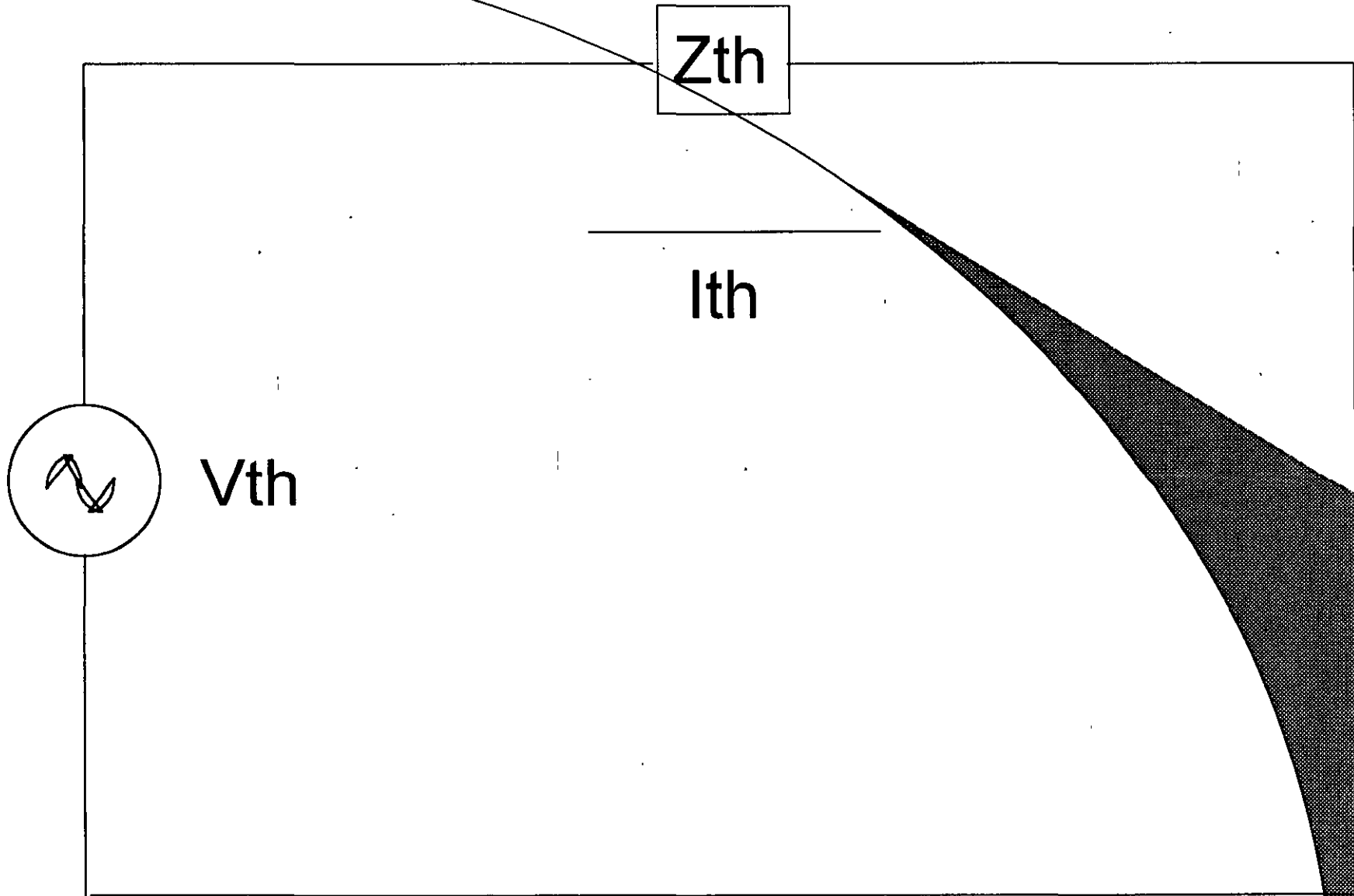
- Método directo
- Método de MVAs
- Método de Bus Infinito
- Método de Nodos
- Método de Mallas



METODO DIRECTO

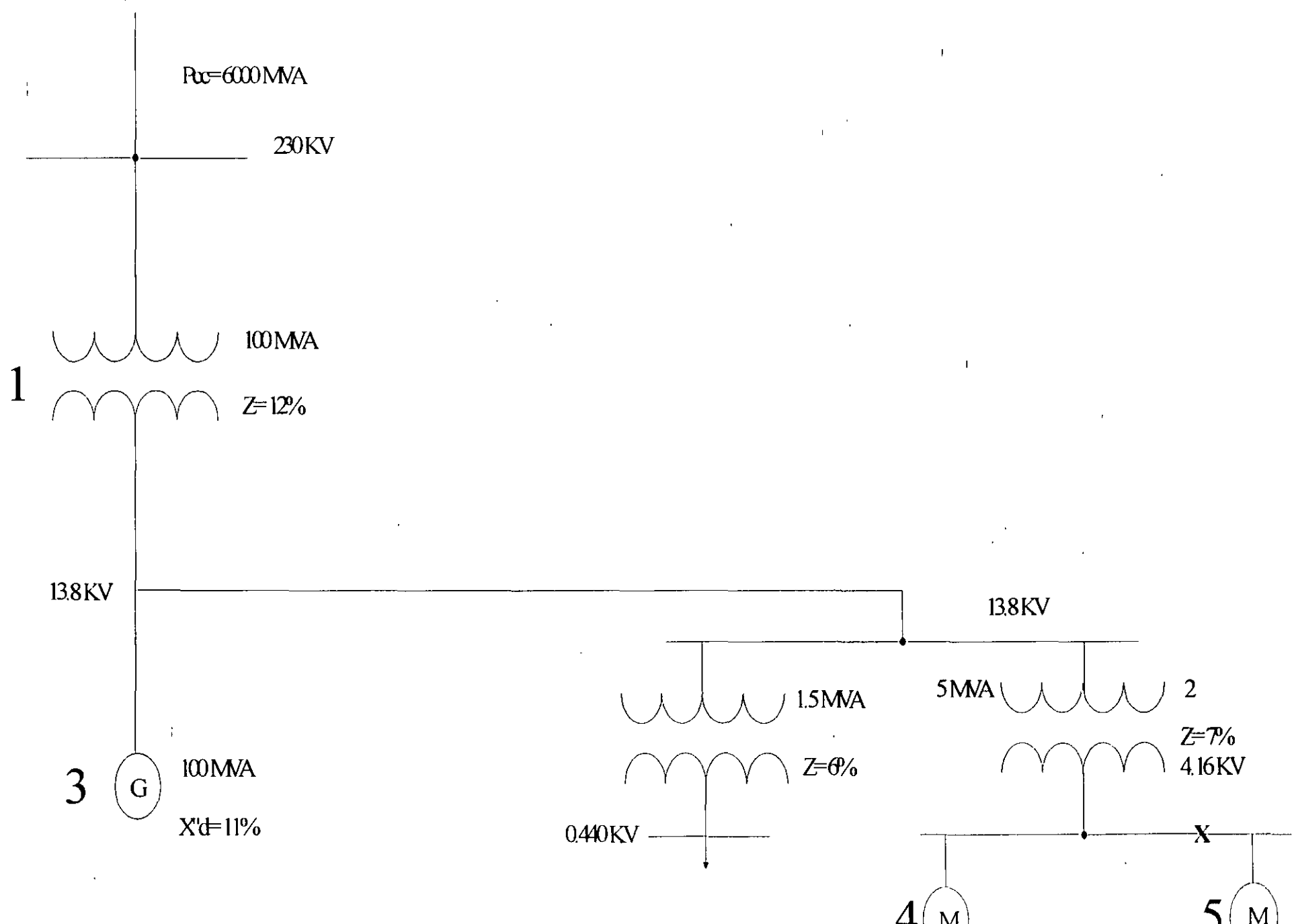
- Consiste en la determinación de la falla por simplificación directa del sistema para las condiciones de falla correspondientes, resolviendo cada caso mediante la aplicación del teorema de Thevenin; dicho método puede ser resuelto aplicando las impedancias en ohms, por unidad o por ciento.

- Se trata de calcular una falla en la cual todas las impedancias están referidas a una misma base con el fin de poder efectuar todas las combinaciones y reducciones necesarias, para llegar a representar todo el sistema por medio de una impedancia única equivalente entre la fuente y la falla.



EJEMPLO:

- Usando el método directo, calcular la potencia y corriente para un corto circuito trifásico para el sistema mostrado en la figura siguiente, considerando la falla en las barras de 13.8 y 4.16 KV si se supone que los motores operan a 0.85 de factor de potencia.



Tomando como base 100 MVA y 230, 13.8 y 4.16 kV, los valores en pu serán:

$$X_s = 100/6000 = .01666 \text{ pu}$$

$$Z_{t1} = .12 \text{ pu}$$

$$Z_{t2} = .07*1*100/5 = 1.4 \text{ pu}$$

$$Z_{g3} = .11*1*1 = .11 \text{ pu}$$

$$Z_{m4} = .2 \text{ pu}$$

- Motor de 3000 HP

$$\begin{aligned} \text{MVA} &= (.746 * \text{HP}) / \text{Cos}\phi = (0.746 * 3000) / .85 \\ &= 2.633 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$X_{m1} = \text{kV}^2 / \text{MVA} = 4.16^2 / 2.633 = 6.5726 \Omega$$

Para los motores de 250 HP el motor equivalente es:

$$\text{MVA} = (0.746 * 10 * 250) / .85 = 2.194 \text{ MVA}$$

$$X_{m2} = 4.16^2 / 2.194 = 7.888 \Omega$$

La impedancia base es:

$$Z_b = \text{kV}^2/\text{MVA} = 4.16^2/100 = .173056 \Omega$$

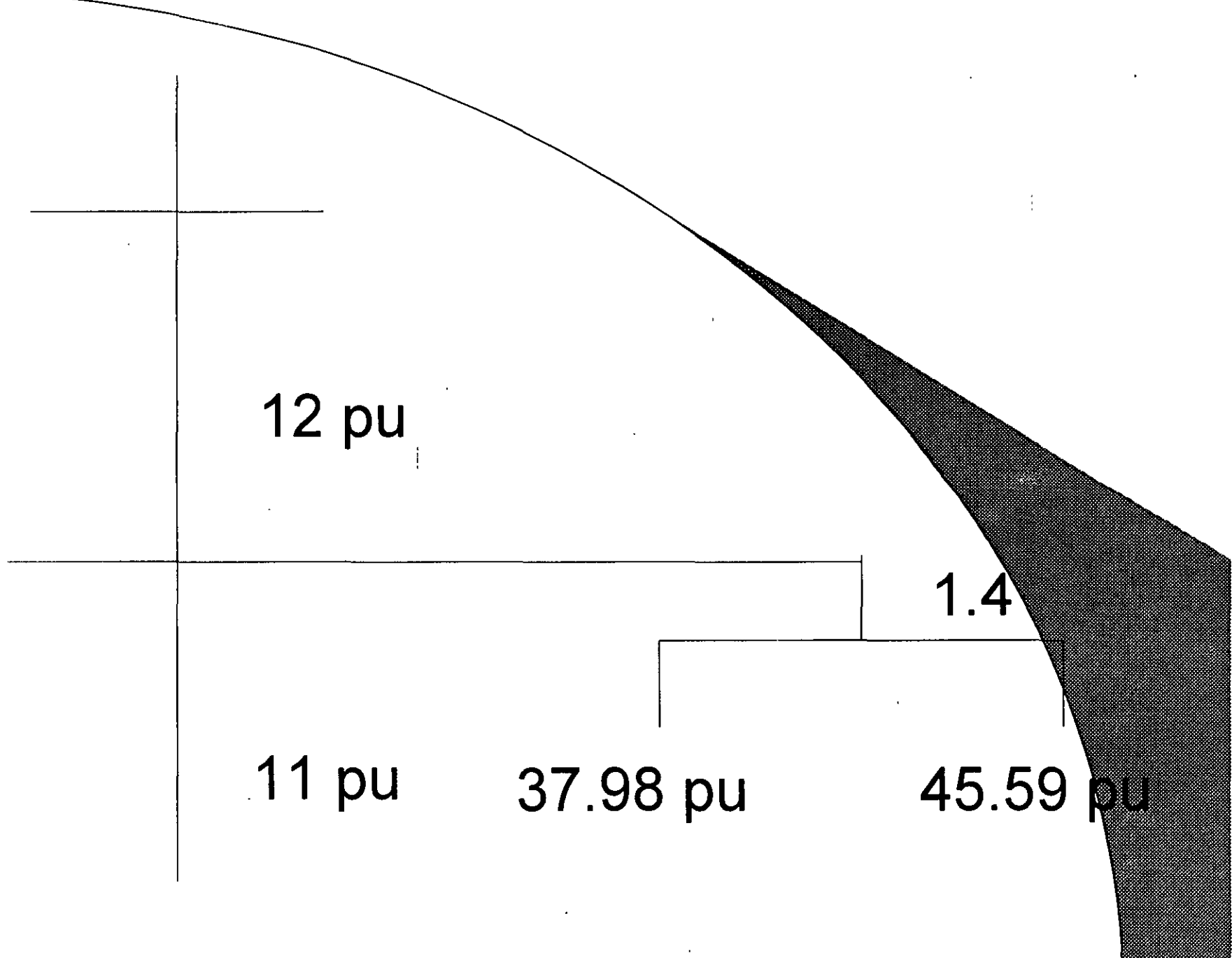
Las impedancias son:

- Para el motor de 3000 HP (2.633 MVA)

$$\begin{aligned} X_{m1b} &= X_{m1}/Z_b = 6.5726/.173056 \\ &= 37.9577 \text{ pu} \end{aligned}$$

- Para los motores de 2500 HP (2.194 MVA)

$$X_{m2b} = X_{m2}/Z_b = 7.888/.173056 = 45.5 \text{ p.u.}$$



| FALLA EN EL BUS | Z_e [p.u] | I FALLA [p.u] | I FALLA [A] |
|--------------------|----------------|---------------------|-------------------|
| 230 kV | 0.01657 | 60.35 | 15,149 |
| 13.8 kV | 0.1345 | 7.43 | 31,085 |
| 4.16 kV | 1.3726 | 0.7285 | 10,110 |



EL METODO DE LOS MVA

- Básicamente es una modificación del método ohmico.
- En el cual la impedancia de un circuito es la suma de las impedancias de sus componentes.
- La admitancia es la reciproca de la impedancia.
- La admitancia del sistema es la suma de las reciprocas de las admitancias componentes.

The diagram shows a fault on a busbar system. A thick, dark grey diagonal bar represents the busbar, sloping downwards from left to right. A horizontal line intersects this bar, representing a fault. A vertical line extends downwards from the intersection point to the text 'X FALLA'. The text 'BUS INFINITO' is positioned above the busbar on the left side. To the right of the busbar, three equations are listed, each preceded by a small black square bullet point. The equations are: $I_{CC} = V/Z$, $V_{Acc} = E^2 / Z$, and $KV_{Acc} = V^2 / Z = (1000 \text{ KV})^2 / Z$.

BUS INFINITO

■ $I_{CC} = V/Z$

■ $V_{Acc} = E^2 / Z$

■ $KV_{Acc} = V^2 / Z$

$= (1000 \text{ KV})^2 / Z$

X FALLA

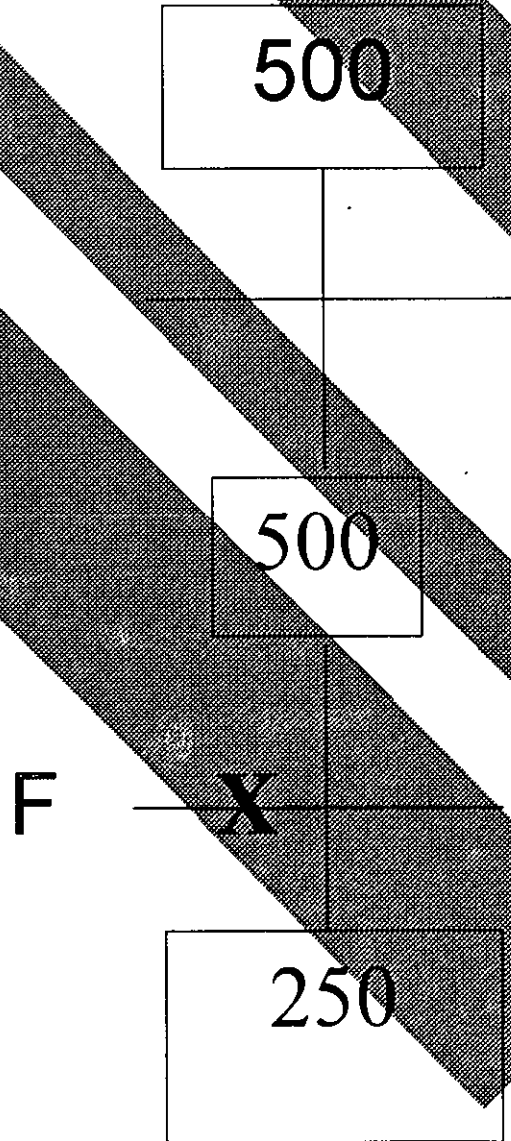
Además que:

- $Y = 1 / Z_{ohms}$
- $KVA_{acc} = 1000 \times (KV)^2 \times Y$
- $MVA_{acc} = (KV)^2 \times Y$
- $MVA_{acc} = MVA / Z \text{ p.u.}$

- Prácticamente el método de los MVA se usa separando el circuito en sus componentes y calculando cada componente con su propio bus infinito.
- Se pasa del diagrama unifilar del sistema en estudio a un diagrama de impedancias y al diagrama de MVA.

- La primer componente del sistema es la capacidad interruptiva del sistema bajo estudio en MVA y el resto de componentes del diagrama en MVA se obtiene, como se indicó antes, dividiendo la potencia del elemento expresada en MVA entre su impedancia expresada en por unidad.

DIAGRAMA DE LOS MVA



Los MVA de corto circuito de cada componente se obtienen de dividir su propia potencia entre sus impedancias expresadas en por unidad.

- Si en el diagrama de impedancias anterior se supone ocurre una falla en el punto F entonces fluirá la corriente de las componentes 1 y 2 (en serie) y de la componente 3 que estará en paralelo así que la pregunta es ahora ¿Cómo combinar las MVA en serie? Y ¿Cómo en paralelo?

- La respuesta es bastante simple partiendo de la base que los elementos se pueden representar como admitancias para combinar dos elementos.

- En serie

$$MVA_{12} = [(MVA_1) \times (MVA_2)] / (MVA_1) + (MVA_2)$$

- En paralelo:

$$MVA_{1+2} = MVA_1 + MVA_2$$

- Para el sistema que se esta usando como ejemplo la combinación de los elementos 1 y 2 que se encuentran en serie es:

$$MVA_{12} = \frac{MVA_1 \times MVA_2}{MVA_1 + MVA_2} = \frac{500 \times 500}{500 + 500} = 250$$

- Y los MVA de corto circuito se obtienen como la combinación en paralelo de MVA_{12} y MVA_3 es decir:

$$MVA_{acc} = MVA_{12} + MVA_3 = 250 + 250 = 500$$

- Si se desea conocer la corriente de corto circuito simétrica en el punto de falla a partir de la potencia del corto circuito se tiene que para el bus de 13.8 KV.

$$I_{cc} = \frac{MVA \times 1000}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{500 \times 1000}{\sqrt{3} \times 13.8} = 20918.48 \text{ A}$$

■ Se puede resumir que el método de los MVA consiste en lo siguiente:

1. Partir de un diagrama unifilar del sistema por estudiar en donde se indiquen en cada elemento (numerado) su potencia en MVA y su impedancia en pu.
2. Se convierten todos los componentes del diagrama unifilar del sistema a sus MVA de corto circuito, dividiendo para cada componente sus MVA entre su reactancia en pu.

$$MVA_{Acc} = MVA / X(pu)$$

3. Obsérvese que a diferencia de otros métodos hasta este punto, el método de los MVA no requiere de una base común en MVA o KVA y tampoco es necesario cambiar las impedancias de base.

4. Para combinar los MVA que aparecen en lo que se ha llamado el diagrama de los MVA se siguen las reglas siguientes:

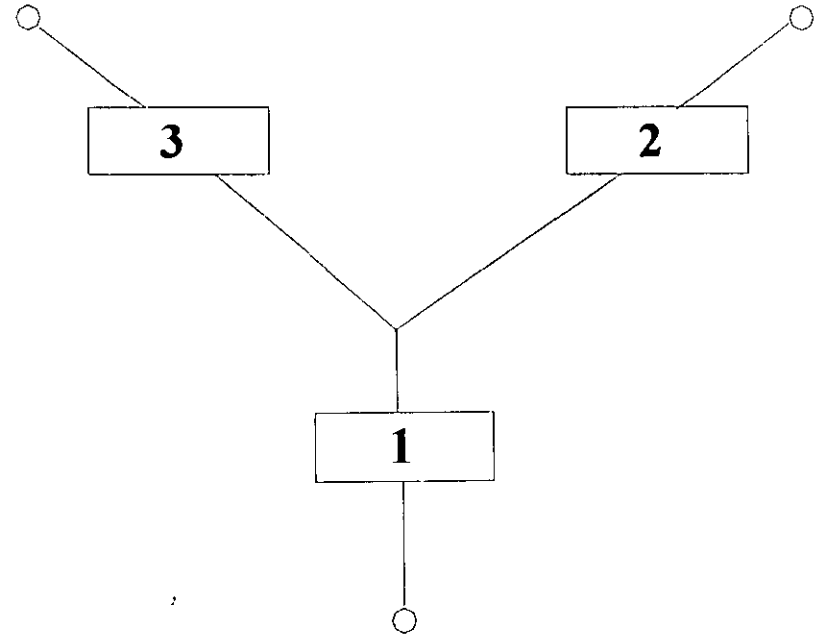
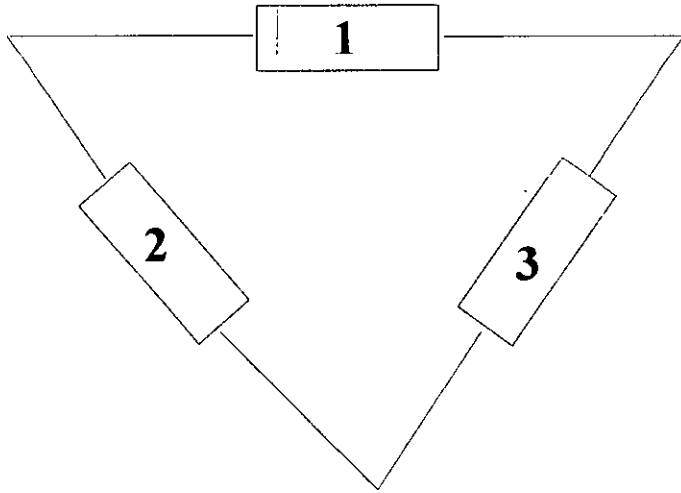
– Elementos en serie se combinan como si fueran resistencias en paralelo, es decir si se trata de dos elementos en paralelo por ejemplo:

$$MVA_{12} = \frac{MVA_1 \times MVA_2}{MVA_1 + MVA_2}$$

- Elementos en paralelo se combinan como si se tratara de resistencias en serie es decir, si se trata por ejemplo de dos elementos en paralelo

$$MVA_{1+2} = MVA_1 + MVA_2$$

- Cuando los elementos se encuentran en una combinación delta y se desea convertir a una estrella se aplica la regla siguiente:



- Si se designan como Y los MVA en la conexión estrella y D los MVA en la conexión delta la conversión se obtiene con las relaciones que se indican a continuación:

$$y_1 = S/D_1$$

$$y_2 = S/D_2$$

$$y_3 = S/D_3$$

Siendo:

$$S = (D_1 \times D_2) + (D_2 \times D_3) + (D_3 \times D_1)$$

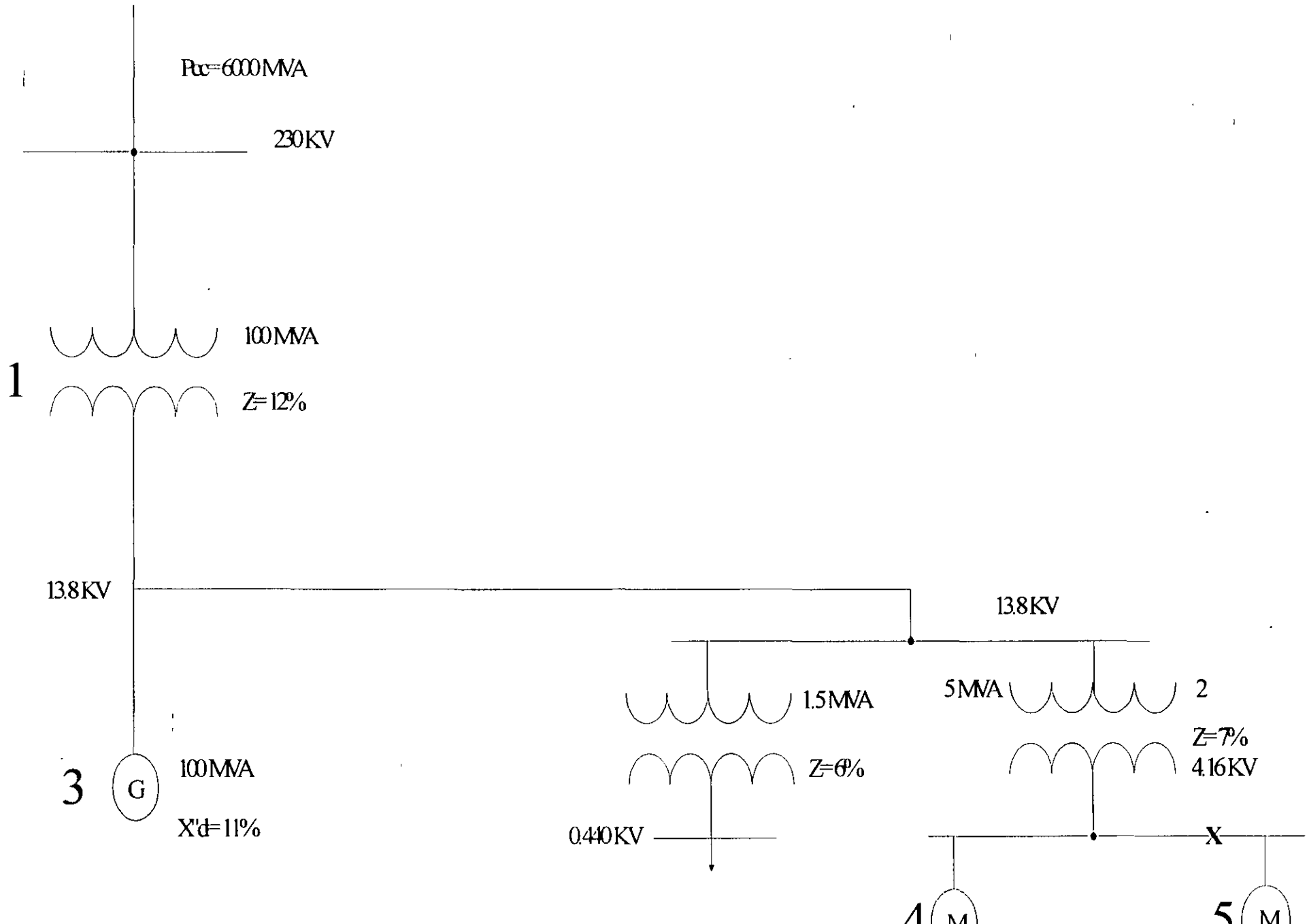
5. Si se desea calcular la corriente de corto circuito en el punto de falla se aplica la expresión:

$$I_{cc} = \frac{MVA \times 1000}{\sqrt{3} \times KV}$$

Donde MVA representa los MVA equivalentes en el punto de la falla y KV es la tensión en el mismo punto.

EJEMPLO:

- Usando el método de los MVA calcular la potencia y corriente para un corto circuito trifásico para el sistema mostrado en la figura, considerando la falla en la barra de 4.16 KV si se supone que los motores operan a 0.85 de factor de potencia



SOLUCIÓN:

- Los elementos se numeran arbitrariamente y no se considera en esta numeración al transformador de 1.5 MVA por no tener influencia para la falla considerada.
- Obteniendo los MVA en corto circuito para cada elemento; para los motores es necesario convertir primero su potencia a MVA.

- Motor de 3000 HP

$$MVA = \frac{0.746 \times HP}{\text{Cos } \phi} = \frac{0.746 \times 3000}{0.85}$$

$$MVA = 2.633 \text{ [MVA]}$$

- Para los motores de 250 HP el motor equivalente es:

$$MVA = \frac{0.746 \times 10 \times 250}{0.85} = 2.194 \text{ [MVA]}$$

■ Las reactancias son:

➤ Para el motor de 3000 HP (2.633 MVA)

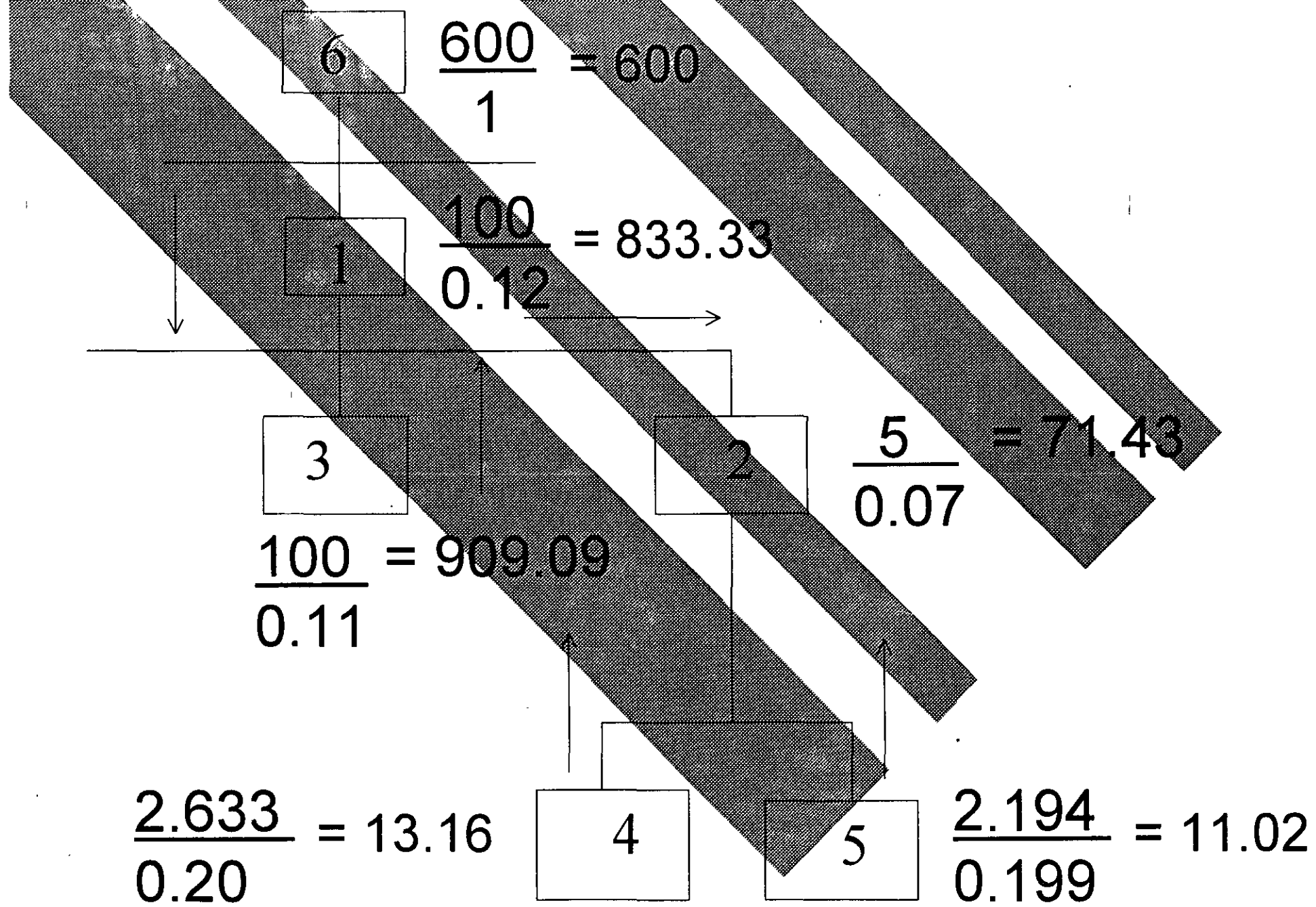
$$X_M = \frac{IN/5IN}{2.633} \times 100 = 7.6\% / \text{MVA}$$

$$X_M = 0.20 \text{ p.u.}$$

➤ Para el motor de 2500 HP (2.194 MVA)

$$X_M = \frac{IN/5IN}{2.194} \times 100 = 9.116\% / \text{MVA}$$

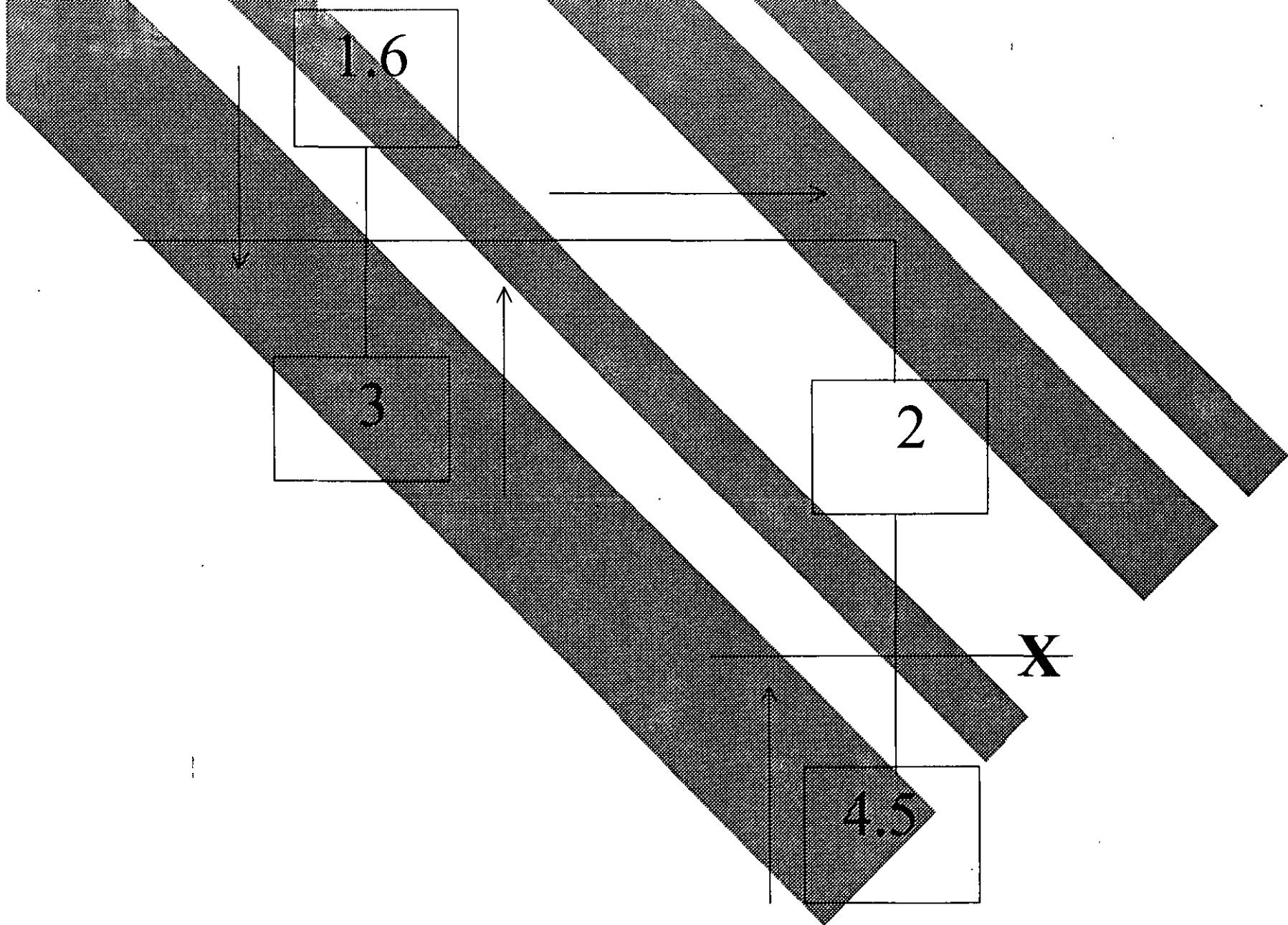
$$X_M = 0.199 \text{ p.u.}$$



■ Haciendo las combinaciones:

$$MVA_{16} = \frac{MVA_1 \times MVA_6}{MVA_1 + MVA_6}$$

$$MVA_{16} = \frac{6000 \times 833.33}{6000 + 833.33} = 731.70 \text{ [MVA]}$$



$$MVA = 13.16 + 11.02 - 24.18$$

$$MVA_{4,5} = 13.16 + 11.02 = 24.18$$

$$731.70 + 909.09 = 1640.79$$

$$\frac{1640.79 \times 71.43}{1640.79 + 71.43} = 68.45$$

1,6,3

2

4,5

$$\frac{1640.79 \times 71.43}{1640.79 + 71.43} = 68.45$$

X

24.18

X

$$68.45 + 24.18 = 92.63$$

X

- Por lo que la corriente de corto circuito es:

$$I_{cc} = \frac{92.63}{\sqrt{3} \times 4.16} = 12.85 \text{ KA}$$



METODO DEL BUS
INFINITO

- Este método constituye un caso particular del método general de estudios de corto circuito por el método de las componentes simétricas en el que se considera solo la falla trifásica o sea que solo interviene en el estudio el diagrama de secuencia positiva.
- En principio el corto circuito es alimentado por una fuente infinita que incluye a la red y las distintas plantas generadoras del sistema, constituyendo la parte activa siendo la parte pasiva las impedancias de los distintos elementos.

- El procedimiento de cálculo es el siguiente:
 - a) Se parte de un diagrama unifilar en donde se representan a los elementos del sistema con sus datos de potencia, tensión e impedancia.
 - b) Se refieren las impedancias a valores base de potencia y tensión de sus propios equipos.
 - c) Se hace la reducción de impedancias por serie-paralelo y transformaciones delta-estrella o estrella-delta, hasta obtener una impedancia equivalente entre la fuente y el punto de falla seleccionado.

d) Las corrientes y potencia de corto circuito en el punto de falla se calculan como:

$$I_{cc} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3} \cdot kV_{base} \cdot Z_{eq}(pu)}$$

donde:

- I_{cc} = Corriente de corto circuito simétrica en amperes o KA.
- KVA_{base} = Base de potencia seleccionada
- kV_{base} = Base de tensión en el punto de falla. Z_{eq} (p.u.) = Impedancia equivalente entre la fuente y el punto de falla en (p.u.)

- La corriente de corto circuito asimétrica se puede calcular como:

$$I_{ccA} = K I_{cc}$$

- K=Factor de asimetría que depende de la relación R/X para el sistema.
- Al respecto se pueden hacer los siguientes comentarios:
 - a) Se puede emplear el factor K para el menor de relación R/X.

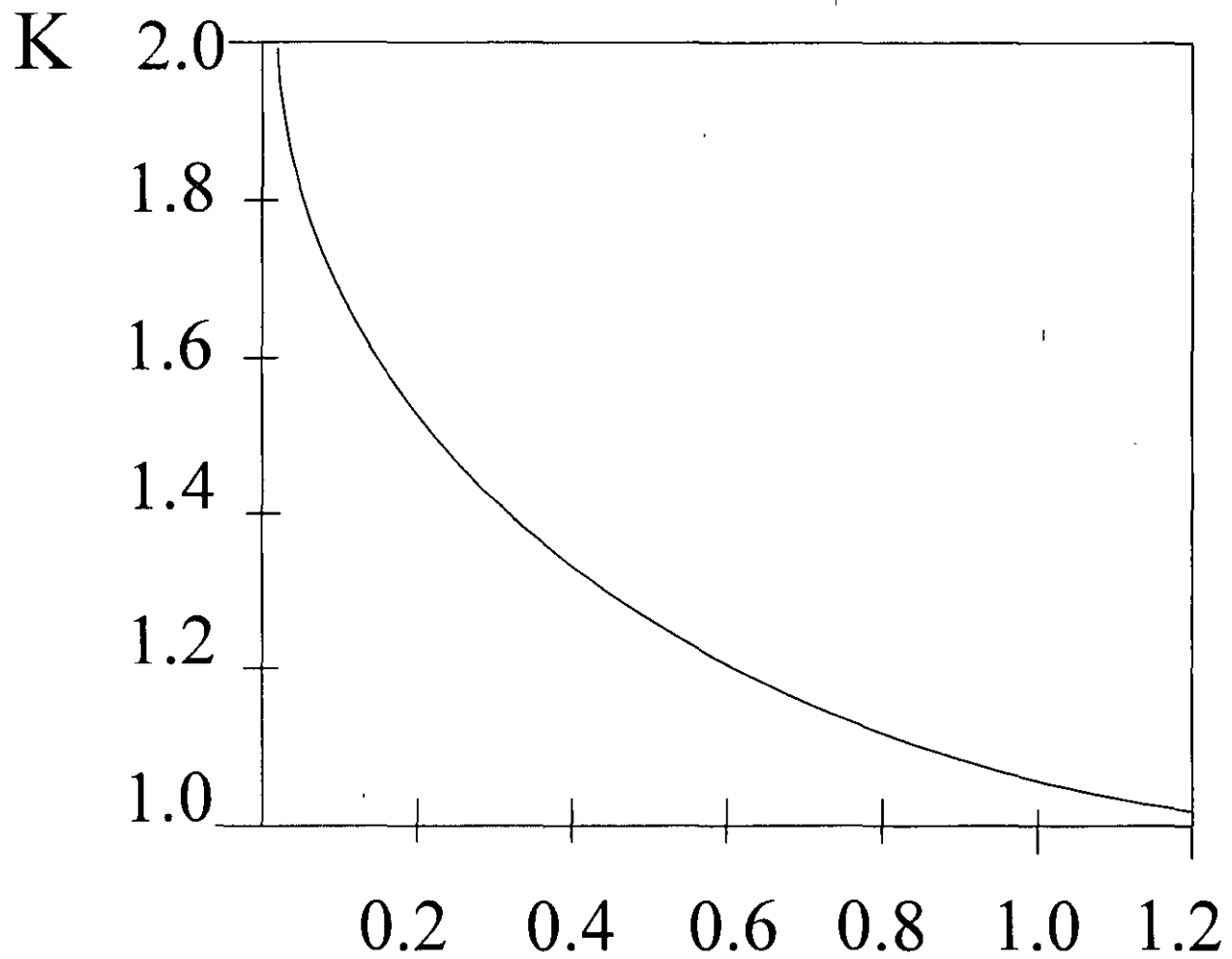
b) El factor se forma con la relación R/X de la red resultante $ZK = RK + jXK$ en el punto de falla en cuyo caso la corriente de corto circuito asimétrica se puede.

c) Calcular como $1.5K$ o sea que el mínimo valor sería 1.15 y normalmente el máximo no excede de 1.8.

d) El valor máximo de $K= 2.0$ se obtiene solo cuando $R= 0$ que equivaldría a una falla en las terminales del generador, pero aún en estos casos se ha demostrado que en generadores con potencias inferiores a 100 MVA el factor de asimetría máximo es 1.8 y lo mismo ocurre en grupos generador-transformador conectados en bloque cuando ocurre un corto circuito en el lado de alta tensión del generador (en este caso se puede considerar exactamente $K= 1.9$)

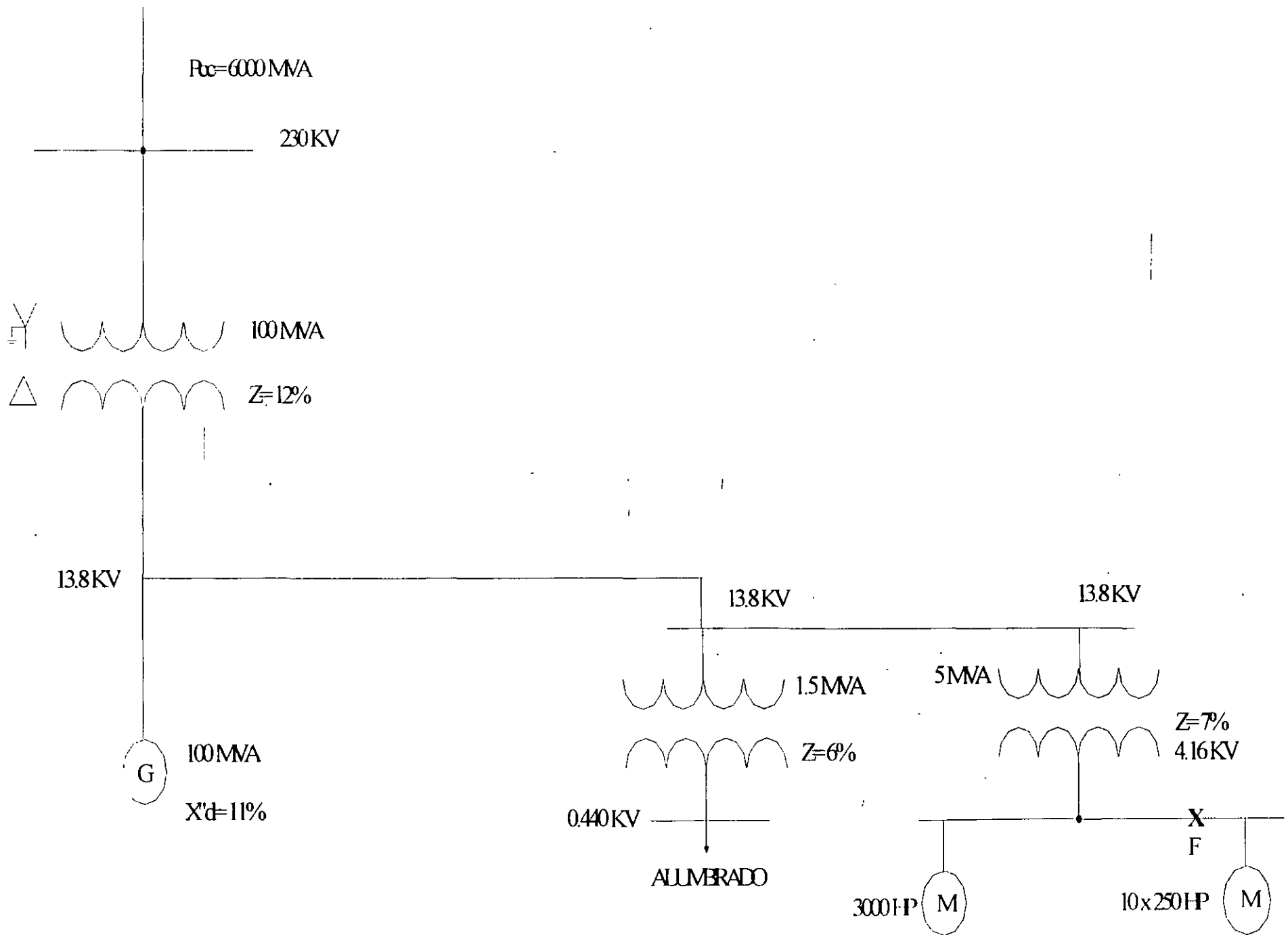
- La potencia de corto circuito en el punto de falla se puede calcular como:

$$P_{cc} = \frac{KVAbase}{Z_{eq}} \quad (\text{p.u.})$$



EJEMPLO

- Por el método del bus infinito calcular las corrientes de corto circuito para el sistema mostrado en la siguiente figura



SOLUCIÓN

- Calculando Las reactancias de los distintos elementos constitutivos de la red.
- Impedancia equivalente de la red de 230 KV con una potencia de corto circuito de 6000 MVA.

$$Z_s = 100/6000 = 0.0166 \text{ \%/MVA}$$

- Transformador de 100 MVA

$$Z_T = Z\%/S_b = 12/100 = 0.12 \%/MVA$$

- Generador G

$$Z_G = X_d''/100 = 11/100 = 0.11\%/MVA$$

- Transformador de 5 MVA 13.8/4.16 KV

$$Z_T = 7/5 = 1.4\%/MVA$$

- Transformador de 1.5 MVA 13.8/0.440 KV

$$Z_T = 6/1.5 = 4\%/MVA$$

- Motor de inducción de 3000 HP.

$$X_M = I_n/I_A/S_b \times 100$$

- I_A = Corriente de arranque del motor, se puede tomar como:

$$I_A = 5I_N.$$

- I_n = corriente nominal
- S_b = potencia nominal en MVA
- Considerando que operan a 0.85 de factor de potencia.

- $$S_b = \frac{(0.746 \times \text{HP})}{\text{Cos}\phi} = \frac{(0.746 * 3000)}{0.85}$$

$$S_b = 2632.94 \text{ KVA} = 2.632 \text{ MVA}$$

- $K_M = (I_n / 5 I_n) / 2.632 \times 100 = 7.6\% / \text{MV}$

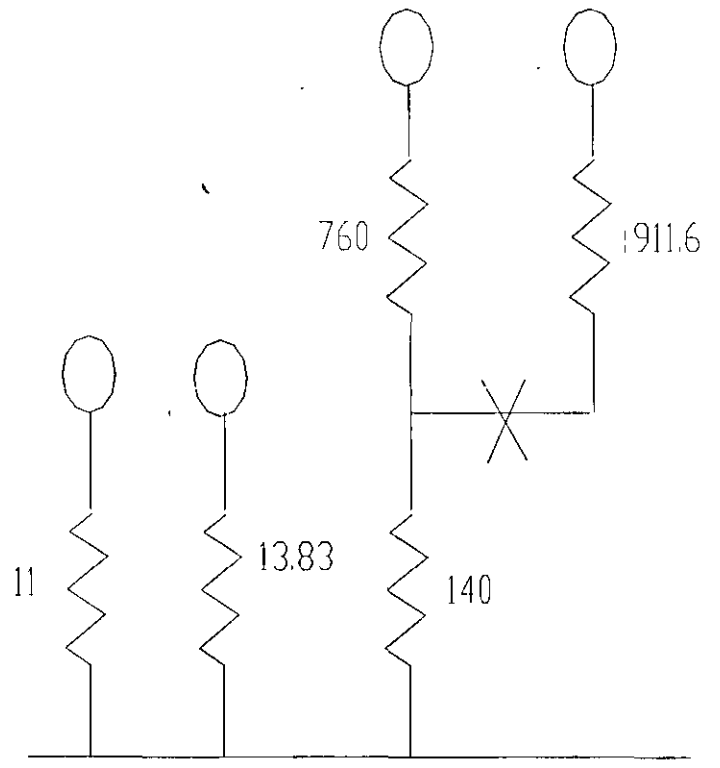
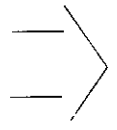
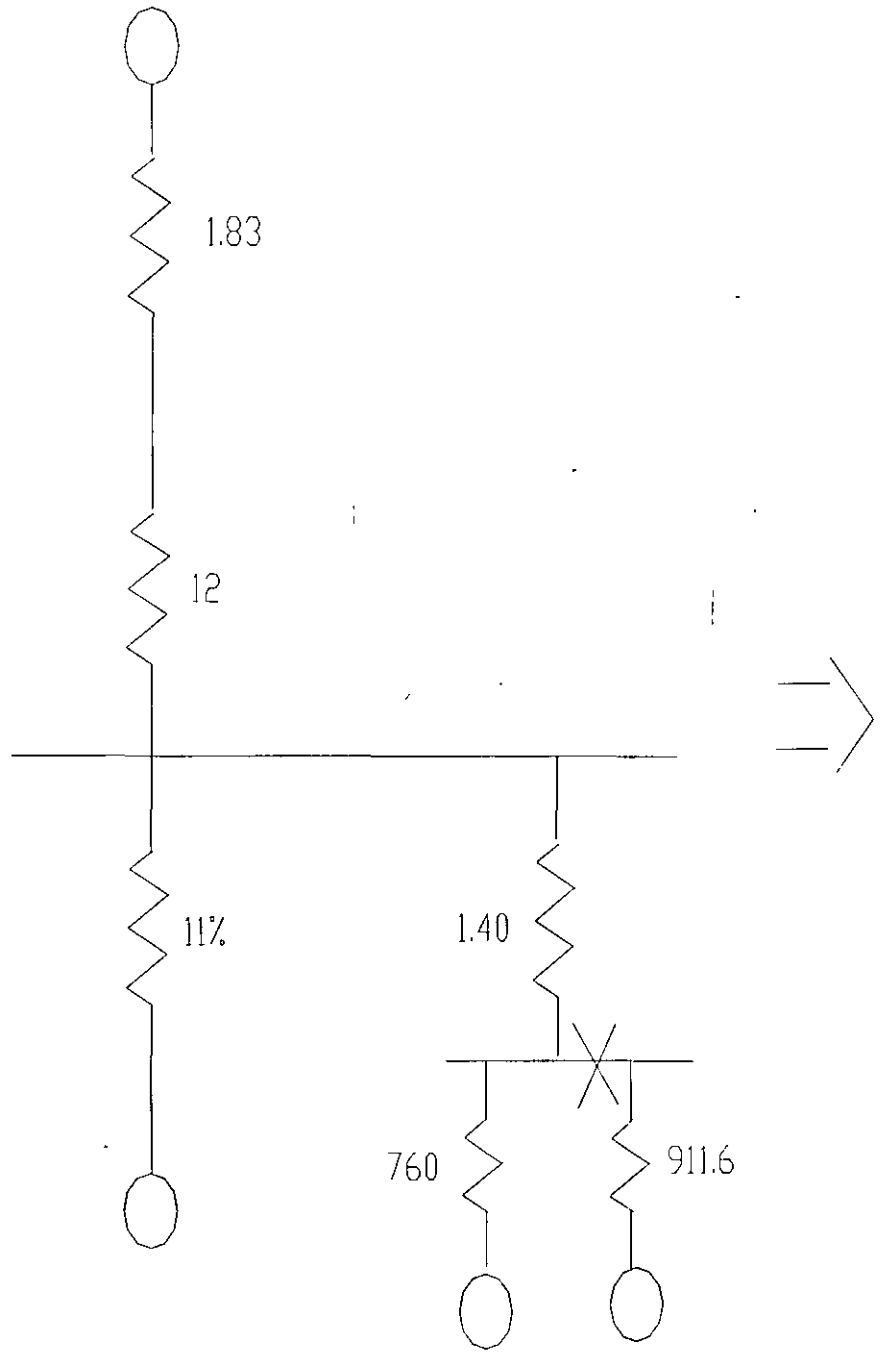
- Para los 10 motores de 250 HP cada uno se puede tomar para los propósitos del estudio de corto circuito un motor equivalente de:

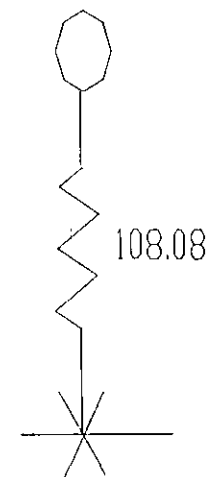
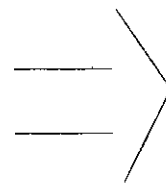
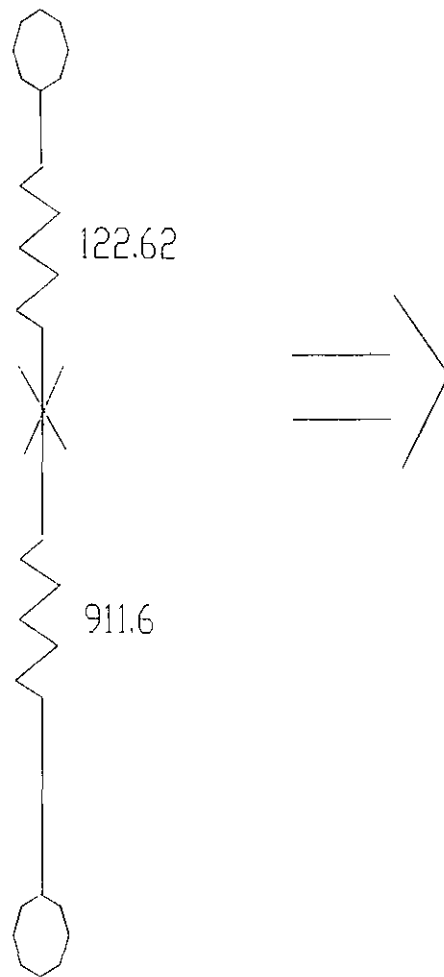
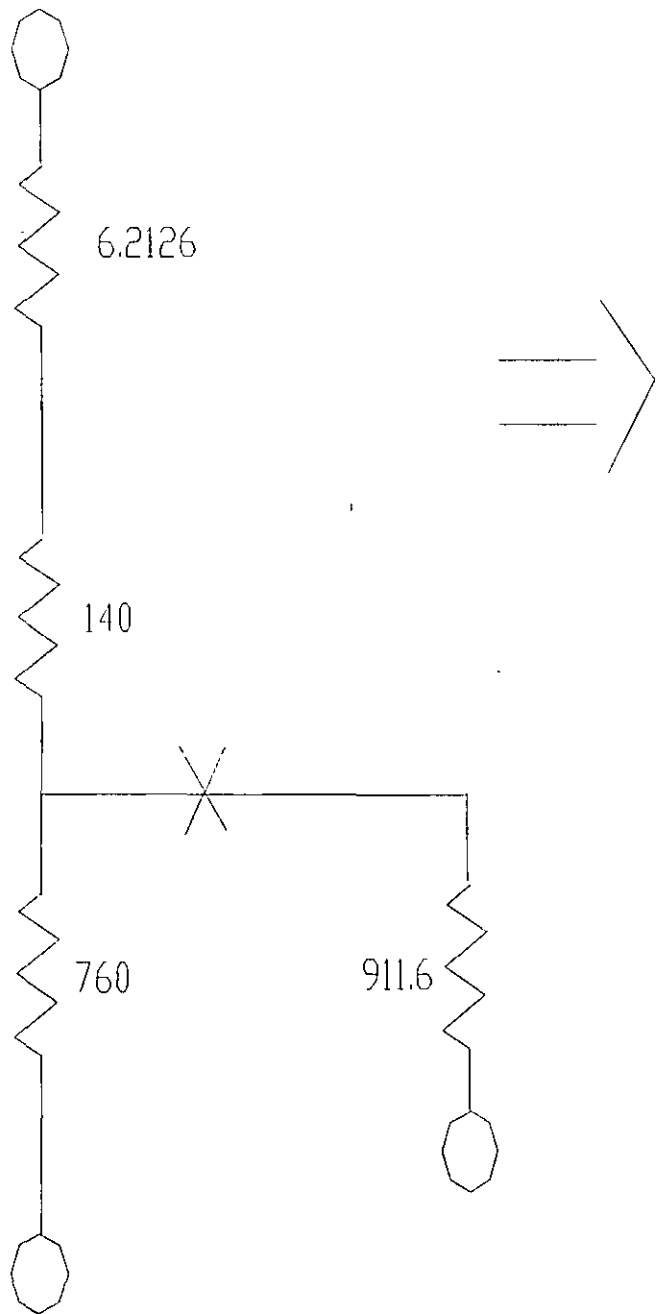
$$10 \times 250 = 2500 \text{ HP.}$$

- Que considerando un factor de potencia de 0.85 tendrán una potencia nominal de:

$$S_b = 0.746 \times 2500 / 0.85 = 2194.11 \text{ KVA}$$

- $K_M = (I_n/5I_n)/2.194 \times 100 = 9.116 \text{ \%/MV}$
- El diagrama de impedancias para la localización de la falla es el siguiente: (refiriendo los valores calculados a una base de 100 MVA).





- La corriente de corto circuito simétrica:

$$I_{cc} = 100,000 / (\sqrt{3} * 4.16 * 1.0808)$$

$$I_{cc} = 12.8506 \text{ kA}$$

- La potencia de corto circuito simétrica:

- $S = 100,000 / 1.0808$

$$S = 92.59 \text{ MVA}$$



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

VIII.- SUBESTACIONES USADAS EN TRANSMISION PARA EDIFICIOS.

a).- SUBESTACIONES RECEPTORAS.

b).- SUBESTACIONES DERIVADAS.

En el empleo de 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 es lo que se conoce con el nombre de "SUBESTACION ELECTRICA", Cumpliendo con todos los arts. del 65 al 76 del Cap. X que trata sobre Plantas generadoras y Subestaciones. DEFINICION Y CLASIFICACION DE SUBESTACIONES. (R.O.I.E.)

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

DEFINICION.

Una subestación eléctrica no es mas que un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc), tipo C.A. a C.C., o bien conservarla dentro de ciertas características.

RELACION ENTRE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS, LINEAS DE TRANSMISION Y CENTRALES GENERADORAS.

Los voltajes de generación en las Centrales Generadoras por razones técnicas (aislamiento, enfriamiento, etc) son relativamente bajos en relación a los voltajes de transmisión, por lo que si la energía eléctrica se va a transportar a grandes distancias estos voltajes de generación resultarían antieconómicos debido a la gran --

Caída de voltajes que se tendría, de aquí se presenta la necesidad de transmitir la energía eléctrica a voltajes mas elevados que resulten mas económicos.- Por ejemplo si se va a transmitir energía eléctrica de una central generadora a un centro de consumo que está situado a 1000 Km. de distancia será necesario elevar el voltaje de generación que su ordeneros de 13.8 Kv. a otro de transmisión mas conveniente que subordenos de 110 kv. como se ilustra en la fig. 1.

Para poder elevar el voltaje de generación de 13.8 kv. al de transmisión de 110 kv. se hace necesario el empleo de una S.E. "A".

Suponiendo que la caída de voltaje en la línea de transmisión fuera cero volts tendríamos en el centro de consumo 110 kv., es claro que este voltaje no es posible emplearlo en instalaciones industriales y aun menos en comerciales y residenciales, de aquí se desprende la necesidad de reducir el voltaje de transmisión de 110 kv. a otro u otros mas convenientes de distribución en centros urbanos o de consumo, por tal razón será necesario emplear otra subestación eléctrica B como se ilustra en la fig. 3.

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

FIGURA N° 1

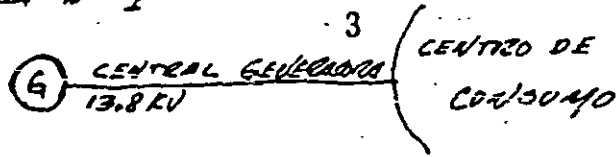


FIGURA N° 2

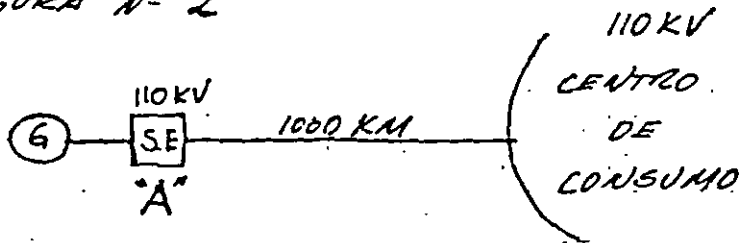
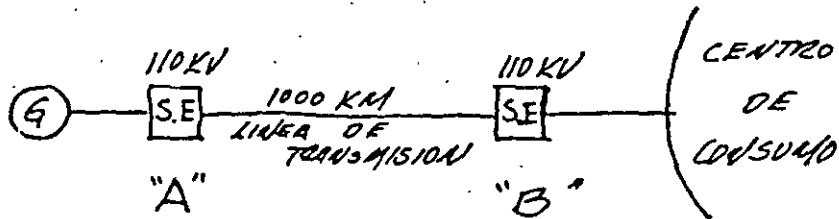


FIGURA N° 3



CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.

Es difícil hacer una clasificación precisa de las subestaciones eléctricas pero de lo anteriormente estudiado, podemos hacer la siguiente clasificación.

- a) POR SU OPERACION. 1.- De corriente alterna
2.- De corriente continua
- b) POR SU SERVICIO. 1.- Primarias: Elevadores
Receptoras Reductoras
De enlace o distribución
De Satcheo
Convertidoras o
Rectificadoras.
2.- Secundarias: Receptoras; Reductoras
Elevadoras
Distribuidoras
De enlace
Convertidoras o
Rectificadoras.
- c) POR SU CONSTRUCCION. 1.- Tipo Intemperie
2.- Tipo Interior
3.- Tipo Blindado.

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA SUBESTACION.

Los elementos que constituyen una subestación se pueden clasificar en elementos principales y elementos secundarios.

ELEMENTOS PRINCIPALES.

- 1.- Transformador.
- 2.- Interruptor de Potencia
- 3.- Restaurador
- 4.- Cuchillas fusible
- 5.- Cuchillas Desconectadoras y Cuchillas de Prueba
- 6.- Abertureros
- 7.- Tableros
- 8.- Condensadores
- 9.- Transformadores de Instrumento

ELEMENTOS SECUNDARIOS.

- 1.- Cables de Potencia
- 2.- Cables de Control
- 3.- Alumbrado
- 4.- Estructura
- 5.- Herrajes
- 6.- Equipo contra incendio
- 7.- Equipo de filtrado de Aceite
- 8.- Sistema de Tierras

En nuestro caso hablaremos sobre las subestaciones usadas principalmente en las instalaciones para los edificios.

Subestaciones compactas, para servicio interior o interperie.

Las subestaciones eléctricas, tienen por objeto transformar, la alta tensión que las compañías suministradoras de energía (C.F.E. y/o Cia de Luz) proporcionan a un precio más barato, a tensiones usuales en la industria, las instituciones o el comercio.

Antiguamente las subestaciones eran un dispositivo molesto, voluminoso, ocupaban mucho espacio, eran peligrosas y generalmente al usuario le repugnaban. Actualmente se usan las subestaciones unitarias, que son compactas, no presentan peligro, son fáciles de instalar, de mover de lugar, ampliar y tienen un valor de recuperación mayor que las del tipo antiguo. (subestaciones abiertas).

El costo actual aproximado de una subestación compacta es del 50 a 75% del valor de una subestación abierta del tipo antiguo.

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

Las diferentes partes que componen una subestación normal son:

ACOMETIDA. - Es el lugar en que se hace la conexión en alta tensión a la subestación. En esta sección, cuando se compra energía a la C.F.E. y/o Cia de Luz, se hace la medición del consumo.

VERIFICACION DE MEDIDORES.- SECCION DE VERIFICACION.- Es la seccion que sirve para comprobar el buen funcionamiento de los medidores de la cia. suministradora. Esta seccion anteriormente, a la reorganización de las compañías era obligatoria, por pedirlo así la Dirección General de Electricidad (de la S.C.). En la actualidad se hace como en otros países más adelantados: se verifican los aparatos de medición antes de instalarlos o se comprueba el consumo y la demanda máxima en baja tensión, agregando un 2% por pérdidas en los transformadores. Por las razones expuestas, ahora se hace la comprobación de medidores solamente a solicitud del usuario, así como incluir en la subestación la seccion de verificación es opcional por parte del cliente, siempre que este acepte por escrito, que en caso de comprobación de los medidores se le interrumpa el servicio unos 20 ó 30 minutos. Con la seccion de verificación, no es necesaria esta interrupcion, ya que se cuenta con cuchillas desconectadoras que transfieren la línea normal a un circuito donde se instalan previamente aparatos de medición, sin necesidad de interrumpir el servicio.

Cuando quitamos la celda de verificación que normalmente consta de 3 juegos de cuchillas tripolares operación sin carga; dos de estas cuchillas tripolares son para la verificación, y la otra cuchilla tripolar es para mantener la continuidad o aislar la continuidad en la subestación eléctrica. Como se verá para cumplir con el reglamento de obras e instalaciones en vigor nunca debe suprimirse esta cuchilla tripolar operación en grupo sin carga, llamada cuchilla de paso.

En una temporada fue usual suprimirla, pero cuando se deseaba darle mantenimiento al resto de la subestación nos encontramos con el problema de estar solicitando libranzas a las compañías suministradoras; y al suprimirla estábamos violando infrascriptamente el reglamento (R.O.I.E.).

INTERRUPTORES.- Esta seccion tiene por objeto que el usuario pueda interrumpir en un momento dado, ya sea manualmente o automáticamente la totalidad del servicio eléctrico. La interrupción puede ser voluntaria para ampliaciones, reparaciones o en accidentes, o bien, puede ser automática por sobre carga o cortos circuitos que pueden ser dañinos para los transformadores y el resto del equipo.

DESCONECTADORES.- Los desconectadores, son para abrir un circuito, con fines de separarlo o modificarlo. No tienen protección de sobrecarga ni corto circuito, ni tienen capacidad de apertura con carga, por eso, antes de abrir un desconectador, hay que quitar la carga. Los desconectadores naturalmente son más baratos que los interruptores.

FUSIBLES.- Cuando un circuito se requiere proteger por sobrecarga, se usan los fusibles. Por ejemplo: a una subestación con varios transformadores, se le puede colocar un interruptor general y derivado de este, se ponen varios juegos de 3 fusibles para proteger cada transformador. Este procedimiento, aunque abarata la instalación tiene el inconveniente, de que una falla o desconexión voluntaria del interruptor general, paraliza todo el sistema.

ESPACIOS LIBRES.- Estos son gabinetes vacíos o que en algunas ocasiones se dejan instalados las barras alimentadoras. Se usan, cuando

dos o más transformadores grandes se montan atrás de los gabinetes y hay que ampliar los espacios requeridos. En otras ocasiones son en reserva de algún otro equipo que en el futuro se desee montar.

Si los transformadores se montan en el mismo eje de la subestación, el arreglo entre las celdas de interrupción con su transformador, a la otra celda de interrupción con su transformador se hace por medio de ductos horizontales.

TRANSFORMADORES.— Como su nombre lo indica es la sección donde se convierte la energía suministrada en alta tensión para los voltajes nominales 6, 13.2, 20/23 y 34.5 kv., a las cuales se les denomina respectivamente de clase 7.5, 15, 25 y 34.5 kv. en alta tensión, a baja tensión, utilizable en los aparatos de consumo 440, 220/127.5 volts. Los transformadores tienen bobinas que son aisladas y enfriadas por el aceite contenido en un tanque provisto de radiadores. Son trifásicos, conexión en alta tensión en delta y baja tensión en estrella con neutro accesible, para los circuitos de alumbrado. En el circuito de alta tensión o primario se instalan derivaciones, que pueden cambiarse por medio de una palanca, sin estar energizado en transformador; las derivaciones son para poder ajustar en alta tensión las diferencias que pueda haber en los voltajes suministrados por las compañías suministradoras; son normalmente dos derivaciones del 2 1/2 % de la tensión nominal para ajustar arriba y dos para ajustar abajo. Como todo aparato eléctrico, que se alimenta con electricidad, el transformador sufre un calentamiento. Este calentamiento normal es de 55°C sobre una temperatura ambiente máxima de 40°C.

El enfriamiento es más efectivo en regiones con presiones barométricas altas. Los transformadores normalizados están diseñados para regiones de 1000 metros sobre el nivel del mar (1000 M.S.F.M.) Es naturalmente no quiere decir que no funcionan bien en otros lugares, sino hay que tomar un punto de referencia estandarizado, ya que sería imposible diseñar transformadores para cada lugar de la tierra con diferentes temperaturas y presiones barométricas. Los transformadores normalizados en México son para 60 ciclos por segundo.

Para subestaciones unitarias los transformadores vienen dotados con gargantas o ductos laterales en los lados opuestos, donde se alojan las terminales tanto de alta como de baja tensión.

La capacidad de los transformadores se mide en Kilovoltamperes.

Pueden fabricarse transformadores con características diferentes de las normales anteriormente indicadas, pero resultan mucho más caros y con frecuencia las alteraciones o innovaciones son inútiles.

CLASIFICACION GENERAL DE SUBESTACIONES COMPACTAS NORMALIZADAS

Las subestaciones compactas normalizadas, de una manera general, se fabrican con las siguientes características:

INTERIOR.— Para ser montadas en el interior de un edificio, bajo cubierta sin que se vean afectadas por la lluvia, la humedad o cualesquiera otros agentes físicos que las perjudiquen. Se fabrica como lámina de 2.1 mm. (1/16") de espesor.

ESTERIOR (O SEMIESTERIO).— Para ser montadas a la intemperie, directamente sobre una plataforma de concreto y expuestas a la lluvia, el sol y golpes ocasionales. Se fabrica con lámina más gruesa, de

3.2 mm. (1/8"), con tenchos inclinados, puestas con empaque de hule y sin dejar expuestos aparatos o elementos de control.

FRECUENCIA.- En la República Mexicana tenemos 60 Hz. normalizados.

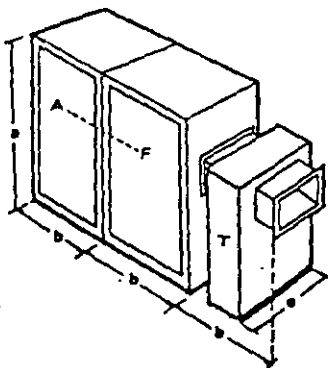
TENSIONES.- Las tensiones a las que tienden a normalizar las compañías suministradoras son 13.2, 22.9 y 34.5 kv., sin embargo aún hay otras tensiones que poco a poco van a desaparecer, como son 6,000 volts. Las tensiones 2.4, 4.16 y 6 kv. se usan para distribución industrial de carácter privado.

CAPACIDADES: Las capacidades de las subestaciones que fabricamos de una manera normal, son de 45, 75, 112.5, 150, 225, 300, 500, 750 y 1000 kva. Estas son con un solo transformador, sin embargo pueden combinarse varios transformadores en una sola subestación, haciéndola de capacidad mayor con el equipo estándar.

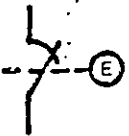
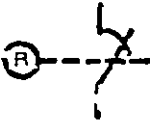




TABLA No. 1.—COMPONENTES NORMALES Y OPCIONALES DE UNA SUBESTACION COMPACTA.



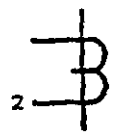
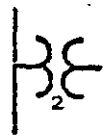

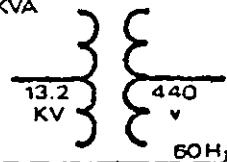
| COMPONENTE. | ESPECIFICACIONES | | GABINETE |
|----------------------------|--|--|----------|
| | NORMAL | OPCIONAL | |
| ACOMETIDA. | Para Conexión y Medición de la Cta. de Luz. | Aparatos de Mufa Potamuros. | A |
| VERIFICACION DE MEDIDORES. | Para poder comprobar, a solicitud del Cliente, los Medidores sin interrumpir el servicio. | Aparatos de Medición. Transformadores de Potencial y Corriente. | B |
| INTERRUPTOR. | Interruptor en Aire, apertura con carga, fusibles de A.C.I., Operación manual. | Interruptor en Aceite. Operación Eléctrica. Operación por relevadores. | C |
| DESCONECTADORES. | Desconectador en aire, tripolar, operación manual. | Cuchillas desconectoras, operación por pértiga. | D |
| FUSIBLES. | Fusibles de alta capacidad interruptiva (A.C.I.). Operación manual por pértiga. | Fusibles de baja capacidad interruptiva. Operación por pértiga. | E |
| ESPACIO. | Gabinete que se deja libre para futura ampliación o permitir una adecuada separación de los transformadores. | Especificar el equipo. | F |
| TRANSFORMADOR. | Trifásica, enfriamiento por aceite, 4 derivaciones de 2.5%, elevación de temperatura 55/40°C a 1000 M.S.N.M. Ductos laterales. | Tipo Seco. Contactos para señales. Ventilación forzada. | T |

| TABLA No. 2.—DIMENSIONES DE GABINETES Y TRANSFORMADORES. | | | | | | |
|--|----------------------------|------------|------------|--------------|------------|------------|
| GABINETE | DIMENSIONES EN CENTIMETROS | | | | | |
| | 24 a 15 KV. | | | HASTA 25 KV. | | |
| | a ALTO | b ANCHO | c FONDO | a ALTO | b ANCHO | c FONDO |
| A | 240 | 110/150 | 120/200 | 260 | 200 | 200 |
| B | 240 | 150/150 | 120/150 | 260 | 150 | 200 |
| C | 240 | 130/150 | 120/150 | 260 | 150 | 200 |
| D | 240 | 110/150 | 120/150 | 260 | 150 | 200 |
| E | 240 | 110/150 | 120/150 | 260 | 150 | 200 |
| F | 240 | Variable | 120 | 260 | Variable | 200 |
| T | TRANSFORMADORES. | | | | | |
| 45-112.5 KVA MAXIMO | 150 | 145 | 145 | 200 | 150 | 170 |
| 150-500 KVA MAXIMO | 170 | 160 | 225 | 200 | 170 | 240 |
| 750-1000 KVA MAXIMO | 180 | 180 | 260 | 230 | 190 | 260 |



| 3.—SIMBOLOS PARA DIAGRAMAS UNIFILARES. | |
|--|--|
| ACOMETIDAS: | |
| Por medio de mufa. | |
| Por medio de pasamuros. | |
| Por medio de tubo. | |
| INTERRUPTORES: | |
| Interruptor sin fusibles | |
| Interruptor con fusibles | |
| Fusibles solos | |

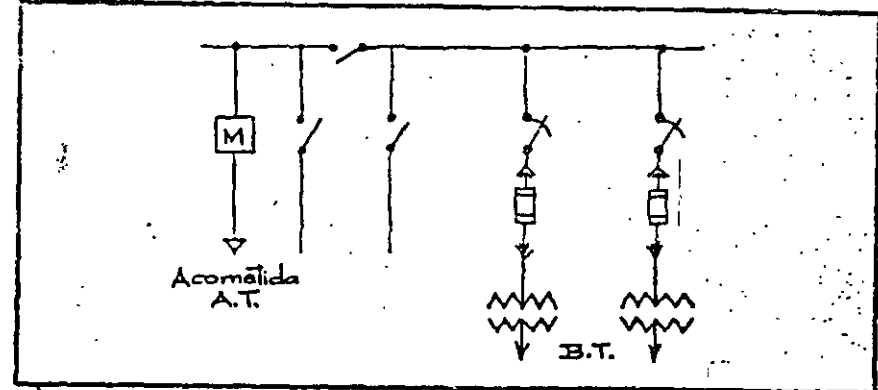
| | |
|--|---|
| Operación eléctrica |  |
| Operación por relevador |  |
| DESCONECTOR O CUCHILLAS DESCONECTORAS. |  |
| MEDICIONES | |
| Equipo de Medición de la Cta. de Luz |  |
| Wattmetro |  |
| Wathorimetro (Medidor) |  |

| | |
|---|--|
| Ampérmetro |  |
| Vóltmetro |  |
| Transformador de Corriente (El número indica la cantidad de transformadores) |  |
| Transformador de Potencial (El número indica la cantidad de transformadores) |  |
| Conmutador. |  |
| TRANSFORMACION. | |
| Transformador de Distribución o de Potencia. (Los números indican sus principales características) | <p>500 KVA</p>  |

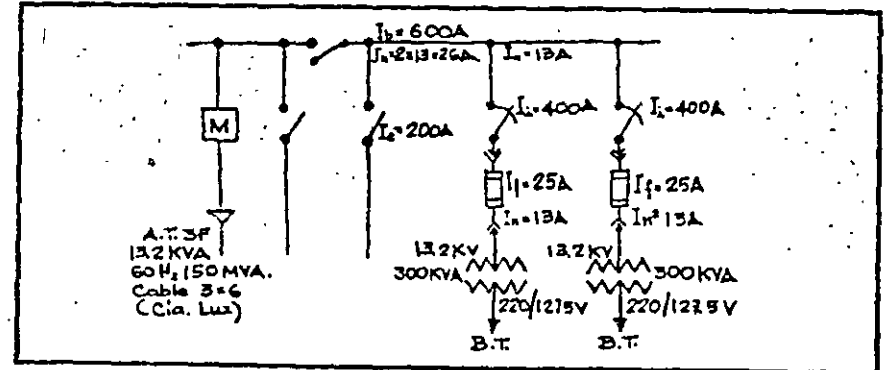
| TABLA No. 3.—CARACTERISTICAS ELECTRICAS PRINCIPALES DE LAS SUBESTACIONES NORMALES. | | | | | |
|--|------|------|-------------|-----------|--------|
| TRANSFORMADOR | | | INTERRUPTOR | | BARRAS |
| KVA | KV | AMP. | MVA | AMP. FUS. | AMP. |
| 50 | 2.4 | 13 | 100 | 25 | 400 |
| | 4.16 | 11 | 100 | 25 | |
| | 6 | 5 | 150 | 10 | |
| | 13.2 | 2 | 150 | 6 | |
| | 23 | 1 | 1000 | 4 | |
| 75 | 2.4 | 18 | 100 | 40 | 400 |
| | 4.16 | 10 | 100 | 25 | |
| | 6 | 7 | 150 | 16 | |
| | 13.2 | 3 | 150 | 6 | |
| | 23 | 2 | 1000 | 4 | |
| 112.5 | 2.4 | 27 | 100 | 63 | 400 |
| | 4.16 | 16 | 100 | 40 | |
| | 6 | 11 | 150 | 25 | |
| | 13.2 | 5 | 150 | 10 | |
| | 23 | 3 | 1000 | 6 | |
| 150 | 2.4 | 36 | 100 | 63 | 400 |
| | 4.16 | 21 | 100 | 40 | |
| | 6 | 15 | 150 | 40 | |
| | 13.2 | 7 | 150 | 16 | |
| | 23 | 4 | 1000 | 10 | |
| 225 | 2.4 | 54 | 100 | 100 | 400 |
| | 4.16 | 31 | 100 | 63 | |
| | 6 | 22 | 150 | 40 | |
| | 13.2 | 10 | 150 | 25 | |
| | 23 | 6 | 1000 | 16 | |
| 300 | 2.4 | 72 | 100 | 100 | 600 |
| | 4.16 | 42 | 100 | 100 | |
| | 6 | 29 | 150 | 63 | |
| | 13.2 | 13 | 150 | 25 | |
| | 23 | 8 | 1000 | 16 | |
| 500 | 6 | 48 | 150 | 100 | 600 |
| | 13.2 | 22 | 150 | 40 | |
| | 23 | 13 | 1000 | 25 | |
| 750 | 6 | 72 | 150 | 100 | 600 |
| | 13.2 | 33 | 150 | 63 | |
| | 23 | 19 | 1000 | 40 | |
| 1000 | 6 | 96 | 150 | 160 | 600 |
| | 13.2 | 44 | 150 | 100 | |
| | 23 | 25 | 1000 | 63 | |

4.—COMO DISEÑAR UNA SUBESTACION UNITARIA.

1°—Haga un diagrama unifilar sencillo de la subestación tal como la tenga pensada.



2°—Ponga en el diagrama los datos de suministro de la Cia de Luz y los valores normales del equipo (Ver Tabla No. 3).

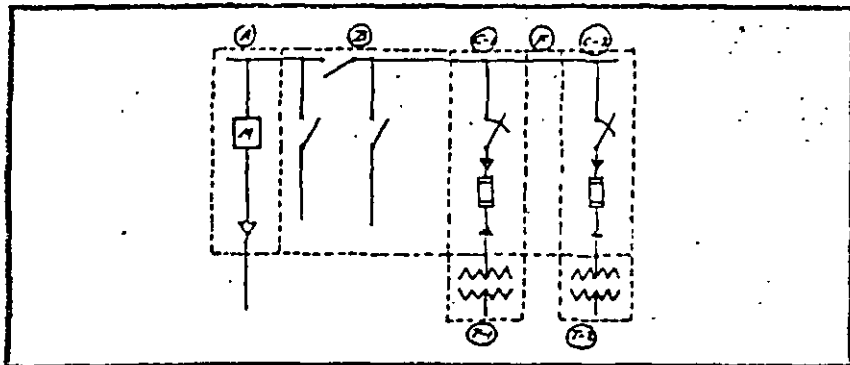


La capacidad de las cuchillas, de las barras y de los interruptores, son generalmente bastante más grandes que las corrientes normales, para asegurar, según su construcción (separación entre fases y aisladores), que los esfuerzos me-

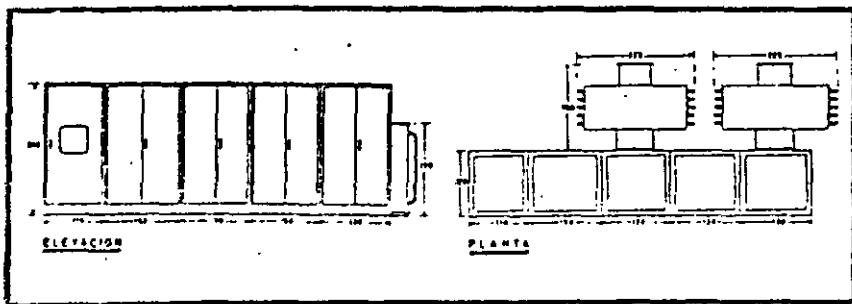
cánicos no serán perjudiciales en caso de cortos circuitos. La capacidad de los desconectores generalmente es de 200A, la de los interruptores de 400A, y de las barras de 400, 600 ó 1200A, según el tamaño de la subestación.

3°—Elija el gabinete normal para cada componente de la subestación, encerrando con rectángulos cada grupo (Ver Tabla No. 1).

Póngase una letra y un número, si el mismo equipo se repite. En nuestro ejemplo sería A, B, C-1, F, C-2, T-1, T-2.

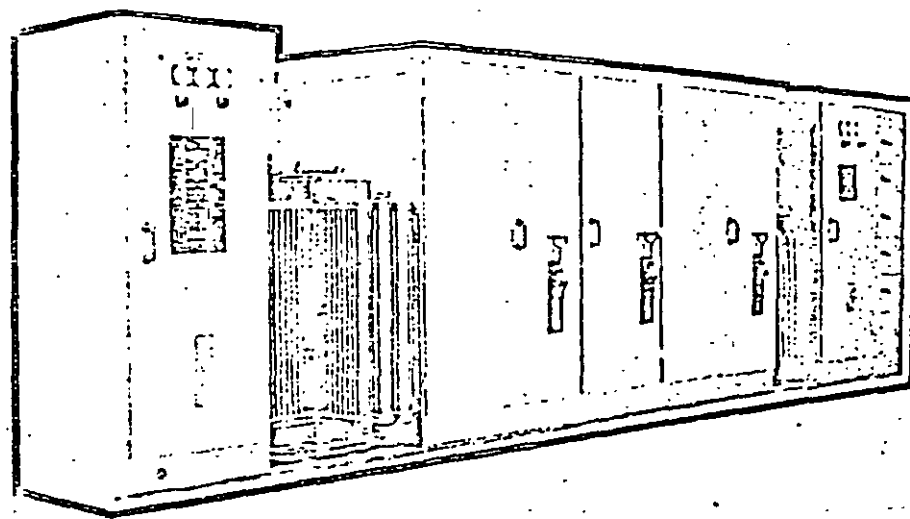


4°—Con los elementos anteriores pueden darse medidas a la subestación completa, según la Tabla No. 2.



5°—Hay componentes que son opcionales, que no son esenciales para el buen funcionamiento de la subestación, pero que en determinados casos son útiles. Entre otros, se encuentran los instrumentos de medición, la operación eléctrica y disparo automático con diversos relevadores de los interruptores. Los apartarrayos son útiles en subestaciones o la intemperie, cuando

la Cia. de Luz no los pone en su poste de acometida. En la tabla No. 1, está el equipo opcional, correspondiendo a la sección de la subestación en que generalmente se instalan. Cuando se instalan instrumentos de medición en la sección de Verificación de Medidores, lo normal es que ya no se pongan las cuchillas de prueba.



**DOS CÁMERAS MAS BARATAS DE OBTENER ENERGIA ELECTRICA MAS
BARATA EN SU INDUSTRIA O EN SU EDIFICIO.**

I.- Las compañías suministradoras tienen dos tarifas: una a baja tensión; tarifa no. 2 Servicio general hasta 40 kw. de carga conectada o la tarifa no. 3 Para servicio general para más de 40 kw. de carga conectada.

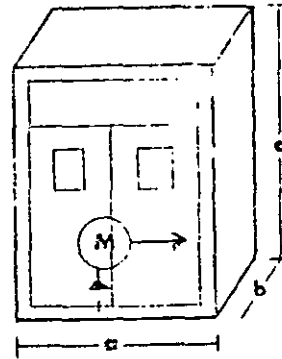
Y la otra a alta tensión que puede ser la tarifa no. 9 hasta 4500 kw. y la tarifa no. 12 para servicios de 5000 kw. o más a tensiones de 66 kv. o superiores.

II.- Manteniendo en sus instalaciones un factor de potencia igual o mayor de 85%.

Si este factor que mide mensualmente la compañía suministradora es menor, le cobrará al usuario un sobrecargo que resulta de dividir 85% entre el factor de potencia medido el cociente aunque sea mayor de 7 como máximo será esta cantidad la que multiplique al costo de la factura. Para librarnos de este recargo se necesita instalar un banco de capacitores.

Las tarifas generales de las compañías suministradoras ya sea que las soliciten a las mismas o se adquiriera el diario oficial del 15 de noviembre de 1976; también recomendamos al solicitar un nuevo servicio o aumento de carga aparte del costo de la obra eléctrica que realizan las compañías suministradoras hay que pagar una cantidad por el llamado régimen de cuotas que varía según las zonas del país (I, II, III) y la tarifa que se aplique al servicio.

SECCION I-MEDICION.-



| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|------|----------------------------|-----|-----|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 200 | 200 | 260 |
| 34.5 | 250 | 280 | 300 |

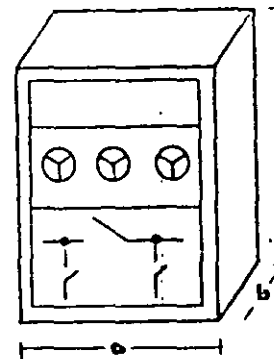
GABINETE .-

Esta sección denominada MEDICION, está destinada a alojar el equipo de medición en alta tensión de la compañía suministradora de energía eléctrica. Esta sección es la que recibe la energía y la tomamos como punto de partida para definir el SENTIDO de la subestación denominándose IZQUIERDAS ó DERECHAS cuando las subsecuentes secciones se vayan adosando al costado izquierdo de ésta sección ó viceversa en el segundo caso.

EQUIPO.-

Este gabinete se suministra vacío de fábrica con objeto de alojar el equipo de medición - indicando anteriormente y unicamente se proporcionen las zapatas en los buses de las fases y barra de tierra para poder efectuar las conexiones correspondientes.

SECCION II- VERIFICACIONES.-

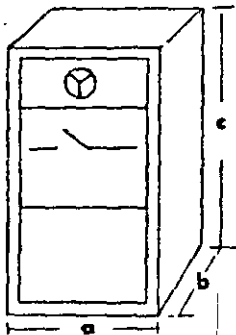


GABINETE.-

Esta sección denominada VERIFICACION, está destinada a alojar el equipo de verificación a la compañía suministradora de energía eléctrica para hacer verificaciones ó pruebas de su equipo de medición sin tener necesidad de interrumpir el servicio al usuario.

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|------|----------------------------|-----|-----|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 150 | 200 | 250 |
| 34.5 | 280 | 250 | 300 |

SECCION II-C.- CUCHILLA



EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica con tres - juegos de cuchillas tripolares de operación en - grupo sin carga montadas y conectadas de acuerdo con el diagrama unifilar.

GABINETE.-

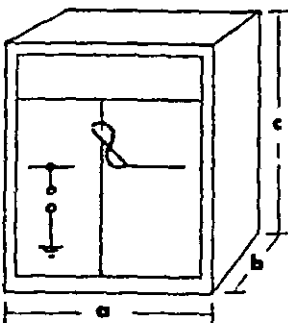
Esta sección denominada CUCHILLAS, está destinada a alojar el equipo de desconexión que permita a la compañía suministradora efectuar verificaciones ó pruebas a su equipo de medición pero no necesariamente con la interrupción del servicio.

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|------|----------------------------|-----|-----|
| | a | b | c |
| 15 | 50 | 150 | 240 |
| 25 | 50 | 200 | 250 |
| 34.5 | 150 | 280 | 300 |

EQUIPOS.-

Esta sección se suministra de fábrica con un juego de cuchillas tripolares de operación en grupo sin carga, montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar.

SECCION III-S.- INTERRUPTOR



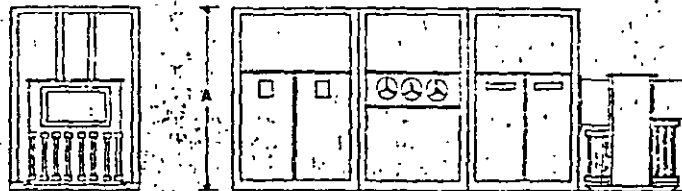
GABINETE.-

Esta sección denominada INTERRUPTOR, está destinada a alojar el equipo de protección en alta tensión

EQUIPO.-

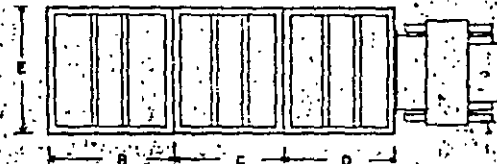
Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar.

GABINETES



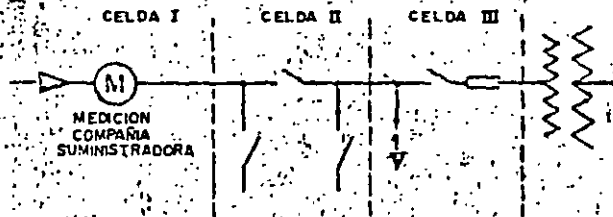
PERFIL

FRETE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTAN LOS KV. NOMINALES

| | | |
|-------------------|---------------------|------------------------------|
| MODELO * ID3NTLSI | | ACOTACIONES EN HOJAS No. 374 |
| SERVICIO | SENTIDO | TRANSFORMADOR |
| INTERIOR | IZQUIERDA + DERECHA | COLINEAL |

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|------|----------------------------|-----|-----|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 150 | 200 | 260 |
| 34.5 | 200 | 200 | 300 |

Tres apartarrazos tipo autoválvula
Un Seccionador en aire baja carga, tripolar operación manual, montaje fijo, servicio interior, completo con tres fusibles de alta capacidad interruptiva con mecanismo de disparo en los tres polos automáticamente al fundirse cualquiera de los fusibles, con tres relés de sobrecorriente y palanca de operación, marca SIEMENS, tipo H251.

SECCION III-D.- INTERRUPTOR

GABINETE.-

Esta sección es similar a la anterior variando únicamente el tipo de seccionador, las dimensiones del gabinete coinciden con las de la III-S.

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar.

Tres apartarrazos tipo autoválvula
Un seccionador en aire baja carga, tipo autoneumático, tripolar de operación manual, montaje fijo, servicio interior, completo con tres fusibles de alta capacidad interruptiva, con mecanismo de disparo automático en los tres polos al fundirse cualquiera de los fusibles, con tres relés de sobrecorriente y palanca de operación, marca DELLE, tipo RFG ó similar.

SECCION III-M. INTERRUPTOR

GABINETE.-

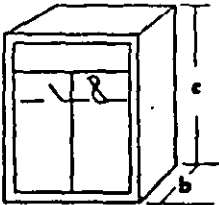
Esta sección es similar a la anterior variando únicamente en el equipo de protección el cual ÚNICAMENTE se puede ofrecer para las subestaciones en 25 KV, las dimensiones del gabinete coinciden con las de la III-S.

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar:

Tres apartarrazos tipo autoválvula
Un interruptor en volumen reducido de aceite montaje fijo, marca MECSA, fabricado bajo licencia de MAGRINI M.S.M., tipo 20MG/750/800, con 750 MVA de capacidad interruptiva a voltaje nominal, 800 amperes con mando tipo 8-14 manual, provisto de dos relés tipo SA de la capacidad adecuada, con disparo voluntario con bobina de envío de corriente ó disparo automático con bobina de no voltaje, completo con palanca de operación.

SECCION IV-CUCHILLAS-FUSIBLES



GABINETE.-

Esta sección denominada CUCHILLAS-FUSIBLES, está destinada a alojar al equipo de protección en alta tensión para circuitos derivados siempre y cuando exista un interruptor general.

| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|------|----------------------------|-----|-----|
| | a | b | c |
| 15 | 150 | 150 | 240 |
| 25 | 150 | 200 | 260 |
| 34.5 | 200 | 200 | 300 |

Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo, montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar:

Un juego de cuchillas tripolares, de operación en grupo sin carga

Tres bases portafusibles, unipolares, con sus respectivos fusibles de alta capacidad interruptiva.

(Fusible mayor de 50 Am.
consultar a M.E.C.S.A.)

SECCION V-A.- ELECTRODUCTO AEREO

GABINETE.-

Esta sección denominada ELECTRODUCTO AEREO, está destinada a interconectar secciones que estén acopladas a otros equipos que por tener un ancho mayor que la sección impiden el acoplamiento directo.



| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|------|----------------------------|-----|-----|
| | a | b | c |
| 15 | X | 85 | 45 |
| 25 | X | 100 | 50 |
| 34.5 | X | 160 | 100 |

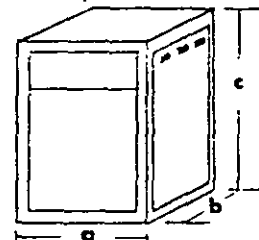
EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica únicamente con sus correspondientes tramos de buses de las fases y barra de tierra.

SECCION V-P.- ELECTRODUCTO DE PISO

GABINETE.-

Esta sección denominada ELECTRODUCTO DE PISO, tiene la misma función que la sección anterior, excepto que, con la variante de que es autoportada directamente sobre el piso y sus dimensiones de ancho y altura coinciden con las de las secciones a las cuales va acoplada.



| KV | ACOTACIONES EN CENTIMETROS | | |
|------|----------------------------|-----|-----|
| | a | b | c |
| 15 | X | 150 | 240 |
| 25 | X | 200 | 260 |
| 34.5 | X | 280 | 300 |

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica únicamente con sus correspondientes tramos de buses de las fases y barra de tierra.

COMBINACIONES USUALES DE LAS SECCIONES

Las Subestaciones marca MECOSA, estan formadas por la combinación de las secciones descritas anteriormente de acuerdo con las necesidades particulares de cada cliente.

Con objeto de poder identificar las subestaciones de acuerdo con las combinaciones más usuales de las secciones, se han establecido nomenclaturas formadas también por una combinación de dígitos y letras en la siguiente forma:

- 1- Los primeros dígitos indican el voltaje nominal de operación de la subestación por la cual unicamente pueden ser: 15, 25 ó 34.5
- 2- La siguiente letra nos indica el sentido de la subestación, según vayan aumentando las secciones a partir de la acometida, ya sea hacia la izquierda ó hacia la derecha, por lo cual ésta letra unicamente puede ser I ó D respectivamente.
- 3- El (los) siguiente (s) dígito (s) nos indica el número de secciones de que se compone la subestación.
- 4- La siguiente letra nos indica si la subestación es NORMAL o ESPECIAL, de MEDICIÓN, VERIFICACION e INTERRUPTOR, siendo la ESPECIAL la que constituye por cualquier otra combinación, por lo que ésta letra unicamente puede ser N ó E

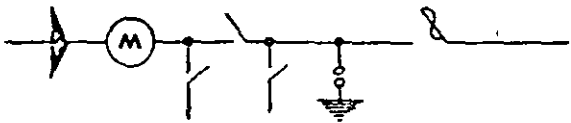


DIAGRAMA UNIFILAR

- 5- Las letras finales nos indican el tipo de servicio de la subestación, que unicamente puede ser INTERIOR ó EXTERIOR, por lo que, éstas letras serán SI ó SE según el caso.

Como ejemplo ilustrativo de lo anteriormente descrito, vamos a identificar una subestación normal para 25 KV, con 3 secciones, con sentido derecho para servicio exterior:

25
D
3
N
SE
①
②
③
④
⑤

TABLA DE SELECCION DE USABLES Y RELEVADORES

| POTENCIA NOMINAL SUB-EST. | SECCIONADOR CON USABLES SIEMENS | | RIPLO USABLES | | MARCA "DILLE" | | INTERRUPTOR-MECOSA* | | |
|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--|--|--|---------------------|-------|-------|
| | TENSION DE SERVICIO 11-2 KV | SECCIONADOR CON USABLES SIEMENS | TENSION DE SERVICIO 11.2KV | TENSION DE SERVICIO 20/23 KV, CORRIENTE DEL RELE Y USABLES | TENSION DE SERVICIO 20/23 KV, CORRIENTE DEL RELE Y USABLES | TENSION DE SERVICIO 11.2KV, CORRIENTE DEL RELE Y USABLES | | | |
| 100 | 16 | 1000 | 10/14 | 10 | 500 | 6.3/10 | 1000 | 5/10 | 5/10 |
| 150 | 21 | 1000 | 10/17.2-4 | 16 | 500 | 10/13 | 1000 | 5/10 | 5/10 |
| 200 | 27 | 1000 | 10/19.1-2 | 16 | 500 | 10/13-6 | 1000 | 5/10 | 5/10 |
| 250 | 33 | 1000 | 10/21.6 | 16 | 500 | 10/23-6 | 1000 | 5/10 | 5/10 |
| 300 | 40 | 1000 | 20/24 | 20 | 500 | 10/23-6 | 1000 | 10/20 | 10/20 |
| 350 | 47 | 1000 | 20/28 | 20 | 500 | 10/23-6 | 1000 | 10/20 | 10/20 |
| 400 | 53 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 20/26 | 1000 | 20/40 | 10/20 |
| 450 | 60 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 20/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 500 | 67 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 550 | 73 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 600 | 80 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 650 | 87 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 700 | 93 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 750 | 100 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 800 | 107 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 850 | 113 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 900 | 120 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 950 | 127 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |
| 1000 | 134 | 1000 | 23/17.5 | 25 | 500 | 23/32 | 1000 | 20/40 | 20/40 |

NOTAS:

- 1.- El accionador SIEMENS en línea referencias de sobrecorriente primaria, solo tres usables con C.I.S. de 1000 MVA
- 2.- El portafusible DILLE lleva tres relevadores sobrecorriente y tres fusibles con C.I.S. de 500 MVA ó 1000 MVA
- 3.- El interruptor en bajo voltaje de marca MECOSA, lleva dos ó tres relevadores sobrecorriente, no necesita fusibles, ya que su los requiere para su operación, se parte con una bobina de apertura y control remoto ó una bobina de apertura por bajo voltaje a tensiones 1-7/20/25/40/40 volt.
- También se puede usar interruptores automático (consultar precio) 20KV/750 MVA simétricos, 800 Amperios nominales

C.I.S. - Capacidad interruptiva Simétrica
 Interruptor "MECOSA" Interruptor en bajo voltaje de acción tipo 20KV/750 MVA simétricos, 800 Amperios nominales.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

SISTEMAS DE GENERACIÓN ELECTRICA DE EMERGENCIA

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ORDÓÑEZ LEZAMA
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

**INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS
E INDUSTRIAS**

**SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA DE
EMERGENCIA**

ING. SERGIO ORDOÑEZ LEZAMA

SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA DE EMERGENCIA E ININTERRUMPIBLES.

1.- INTRODUCCION

Requisitos

Aplicaciones y Confiabilidad

2.- UTILIZACION

3.- DESCRIPCION DE CADA SISTEMA

A. Servicio Continuo

B. Servicio de Emergencia

C. Sistemas C.D. (Baterías)

C' Sistemas de Potencia Ininterrumpible (NO BREAK) o (UPS's) e Inversores

D. Sistemas Generación Combinada y Co-generación

4.- CALCULOS PARA SELECCIÓN

Cargas por alimentar

Tipo de carga

Componentes de una Planta Eléctrica

Tablas y Gráficas

Ponenta: Ing. Sergio Ordóñez Lezama
Director del Grupo Pisa
PROYECTOS INDUSTRIALES, S.A. DE
C.V.

SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA EN EMERGENCIA

1. INTRODUCCION

En esta época de modernización en que la Industria se inclina a la automatización; las fábricas robotizadas; los edificios inteligentes, etc., no se concibe una instalación inadecuada que no prevea las características para que el suministro de energía eléctrica sea adecuado y no se interrumpa.

Desde el punto de vista de Proyecto, construcción y operación de instalaciones electromecánicas, es necesario tomar conciencia de que es lo que se está manejando con los sistemas de generación eléctrica y en particular, en los de emergencia.

La importancia de una buena selección, una buena instalación y la correcta operación y mantenimiento de estos sistemas es indispensable para asegurar la continuidad del suministro eléctrico.

En toda instalación eléctrica se cuenta con:

- a) Fuente de suministro eléctrico.
- b) Instalaciones para su distribución.
- c) Equipo que utiliza la energía.

Si además toda instalación eléctrica debe ser flexible, confiable, segura, accesible, etc., debemos analizar cuáles son las características y las necesidades del equipo y circuitos alimentados y actuar en consecuencia desde el momento de hacer el proyecto.

Por ejemplo, si en una industria se producen cables extruido para muy alta tensión, cualquier suspensión del servicio puede arruinar toda la producción o también, si en una sala de cine o teatro existe el peligro de accidentes por aglomeración durante un apagón, debe planearse la solución adecuada analizando el costo – beneficio respectivo.

Así mismo podrán mencionarse otros ejemplos y hacerse otras preguntas:

- ¿ Se cuenta con energía eléctrica adecuada y confiable en el lugar cercano a la instalación?.

- ¿ Hay algún circuito que se tenga que abastecer siempre, porque fallando la energía se tengan pérdidas considerables?.
- ¿ En caso de emergencia pueden perderse vida o causarse accidentes?.
- ¿ Se tendrá problemas por perderse información valiosa en computadoras, sincronía en rastreadoras de satélites o detalles semejantes?.

Conforme a esto, debemos estar concientes del tipo de carga que se tiene y dar la mejor solución técnico-económica a cada problema específico y, para ello, se hace necesario conocer las diversas alternativas de suministro eléctrico para poder escoger entre ellas.

2. UTILIZACION

EJEMPLO DE EQUIPOS Y SISTEMAS QUE REQUIEREN SUMINISTRO ELECTRICO CONTINUO.

- Elevadores de pasajeros.
- Elevadores de camillas en hospitales.
- Montacarga y elevadores de automóviles.
- Alumbrado de emergencia en edificios, fábricas y almacenes de departamentos.
- Alumbrado de salidas de seguridad (salas públicas, etc).
- Quirófanos de hospitales.
- Bombas de agua potable, cárcamos y contra incendio.
- Pistas de aterrizaje.
- Salas de cómputo.
- Motores para algún servicio especial.
- Hornos y equipos similares.
- Refrigeración de sangre, sueros reactivos, etc.
- Microondas y rastreadores de satélites.
- Circuitos de seguridad.
- Etc.

| CARACTERÍSTICAS | | DE SUMINISTRO ELÉCTRICO | | | | USUAL | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|----------------------------|----------------------------------|---|----|---------------|
| SISTEMA | SERVICIO | CONFIABILIDAD TMEF (hrs) (MTBF) | ORDEN DE TIEMPO DE INTERRUPT. (OTIE) | PERMANENCIA EN SERVICIO | ORDEN DE CAPA- CIDAD KW | EQUIPO | | |
| | | | | | | Hi | D | H |
| Ministerio Social (Gob. + Gobernaciones) | Continuo (Varias Plan- tas). | 200/2000 | Minutos/Horas | Años | Millones | Te | Tu | Co |
| | | | | | | Geo | | H |
| Gen. Propia | Continuo (Respaldo otra unidad) | 500/2000 | Minutos/Horas | Años | 100-10,000 ó más | Hi | D | |
| | | | | | | Te | Tu | |
|) Gen. Propia | Emergencia | 2000/10,000 | 3-5 seg. ó más (arranque) | Minutos | 20 - 500 ó más | D | | Ca |
|) Baterías (c.c.) Bats. Ni Cd | Emergencia | 9000/50,000 100,000/200,000 | 0.25 seg. | Minutos | 0.1 - 10 (so- lo corr. Cont.) | Bat. Plomo Acid | | Bat. Alcalina |
|) SPI/MGV* | Continuo | 6000/8000 | - 0 - | Sems. | 30 - 7. | MS con Volante Planta ó Respaldo. | | |
|) SPI* (Off Line) | Emergencia | 8000/10,000 | 0.15 | Meses 10-30 min. | 0.25-1 | Eq. Electrónico Batería. | | |
|) SPI* (On Line) | Continuo | 15,000/50,000 | - 0 - | Meses (Bat. 15 min.) | 1-500 | Equipo Electrón ico + Batería. (Respa do Planta). | | |
|) SPI* (On Line) Con redundancia | Continuo (Respaldo) | 60,000/100,000 ó más | - 0 - | Meses Bat. 15 min. | 1 - 500 (x2 ó x3) | Eq. Eléct. + Bat. (C paldo, otras SPI + Planta). | | |

*) Abreviaturas: SPI - Sistema de Potencia Ininterrumpible MGV = Moto Generador con Volante E = Electrónica
TMEF - Tiempo Med. entre fallas (Hr) (MTBF)
Hi - Hidráulico D - Diesel N - Nucleoeléctrico
Te - Termoeléctrico Ca - Gasolina Co - Eólica
Geo - Geotérmica Tu - Turbina M - Maremotriz

Fig. 1

CORTESIA DE:

PI SA

PROYECTOS INDUSTRIALES, S.A. de C.V.

Por la importancia y prioridad, el suministro eléctrico se divide en:

- Servicio Normal (todo lo que puede aceptar interrupción ocasional sin graves daños).
- 3ª. Emerg. o Prioridad "C" (entrada ocasional o conveniente) (manual).
- 2ª. Emerg. ó Prioridad "B" (Inmediata tan pronto se disponga y/o diferido después de lo esencial).
- 1ª. Emerg o Prioridad "A" (interrupción mínima o ninguna).

Dentro de los equipos electrógenos, cabe hacer la distinción siguiente, según su forma de operar y su utilización:

A.- Plantas Eléctricas de Servicio Continuo.

B.- Plantas Eléctricas de Emergencia.

C.- Sistemas de CD por batería.

C'. Sistemas de Potencia Ininterrumpible (SPI) (en inglés UPS o Sistema "No Break"). E Inversores (IPS) .

D.- Sistemas de Generación combinados industriales y/o co-generación.

En los incisos A) y B), podemos definir como Planta Eléctrica toda aquella máquina que nos proporciona energía eléctrica de ciertas características, mediante un generador impulsado por un motor primo que transforma un cierto energético en potencia mecánica.

En cuanto a los incisos C) y C'), se refieren a equipos que deben abastecer de inmediato la demanda de cargas críticas y para ello se cuenta con energía almacenada en baterías, efecto volante cinético (ya casi sin uso) u otros medios como equipos independientes conectados permanentemente en paralelo, que al presentarse la falla del suministro, toman la carga correspondiente.

En todos estos equipos la importancia de la confiabilidad es básica según veremos más adelante.

Los Sistemas Industriales D) tienen varias formas de aprovechar su generación y obtener subproductos o economía, como veremos adelante.

3. DESCRIPCION DE CADA SISTEMA

Para analizar los sistemas de generación eléctrica descritos, comenzaremos por analizar sus características:

A) PLANTAS DE SERVICIO CONTINUO

En términos generales, las plantas de servicio continuo, son aquellas que suministran energía para:

- a) Venta y distribución del fluido.
- b) Accionar equipos particulares en lugares donde no existe el suministro público o éste es deficiente, insuficiente o de diferentes características a las que se requieren.

Para las primeras que se citan, generalmente se requieren estudios y especificaciones muy especiales y complejos, ya que la venta y distribución de energía, están sujetas a una serie de normas y requerimientos gubernamentales para asegurar, no solo la continuidad y suficiencia del servicio, sino la buena calidad del mismo y detalles que en el presente estudio sería imposible agotar. Sin embargo, al describir las segundas, se esbozan algunas características y estudios que para el primer caso sería necesario ampliar.

Una planta particular de servicio continuo, es aquella en que la operación de la misma se requiere por un período largo, ya sea a plena carga o parcialmente y, dependiendo de esto, las condiciones del calentamiento y desgaste del motor primo, así como el consumo y aprovechamiento de combustible o energía mecánica, deben estudiarse en forma particular.

Aquí la relación COSTO DE GENERACION / KILOWATT-HORA, tiene una influencia importante en la selección del equipo.

El costo de generación depende del costo de combustibles, vapor, etc., que se consuman y del costo de operación, mantenimiento y reparaciones, así como de la amortización del equipo; por lo que, un balance entre todos éstos, permite escoger aquel que dé las condiciones más económicas y funcionales.

B) PLANTAS ELECTRICAS DE EMERGENCIA

Como su nombre lo indica, el suministro de energía eléctrica en algunos casos, es indispensable para afrontar condiciones de falla y peligro, ya sea porque se pierda o dañe una producción determinada o porque se ponga en peligro vidas, otros bienes, etc.

En el caso de hospitales u otras aplicaciones en que se amenaza la vida humana, pueden considerarse las plantas de emergencia como un Salvavidas. De aquí la importancia de poner una gran atención no solo a la buena selección, adquisición e instalación de la misma, sino mantener con gran acuciosidad y esmero todas las características que aseguren su buena operación.

Una planta de emergencia esta diseñada para operar durante períodos relativamente cortos, ya que se supone que el suministro general de energía eléctrica, se hace cargo de la demanda normal y solamente al fallar ésta, se requiere un sustituto para algunas cargas y, por consiguiente, en lugares con buen suministro eléctrico, una planta de emergencia llega a operar solo unas cuantas horas por año, aún sumándole los tiempos de ejercitación semanal que se aconsejan.

En otras ocasiones, la operación es más intensa, pero aún así, el diseño de una planta de emergencia es básicamente diferente a la de servicio continuo.

(Considérese que el precio actual de una planta de emergencia fluctúa entre \$220 y \$150 dólares/Kw)

De no hacerse una buena selección, podemos cometer alguna LAMENTABLE omisión en algo que precisa de una verdadera meditación y aplicación de los conocimientos a nivel INGENIERIA con la consecuente RESPONSABILIDAD en ello. Una planta eléctrica en buenas condiciones debe arrancar en aproximadamente 5 a 10 segs., incluyendo los movimientos del interruptor de transferencia. Durante este lapso no hay energía en la carga. Si esto afecta, deben considerarse otras soluciones adicionales.

C) SISTEMA DE C.D.

CA-CD. Este es un sistema de almacenamiento en Corriente Directa mediante baterías, que permite la reposición del suministro eléctrico a lámparas incandescentes y para aparatos que aceptan esta corriente, mediante una pequeña interrupción (0.050 – 0.125 segs.) que generalmente es imperceptible para el ojo humano y se utiliza para la iluminación de quirófanos en hospitales o de tiendas comerciales o como indicación de salidas de emergencia, etc.

La reposición de la energía así consumida, se hace al volver el suministro normal de CA, mediante rectificadores regulados automáticamente.

C') SISTEMAS DE SERVICIO DE POTENCIA ININTERRUMPIBLE (SPI).

En los casos en que ciertas cargas críticas se ven afectadas por cualquier interrupción, aunque ésta sea de una fracción de segundo, se utilizan los SPI, cuyo objetivo principal es eliminar cualquier interrupción en momentos en que desaparezca el suministro normal.

Estos requerimientos generalmente se presentan en cargas menores muy especiales como: instrumental médico, equipos para aeropuertos, computadoras, plantas químicas, comunicaciones, etc.

Existen varias formas de hacerlo, dependiendo de la capacidad y de la aplicación principalmente.

a) Sistema de Motor Generador con volante (1ª. Generación).

Esto constituyó la primera generación del Sistema Ininterrumpible de Potencia (SPI) con la idea de que por algún momento, el volante acumularía la inercia suficiente durante 3 a 5 segs., para permitir que una Planta Eléctrica arrancara y así recuperar la alimentación faltante, sin embargo la pérdida de velocidad y por lo tanto la frecuencia eléctrica en la corriente alterna generada, constituyó el mayor inconveniente para equipos tan delicados como computadoras que no toleren una caída de frecuencia de más de 1% y esto, siempre que la planta de emergencia arrancara con seguridad al primer intento.

b) Sistema de motor-generador accionado por un motor de C.D. y un generador de CA pero que, además de resultar un equipo muy costoso requería un mantenimiento delicado y una inestabilidad en la frecuencia al variar la carga.

c) Sistema Motor Generador con volante y motor primo.

En este caso se presentan dos soluciones:

I. Un motor diesel acoplado a la misma flecha del conjunto MGV y, mediante un embrague, al faltarle la energía al motor eléctrico, el volante impulsa al motor diesel iniciando así su operación mecánica.

II. En otra versión el Grupo Moto-Generador_Volante, al haber una falla, impulsa eléctricamente la marcha de una planta de emergencia, sin esperar la secuencia de operación de los reles detectores y sin depender de una batería, reconectándose así el motor eléctrico.

En ambos casos, la confiabilidad de la operación depende del exacto funcionamiento del motor diesel y sus componentes y no hay un medio alternativo de suplir alguna falla. Además esas soluciones son más caras que los sistemas electrónicos y dependen más de un mantenimiento muy importante y su eficiencia es baja.

d) Unidad Electrónica Convertidor – Batería – Inversor.

En estas unidades hay también varias versiones que deben contemplarse antes de seleccionarla, de acuerdo con las necesidades.

Nos referimos a las más recientes 7ª y 8ª Generación.

Cabe hacer notar que entre los objetivos de estos equipos, está el suministrar.

- Tensión eléctrica limpia y constante.
- Frecuencia estable.
- Aislamientos de los transitorios que hay en la línea.
- Continuidad de la alimentación eléctrica durante falta de suministro normal.
- Confiabilidad.
- Memoria para registros e identificación de fallas.

Y esto se hace indispensable en cargas como:

- Procesamiento de datos en computación.
- Controles industriales y robotización.
- Centros hospitalarios (unidades de cuidado intensivo)

- Telecomunicaciones.
- Control de tráfico aéreo y terrestre.
- Señalización y sistemas de seguimiento, etc.
- Otros.

Estas unidades están compuestas como se indica en la figura 1 y 2.

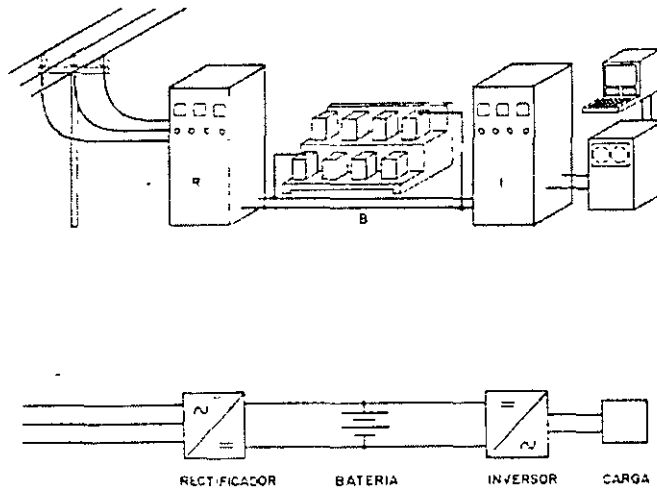


Fig. 1 y 2

La alimentación de C.A., sea monofásica o trifásica se transforma en CD mediante un RECTIFICADOR y esta energía se almacena en una batería de voltaje y capacidad adecuados, la que se mantiene saturada y con carga de flotación, habiendo avances para lograr mayor vida de las baterías.

A su vez, la línea donde se conecta la batería, abastece a un INVERSOR que es un dispositivo electrónico que convierte la corriente continua en corriente alterna (CC-CA).

Este último dispositivo es el que ha venido modificándose cada vez más para que la conversión de CC a CA sea lo más eficiente, confiable y de forma de onda, lo más próxima a una senoide.

De los distintos diseños de inversor y de su eficiencia, depende considerablemente la adecuada selección para diferentes aplicaciones.

La forma de operar puede ser EN LINEA (ON LINE) y EN ESPERA (OFF LINE), teniendo desde luego más seguridades y confianza en la primera, pero con un pequeño aumento en el costo y el consumo eléctrico. Los nuevos diseños contemplan ambos sistemas en el mismo equipo.

Cabe hacer notar que las características de una alimentación eléctrica puede presentarse con irregularidades no admisibles para el equipo alimentado, como las siguientes (Ver Fig. 3).

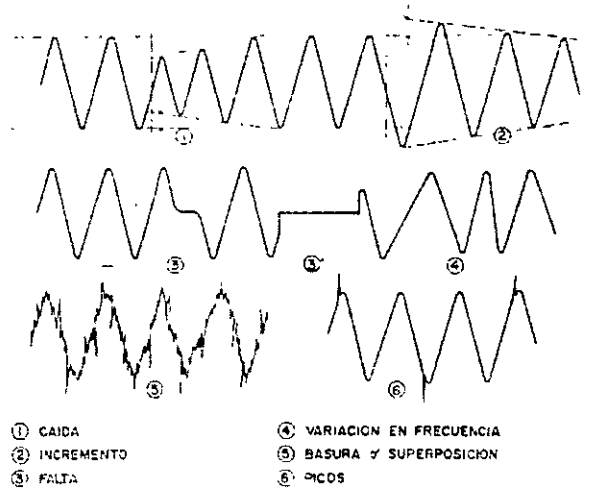


Fig. 3

El equipo que logra dar la mejor característica dentro de las tolerancias aceptable para una carga muy especial, logra calificar dentro de los recomendables para ese uso.

Es de recordarse que, si por ejemplo, en determinado momento se está pasando un programa de computación y éste se interrumpe por fracciones de segundo o considerando que las operaciones dentro de la electrónica se hacen a velocidades nona-segs., o sea millonésimas de segundo, pueden perderse datos o introducirse errores que echan a perder totalmente el programa.

Por esta razón es necesario conocer las características de los equipos confiables y dar las soluciones apropiadas.

Por otra parte, como los mismos equipos SPI son susceptibles de falla, se han previsto soluciones que permitan hacerlos confiables.

Un equipo SPI tiene una configuración como se indica, con sus respectivos interruptores de aislamiento y protección. (Ver Fig. 4)

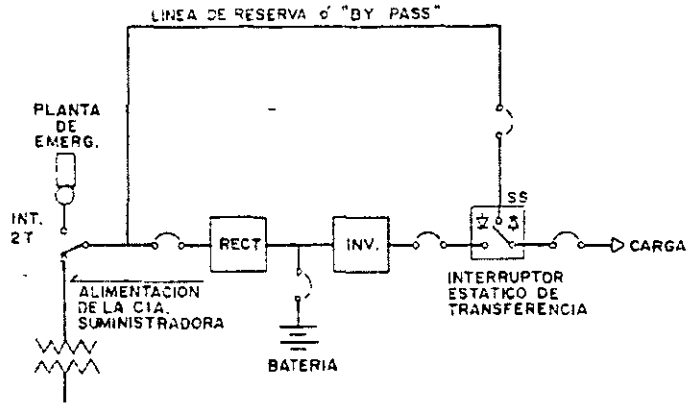


Fig. 4

La operación sobre la marcha permite que, en caso de fallar el equipo SPI o que se requiera aislarlo para mantenimiento, el interruptor estático de transferencia (SS) permite que sin ninguna interrupción, la carga quede conectada a una línea de reserva o de puente desde el bus de alimentación.

Una configuración redundante que permita todavía una mayor protección sería la siguiente:

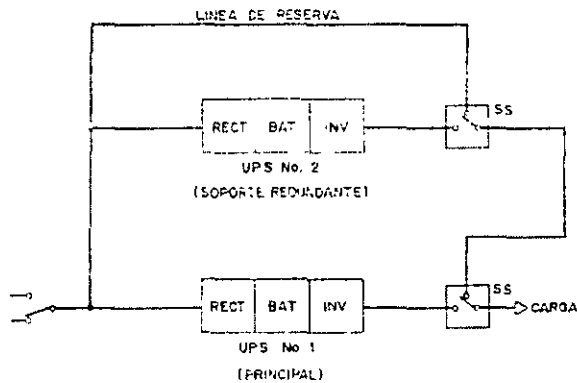


Fig. 5

En caso de tenerse más unidades pueden usarse otras configuraciones como la que se indica.

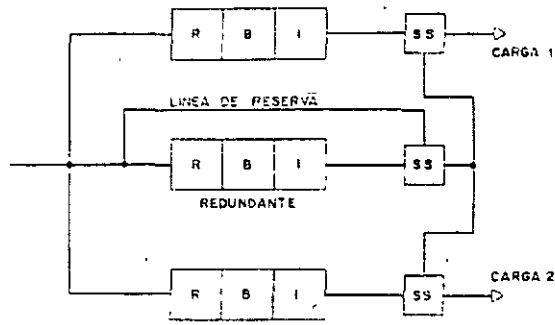


Fig. 6

En estas condiciones, la confiabilidad del conjunto de equipos, (qe pueden medirse en MTBF o sea Tiempo Medio entre Fallas), se incrementa considerablemente.

| | | | | |
|--|----|-------------------|----------------------------|--------|
| | S | Subestacion | 80'000 | 0.25 |
| | T | Transformador | 300'000 | 24 |
| | R | Rectificador | 75'000 (20) 50'000 (30) | 1 2 |
| | B | Bateria | 80'000'000'000 | 2 |
| | I | Inversor | 40'000 (25) 25'000 (30) | 2 3 |
| | SS | "Switch" Estático | 10'000 (15) 50'000 (30) | 2 3 |

Fig. 7

TMEF = Tiempo medio entre fallas (h)

TMDR = Tiempo medio de reparación (h)

A = Disponibilidad = $\frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$

λ = Indice de fallas = $\frac{1}{TMEF}$ (1/h)

P = $\frac{TMDR}{TMEF}$ Relación redundancia para

El índice de falla de un conjunto SPI trifásico por ejemplo, es la suma de los índices y falla de sus componentes:

| | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|
| $\lambda_T =$ | λ_R | $+$ | λ_B | $+$ | λ_I | $+$ | $\lambda_{SS} =$ |
| $\lambda_T = \frac{1}{50\,000}$ | $\frac{1}{100\,000}$ | $+$ | $\frac{1}{25\,000}$ | $+$ | $\frac{1}{50\,000}$ | $+$ | $\frac{1}{50\,000}$ |

$$\lambda_T = 10^{-6} (20 + 10 + 40 + 20) = 90 \times 10^{-6}$$

o sea que las probabilidades de falla en 1 hora de funcionamiento del conjunto o sistema son 90 millonésimos.

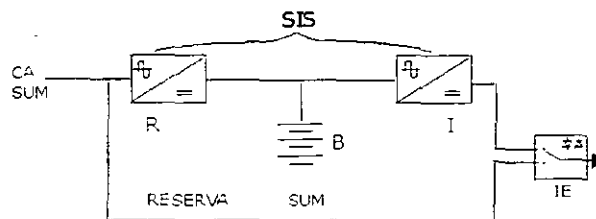
$$TNEF = \frac{1}{\lambda_T} = \frac{1}{90 \times 10^{-6}} = 11.111 \text{ h}$$

o sean 15.22 meses = 1.3

Esto nos da una idea de la confiabilidad de un equipo similar.

En el caso de varias unidades de SPI combinados la confiabilidad resulta muy alta y esto podría calcularse en base a las partes comunes y las propias del sistema y la sola adición de la línea de reserva e interruptor estático aumenta más del doble dicha confiabilidad.

Viendo la figura 8, la línea de reserva se marca SUM y un interruptor estático IE con lo cual se logra la confiabilidad antes señalada.

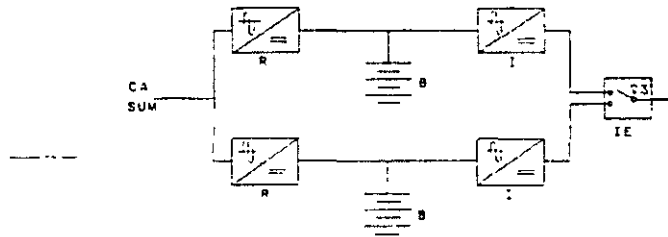


$$\lambda_T = \frac{1}{\lambda_{SIS}} + \frac{1}{\lambda_{SIS}} + \frac{1}{\lambda_{SIS}} + \frac{1}{\lambda_{SIS}} + \frac{1}{TMDRSIS} + \lambda_{IE}$$

| | | |
|------------|----------------------|--------|
| Calculando | operación monofásica | TMEF |
| TMEF para: | operación trifásica | 50 000 |
| | | 36 000 |

Fig. 8

Con dos unidades o sistema redundantes y un interruptor estático la confiabilidad nuevamente se incrementa aún más (Ver Fig. 9).



$$\lambda_T = \left[\frac{2}{\lambda_{SIS}} + \left(\frac{1}{\lambda_{SIS}} \right)^2 - \frac{1}{TMDRSIS} \right]^{-1} + \lambda_{IE}$$

Calculando TMEF para:

| | |
|----------------------|----------|
| operación monofásica | 99 500 h |
| operación trifásica | 66 000 h |

Fig. 9

Como se ve, para cargas muy críticas, podemos mencionar el rastreo y control remoto de satélites o naves tripuladas, donde una interrupción de energía o una forma de onda anormal podrían introducir errores que llevarían a resultados fatales en la misión planeada al salirse de órbita o perderse su control.

Después de revisar someramente los equipos usuales, podemos analizar las características de los equipos actuales. Por ejemplo:

La forma de operar de un equipo como un UPS o una computadora, tan sofisticado como en la actualidad lo permiten los adelantos electrónicos, da lugar a tener aparatos o sistemas estáticos muy confiables, de alta eficiencia, inteligentes y fáciles de operar y protegerse; avisar detalles que ponen en peligro la información o la operación, etc., así como alta seguridad para las personas, para los equipos mismos y los resultados, además de ser silenciosos. Todo esto puede además monitorearse y/o ajustarse a través de MODEM y líneas telefónicas y con un Puerto RS 232.

Por lo que respecta a su instalación, cabe hacer notar que en equipos con cargas NO LINEALES, como los circuitos modernos, la instalación del NEUTRO, requiere una particular atención.

Por causa de las armónicas impares, especialmente los múltiplos de 3, se tiene que dimensionar el calibre del NEUTRO hasta en 1.73 veces la corriente normal por fase de la carga NO LINEAL.

Esto se debe a que aún con cargas balanceadas las armónicas impares múltiplos de 3 se suman y regresan por el NEUTRO, pudiendo llegar a esos valores.

En el Reglamento para Instalaciones y el N.E.C., aparece ya este requisito.

Por otra parte, debe considerarse que las plantas de emergencia que alimentan un SPI (UPS), computadoras, rectificadores, “dimmers”, etc., con cargas NO LINEALES, deben sobredimensionarse por causas de las armónicas y para estabilidad de la operación.

Se recomienda que por lo menos, el generador de la planta que alimenta Sistemas Ininterrumpibles de Potencia, sea de 1.5 a 2 veces como mínimo, aunque el motor primo sea el normal.

Sin embargo, si la planta eléctrica alimenta otras cargas y por ello el generador es mayor, no necesita aumentarse más que la diferencia. Ejemplo: Si el UPS es de 100 KVA pero hay cargas de emergencia de otros 40 ó 60 KVA, el generador puede ser de 150 ó 160 KVA, siempre y cuando no se requiera sobredimensionarlo por causa de arranque de motores u otras razones.

Por lo que respecta al Regulador de Voltaje del generador de la planta, éste debe ser de características especiales para que no se descontrole con las señales provenientes de los alimentadores, cuando éstos tienen una carga NO LINEAL, que provoca “ruido” eléctrico y contamina el disparo de los SCRS.

Si un regulador normal se “aloca”, puede provocar sobre-voltajes de 150 ó 200% que perjudican a la carga misma.

Por esta razón será INDISPENSABLE un regulador de amplificación magnética o similar o filtros adecuados en el circuito sensor pues tanto el equipo generador como el alimentado, pueden perjudicarse.

C” INVERSORES (IPS)

Con la misma idea de funcionamiento de los SIP (Sistemas Ininterrumpibles de Potencia), (UPS), los Inversores o IPS resultan una solución menos costosa y de más prolongado respaldo para dar energía eléctrica ante las fallas de suministro que se presentan y sin la sofisticación propia de aquellos equipos que como UPS buscan no solo cubrir la falta de energía sino una protección y serie de avisos como el estado de carga de las baterías y envío de señales para cerrar cálculos en una computadora u otros equipos y evitar pérdidas de datos antes de apagarse.

En los IPS que son menos sofisticados pero mas robustos, se diseña el equipo para aceptar cargas y transientes como los arranques de motores de un refrigerador o bomba de agua, aspiradoras, etc., además de equipos tan potentes como un horno de microondas.

Generalmente su potencia es relativamente pequeña 500 a 5000 W., pero por ahora son equipos monofásicos y su utilización es principalmente doméstica o para pequeños talleres, oficinas, consultorios, etc., pero pueden sostener el servicio eléctrico por varios minutos u horas, según el tamaño de las baterías que lo soportan.

En el cálculo del tiempo de respaldo de baterías, podemos poner el siguiente ejemplo

| CONSUMO | TIPO DE ENSERES COMUNES EN EL HOGAR |
|----------|-------------------------------------|
| 60-100 W | Bombillas o focos |
| 100-125 | Computadoras. |
| 200— | Televisor a color |
| 400 | Batidora o Licuadora. |
| 600 | Refrigerador. |
| 1200 | Horno de Microondas. |
| 800 | Operador eléctrico de puertas |

Considerando que el IPS tenga una eficiencia aproximada de 85%, se necesitan 700 Watts de Batería para cubrir 600 W de consumo, al convertir la corriente directa en corriente alterna.

Por otra parte, un alto nivel de potencia reduce la eficiencia del equipo, debido principalmente a las resistencias internas del equipo, así como de las propias baterías. Por tanto, las pérdidas a 2000 Watts van a ser 4 veces mayores que a 1000 Watts.

Por lo anterior se recomienda reducir preferentemente los consumos a un 60 o 75% de la capacidad total.

Tomando como ejemplo de cálculo:

- a.) Un refrigerador operando c/20 minutos o sea 8 horas /día con un consumo de 600 W., $600 \times 8 \text{ hs.} / 1000 = 4.8 \text{ Kw} - \text{hr.}$

b.) Televisor a color $200 \text{ W} \times 2 \text{ hrs}/1000 = 0.4 \text{ Kw -hr.}$

c.) Microondas $\frac{1200 \text{ W} \times 15 \text{ min.}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}/60\text{min}}{1000} = 0.300 \text{ Kw - hr}$

d.) Batidora $800 \text{ W} \times 15 \text{ min} (1 \text{ hr}/60\text{min})/1000 = 0.200 \text{ Kw - hr.}$

e.) 5 focos $\times 60 \text{ w} \times 5 \text{ hrs}/1000 = 1.5 \text{ Kw - hr.}$

f.) Un operador eléctrico de puertas $800 \times 8 \times 15 \text{ seg} \times (1\text{hr}/3600 \text{ seg})/1000 = 0.026 \text{ Kw - hr.}$

Consumo total

| | |
|----------------------|-----------------------|
| a.) Refrigerador | 4.8 Kw - hr. |
| b.) Televisor | 0.4 Kw - hr. |
| c.) Microondas | 0.3 Kw - hr. |
| d.) Batidora | 0.2 Kw - hr.. |
| e.) Focos | 1.5 Kw - hr, |
| f.) Operador Puertas | <u>0.026</u> Kw - hr. |
| g.) | 7.226 Kw - hr. |

Como se ve, el mayor consumo es el del refrigerador por el tiempo que está operando en el transcurso del día, en cambio el microondas que es la mayor carga momentánea, solo opera unos minutos en el día y un operador de puertas eléctricas que solo opera por segundos, consume muy poca energía.

h.) Aplicando la eficiencia al consumo (85%) se requiere $8.62 \text{ Kw - hr./ día.}$

Si suministramos un banco de 4 baterías de 12 V y 225 Amh c/u.

Energía = $V \times \text{Amh} = 4 \times 12 \times 225 = 10800 /1000 = 10.8 \text{ Kw -hr.}$

Con esta batería, podemos cubrir no solo 24 hrs. del consumo calculado, sino 30 hrs. dentro de lo cual debemos cuidar principalmente el consumo del refrigerador, procurando no tenerlo abierto demasiado tiempo.

Si el IPS se utiliza solo en emergencias cortas, su batería puede ser relativamente pequeña.

Si el IPS va a utilizarse en una camioneta para "Camping" u otra aplicación similar, es conveniente prever alguna forma de recuperar la carga de la batería como podría ser, el mismo alternador de la camioneta.

Igualmente en alguna casa de campo, podrían usarse celdas fotovoltaicas o un cargador eólico, pero como no siempre hay viento o puede estar nublado con poca luz de día, debe preverse una batería mayor o una pequeña planta eléctrica.

D) SISTEMAS DE CO-GENERACION, "TOTAL ENERGY" Y "NO BREAK" INDUSTRIAL.

Estos sistemas buscan resolver problemas de generación eléctrica a nivel industrial, con fines económicos o de estabilidad y/o aseguramiento de la calidad del producto, etc.

Generalmente se busca generar energía eléctrica y tener algún subproducto adicional o viceversa

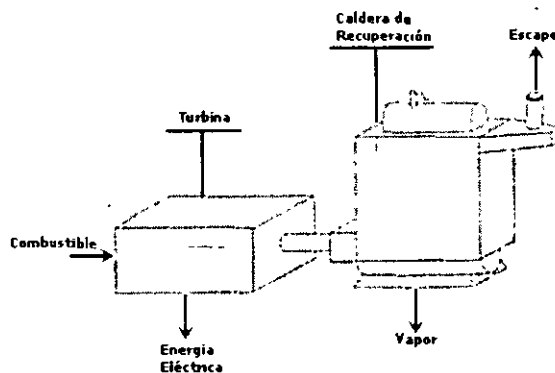


Fig. 10

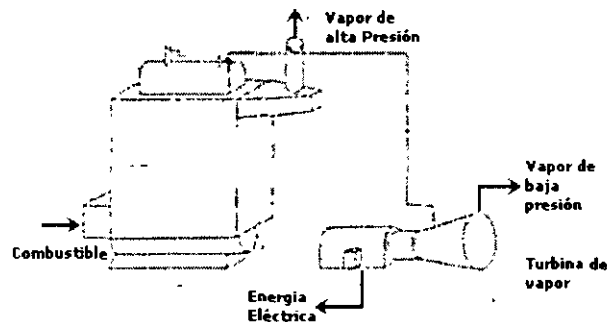


Fig. 11

Dado que la generación eléctrica de vapor puede tener demandas diferentes en los procesos, generalmente se cuenta con un respaldo eléctrico parcial a través de la empresa pública y también se cuenta con caldera o quemadores adicionales para suplir la falla en vapor o calor, etc.

Ante estas condiciones se busca que los procesos más importantes tengan como alimentación principal la propia generación y como emergencia a la compañía suministradora mediante circuitos de transferencia automáticos. (Ver Fig., 12).

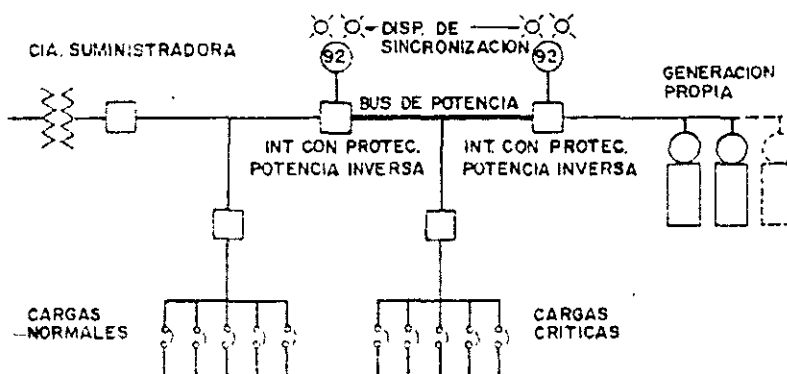


Fig. 12

Ante una situación como se describe, la carga crítica puede funcionar sin interrupción como con un SPI ya que, al fallar energía en el suministro normal, éste se desconecta automáticamente del Bus de potencia constante y lo mismo, al fallar la generación propia se desconecta su interruptor dejando las cargas críticas alimentadas con la compañía suministradora.

4. CALCULO PARA SELECCIÓN.

Primeramente se necesita seleccionar cuidadosamente las cargas que conviene incluir en el sistema de 1ª., 2ª., ó 3ª., etc., emergencias tomando en cuenta que la inversión necesaria en cada caso tiene costos muy diferentes.

Un equipo "No Break" por ejemplo, tiene aproximadamente un precio 5 veces mayor que una planta de emergencia y mientras el primero sostiene la carga aproximadamente 20 minutos, la planta puede usarse varias horas y hasta días.

Por lo anterior, es indispensable seleccionar los equipos que verdaderamente requieren una alimentación ininterrumpible y luego, proteger este equipo y las demás cargas críticas, con una planta de emergencia.

La instalación proyectada debe estar preparada para esta serie de circuitos.

Cabe considerar que cuando las cargas en emergencia incluyen motores grandes, conviene analizar si se separan el "NO BREAK" y algunas cargas ligeras en una planta y los motores y/o cargas pesadas en otra, ya que el equipo de SIP requiere frecuencia y voltaje lo más estable posible y el arranque de motores causa caídas de voltaje y frecuencia importantes.

Por lo que respecta al cálculo de la capacidad necesaria para la planta de emergencia, además de las consideraciones que se hicieron en el párrafo 3, en cuanto a características, se deben cuantificar, primeramente los motores que deben arrancar en emergencia ya que el pico de carga inicial se eleva a 5 veces la carga normal y esto provoca en la planta eléctrica una doble reacción: La frecuencia eléctrica se cae al bajarse la velocidad aproximadamente en 1 a 3% según capacidad y, la tensión eléctrica puede caer un 20 a 25% en ese momento o más, dependiendo del tamaño del motor o motores que arranquen simultáneamente.

Al final se presenta una tabla en la que se enlistan las capacidades de planta eléctrica recomendables para absorber el pico de carga de arranque de motores para un valor predeterminado de caída de voltaje.

En esta misma tabla aparecen datos para arranques a voltaje reducido, lo cual no solo beneficia la condición anterior, sino que resulta más barato este equipo que la diferencia en tamaño de planta que se requería si no se usara.

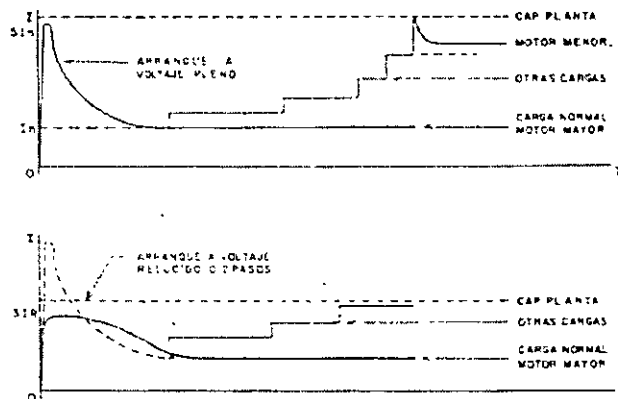


Fig. 13

Conviene si es posible, que el motor más grande arranque primero, ya que eso determina la capacidad de la planta, aunque después, el consumo del mismo sea 1/5 aproximadamente de lo que demanda en el inicio.

Un arrancador magnético a tensión reducida disminuye esa capacidad de la planta y resulta más económico, (aproximadamente 65% del precio), (ver Fig.

Los motores chicos pueden arrancar a tensión plena, pero si son varios y éstos arranca simultáneamente, suman su capacidad como si fuera uno grande, igual a la suma de capacidades.

Para estos casos es conveniente diferir los arranques manual o automáticamente.

COMPONENTES DE UNA PLANTA ELECTRICA

Para conocer los equipos que vamos a seleccionar comenzaremos con las Plantas Eléctricas.

Una Planta Eléctrica, consta de las siguientes partes principales:

- a) Motor primo,
- b) Generador,
- c) Controles e Interruptor General,
- d) Interruptor de Transferencia o doble tiro, y
- e) Accesorios.

- a) El Motor Primo puede ser cualquier elemento que entregue energía mecánica adecuada al generador, pero entre los principales, para el presente trabajo, consideramos los siguientes con fines de emergencia:

- Motor a gasolina
- Motor diesel
- Motor a gas
- Turbina de gases

- b) El Generador Eléctrico es, generalmente, un alternador de 2, 4 ó 6 polos, dependiendo de la velocidad escogida para la mejor operación del motor primo.

En motores de gasolina, con potencias relativamente bajas, comunmente se usa una velocidad de operación de 3000 a 3600 RPM (50 ó 60 Hz, respectivamente), o sea la velocidad síncrona correspondiente a un generador de 2 polos.

En el caso de turbinas de gases y, dada su alta velocidad de operación, también se usan generadores de 2 polos.

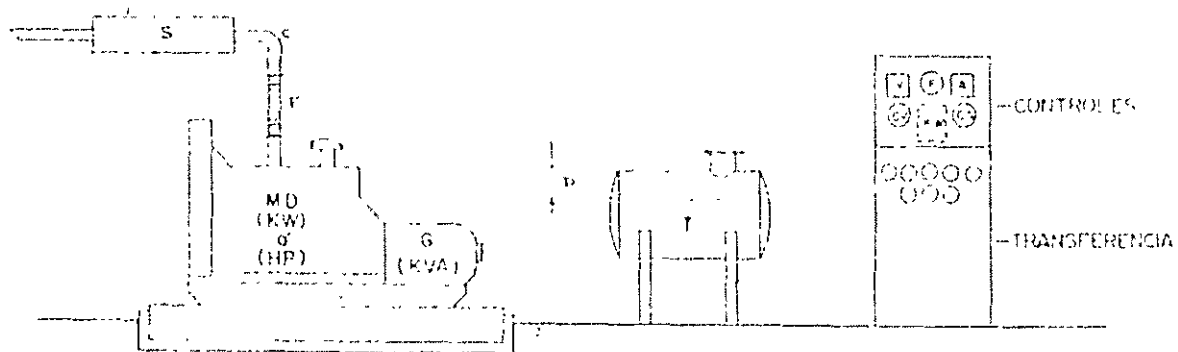
La potencia en este último caso, es relativamente alta.

En aplicación para equipos de aviación, generalmente se usa frecuencia de 400 Hz o sean 24000 RPM con 2 polos, 12000 RPM con generadores de 4 polos, 8000 con 6 polos, etc.

Esto permite el uso de equipo mas compacto.

(Para relacionar RPM y frecuencia con número de Polos, la fórmula es:

$$N = 120 f / P$$



| | | HP | KW | KVA | FP | I (Amp) | INI (Amp) | Carga Elect % | Efecto Joule % |
|----------|---------|-----|----|-----|------|------------|--------------|------------------|-------------------|
| 0 - MSNM | NORMAL | 112 | 75 | 93 | 0.8 | 245 | 250 | 100 | 100 |
| | BAJO FP | 112 | 75 | 114 | 0.66 | 295 | 300 | 121 | 147 |
| | BAJO FP | 112 | 75 | 136 | 0.55 | 349 | 350 | 142 | 203 |

2250 - MSNM

| | | | | |
|-------------|---------------|----|-------|-----|
| 86 | 50 | 75 | 156.5 | 200 |
| Mismo Motor | Generador 75% | | | |

CAPACIDAD EN SERVICIO CONTINUO = $\left\{ \begin{array}{l} 85 - \\ 90\% \text{ DE EMERGENCIA.} \end{array} \right.$

CAPACIDAD CON TURBO \approx 10 a 25% MAS QUE CON ASPIRACION NATURAL,
Y PERDIDA POR ALTITUD MEJOR

[821130]

[K-454] - I

PISA

INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

CALLE DE LOS RIOS, INDUSTRIAL, C.P. 10000
C.A. 10000, TEL. 100000000
10000 10000 10000 10000

NO SE ACEPTA RESPONSABILIDAD POR DAÑOS
MATERIALES, PERSONALES, O DE CUALQUIER TIPO, EN
CUALQUIER FORMA, EN LOS CASOS DE FALTA DE
MANTENIMIENTO O USO INCORRECTO DEL EQUIPO.

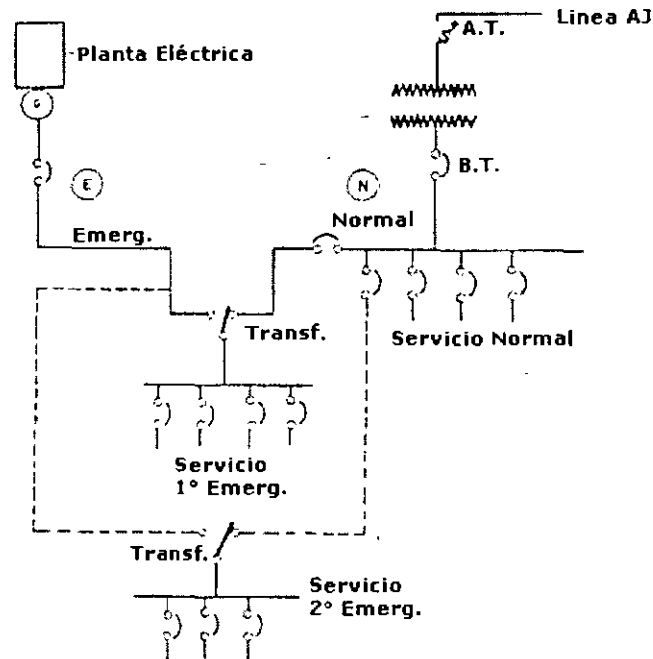


Fig. 14

Si una planta de emergencia tiene sistema automático de arranque y paro, no se concibe que el Interruptor de Doble Tiro sea manual y por consiguiente es necesario un Interruptor Automático de Transferencia que reconozca siempre una alimentación preferente.

Similarmente, si la planta es de operación manual no es necesario transferencia automática.

Sin embargo (Fig. 14) pueden usarse combinaciones de transferencias automáticas y manuales. En aplicaciones de motor diesel, la velocidad común es de 1800 RPM o sean 4 polos en el generador, pero para aplicaciones de servicio continuo, se recomienda el uso de generadores de 6 u 8 polos, o sean 1200 RPM ó 900 RPM respectivamente, para que el desgaste de sus elementos se reduzca en proporción y la vida útil de la máquina se prolongue. Esto, sin embargo, repercute en una pérdida casi linealmente proporcional de la potencia del motor.

Ver gráfica de Pot. (Fig. 13).

CURVAS DE POTENCIA

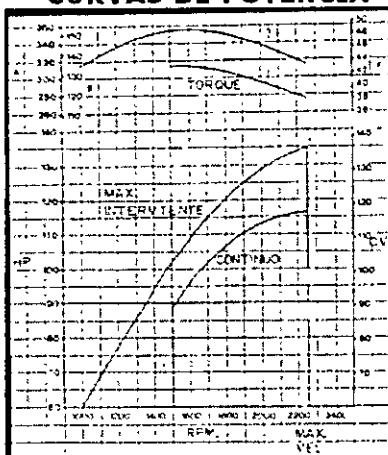


Fig. 15

Por lo mismo, debe tenerse especial cuidado en la selección del equipo, para que corresponda a la mejor inversión, de acuerdo con su aplicación.

También cabe señalar que, a igualdad de velocidad, la potencia que se puede sacar a una máquina en servicio continuo es entre 85% y 90% de la correspondiente a aplicaciones de emergencia o con cargas intermitentes, dado que, el calentamiento y desgaste por períodos prolongados reduce considerablemente la vida del motor.

| GENERADORES COMPACTOS | | TABLA 1 POTENCIA EN HP DEL MOTOR MAYOR QUE SE PUEDE ARRANCAR SIN EXCEDER UNA DETERMINADA C DE VOLT | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|--|-----|--------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|
| KVA | KW | 5% DE CAIDA DE VOLTAJE | | | | 25% DE CAIDA DE VOLTAJE | | | | 40% DE CAIDA DE VOLTAJE | | | |
| | | ARRANQUE A PLENO VOLTAJE | | ARRANQUE CON COMPENSADOR | | ARRANQUE CON RESISTENCIA | | ARRANQUE A PLENO VOLTAJE | | ARRANQUE CON COMPENSADOR | | ARRANQUE CON RESISTENCIA | |
| | | 80% | 65% | 80% | 65% | 80% | 65% | 80% | 65% | 80% | 65% | | |
| 3.75 | 3 | - | - | - | - | - | 1 | 1.5 | - | 1 | 1.5 | 2 | - |
| 6.25 | 5 | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 9.4 | 7.5 | - | - | - | 2 | 1.5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 2 |
| 12.5 | 10 | - | - | - | 2 | 1.5 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5 | 7.5 | 2 |
| 19.7 | 15 | - | - | 1 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 12.5 | 3 |
| 26.0 | 20 | - | - | 1.5 | 5 | 3 | 5 | 10 | 5 | 5 | 10 | 15 | 5 |
| 31.3 | 25 | 1 | 1.5 | 2 | 5 | 5 | 7.5 | 10 | 5 | 7.5 | 12.5 | 15 | 5 |
| 37.5 | 30 | 1 | 1.5 | 2 | 7.5 | 5 | 10 | 15 | 7.5 | 10 | 15 | 20 | 7.5 |
| 50 | 40 | 1.5 | 2 | 3 | 10 | 7.5 | 12.5 | 20 | 10 | 12.5 | 20 | 30 | 10 |
| 62.5 | 50 | 2 | 3 | 3 | 12.5 | 10 | 15 | 25 | 12.5 | 15 | 25 | 30 | 12.5 |
| 75 | 60 | 2 | 3 | 5 | 15 | 12.5 | 20 | 25 | 15 | 20 | 30 | 40 | 15 |
| 93.8 | 75 | 3 | 3 | 5 | 20 | 15 | 20 | 30 | 20 | 25 | 30 | 50 | 20 |
| 125 | 100 | 3 | 5 | 7.5 | 25 | 20 | 30 | 40 | 25 | 30 | 50 | 75 | 25 |
| 156 | 125 | 5 | 7.5 | 10 | 30 | 25 | 40 | 60 | 30 | 40 | 60 | 75 | 30 |
| 187 | 150 | 5 | 7.5 | 12.5 | 40 | 30 | 50 | 75 | 40 | 50 | 75 | 100 | 40 |

Fig. 16

| TABLA 2 CORRIENTE Y POTENCIA APROX QUE TOMAN LOS MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA | | | | | | | | |
|---|--------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|--|--------|--|--------|
| POTENCIA EN H P | CARGA DURANTE EL TRABAJO | | | | CARGA EN EL ARRANQUE EN EL VOLTAJE COMPLETO | | | |
| | KVA A PLENA CARGA | KVA A PLENA CARGA | AMPERS A PLENA CARGA | | MOTOR MONOFASICO TIPO DE REPULSION E INDUCCION | | MOTOR TRIFASICO DE PAR DE ARRANQUE NORMAL Y KVA NORMALES DE ARRANQUE | |
| | | | MOTOR MONOFASICO | MOTOR TRIFASICO | KVA | AMPERS | KVA | AMPERS |
| ½ | 5 | .8 | 3.5 | 2.1 | 2.8 | 12.5 | | |
| 1 | 1.0 | 1.4 | 8.5 | 3.7 | 4.5 | 20 | 7.7 | 20 |
| 2 | 1.9 | 2.4 | 11.0 | 6.3 | 9.0 | 41 | 12.6 | 33 |
| 3 | 2.8 | 3.7 | 17.0 | 9.7 | 12.5 | 56 | 17.0 | 45 |
| 5 | 4.5 | 6.0 | 27 | 15.6 | 20.0 | 90 | 29.8 | 78 |
| 7½ | 6.6 | 8.1 | 37 | 21 | 28.0 | 140 | 43 | 112 |
| 10 | 8.8 | 11.0 | 50 | 29 | 37.0 | 167 | 55 | 144 |
| 15 | 13.0 | 15.0 | | 39 | | | 83 | 220 |
| 20 | 17.2 | 20.0 | | 52 | | | 110 | 290 |
| 25 | 21.4 | 24.5 | | 64 | | | 135 | 352 |
| 30 | 25.5 | 29.0 | | 76 | | | 160 | 420 |
| 40 | 33.8 | 39.4 | | 103 | | | 217 | 570 |
| 50 | 42.2 | 47.8 | | 125 | | | 264 | 690 |
| 60 | 50.0 | 59.3 | | 156 | | | 326 | 850 |
| 75 | 62.5 | 71.0 | | 186 | | | 390 | 1020 |
| 100 | 83.0 | 93.0 | | 244 | | | 511 | 1340 |

Fig. 17

NOTAS SOBRE LA TABLA No. 1

Cuando se desea una buena calidad del servicio eléctrico, la caída de tensión durante el arranque de motores debe restringirse a 5% o menos, más de 5%, principalmente en alumbrado incandescente, es un grave inconveniente, aunque sea poco frecuente.

En donde las fluctuaciones de luz no sean tan importantes puede tolerarse hasta un 25% de caída de voltaje durante el arranque de un motor. Más allá de este límite, cuando hay otros arrancadores y/o contactores magnéticos y relés de protección por bajo voltaje funcionando, van a desconectarse al llegar a menos del 75% del voltaje de suministro dando como resultado que debe iniciarse todos los arranques nuevamente.

En donde el arranque de un motor grande es el único factor para tomarse en cuenta, puede tolerarse hasta 40% de caída de voltaje, siempre y cuando el arranque sea nominal o su bobina no esté en el mismo circuito o sea manual.

Los tamaños de motores en HP anotados en la tabla anterior, están basados en motores código F, que toman una corriente de arranque de 5.5 veces la corriente de trabajo a plena carga.

Al arrancar por medio de compensador o voltaje reducido, debe tomarse en cuenta que el par motor se reduce a 65%. Asegúrese de que estos pares de arranque sean suficientes para mover la carga.

La potencia en HP anotada en la columna de "Arranque con Resistencia" supone que posiblemente el motor no arranca hasta que toda la resistencia este fuera y que el voltaje del generador se ha restablecido antes de comenzar a girar el motor.

NOTAS SOBRE LA TABLA No. 2

MOTORES DE FASE PARTIDA.- Toman una corriente muy alta durante el arranque.

Multiplíquese por dos los valores de carga de arranque de Tabla dos.

MOTORES TIPO CAPACITOR.- Aumentándose en 25% los valores de KVA y corriente de arranque de la Tabla dos.

MOTORES TRIFASICOS.- Para motores del tipo de Alto Par de Arranque, redúzcanse en 25% los valores de KVA y corriente de la Tabla dos.

MOTORES CON ROTOR DEVANADO.- Los KVA de arranque son únicamente de 30 a 50% que los KVA de trabajo normal.

Los valores de corriente y los KVA de arranque de la Tabla dos, son para arranque directo sobre la línea (Voltaje completo).

En donde se usa resistencia de arranque o compensador, los KVA de arranque son de 50% o menos de los indicados en la tabla.

EJEMPLO DE UN CALCULO DE PLANTA ELECTRICA

EL RECUENTO DE CARGAS NOS DA:

| EQUIPO CARGAS RESISTIVAS: | CAP. MOT. | KW PARA ARRANQUE | | CARGA KW PERMANENTE |
|---|--------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| | | A VOLT. PLENO | A VOLT REDUCIDO | |
| Alumbrado Emergencia | - | - | - | 3 |
| Alumbrado Exterior | - | - | - | 2 |
| Contacto Emergencia | - | - | - | 2 |
| Resistencias y Calefactores | - | - | - | 10 |
| SUBTOTAL 1 | | | | 17 |
| MOTORES MENORES: (1 HP = 0.746/0.9 = 0.83 KW) | | | | |
| 4 Motores 0.25 HP (arranque simultáneo) | 4 x 0.25 | 5 | - | 4.15 |
| 1 Motor 2 HP (arranque diferido o simultáneo) | 2 | 10 | - | 8.3 |
| 1 Elevador Mot. 7.5 HP (normalmente arranque diferido) | 7.5 | 35 | - | 6.23 |
| SUBTOTAL 2 | | 50 | | 18.68 |
| 1 MOTOR 20 HP (A pleno V) a (arranque a Volt.Red). | 20 | (100) | | 16.60 |
| SUBTOTAL 3 | | 100 | (40) 40 | 16.60 |

RESUMEN DE CARGAS:

Si no se planea el arranque de cargas combinadas, (resistivas y motores), pueden presentarse situaciones que van desde dificultades para arrancar, hasta detenerse la operación de la planta y pararse cuando precisamente hay una emergencia. Otra solución sería instalar una planta mayor con una inversión que puede no justificarse, pero además, después de los arranques se quedaría con una carga muy baja que provoca carbonización y rápido deterioro del motor.

En el ejemplo de Recuento de Cargas, debe recontarse todo lo que se alimenta simultáneamente o separar transferencias parciales con algún programador lo que resulta más barato y mejor.

Si sumamos el Sub Total No. 1 de cargas resistivas, con las cargas permanentes de los Sub Totales 2 y 3, tenemos $C = 17 + 18.68 + 16.6 = 52.27$ Kw o sea 34% de esa capacidad (demasiada poca carga).

Ejemplo 2.- Sub Total 2 igual pero Sub Total 3, a Voltaje reducido, $C = 17 + 50 + 40 = 107 \text{ Kw}$.

Ejemplo 3.- Si puede arrancarse primero a Voltaje pleno o reducido, el motor más grande, puede bajar más la capacidad dado que la carga estable de éste va a quedar primero, $C = 16.6 + 17 + 50 = 83.6 \text{ Kw}$.

Como se ve, programando los arranques y/o introduciendo arrancadores de Voltaje reducido puede seleccionarse una planta de 100 u 85 Kw en lugar de 167 Kw, con el consiguiente ahorro.

Cuando se puede aplicar, esta solución aunque requiere de equipos más complejos, resulta más barata que una planta mucho mayor.

EJEMPLO DE CÓMO SELECCIONAR EL MOTOR DIESEL

A la carga máxima requerida (80 KW) debe sumarse aproximadamente 5% para ventilador y bomba pero además, debe buscarse un motor que dé la capacidad requerida al nivel en que va a operar. Por ejemplo: Si se requiere en la Ciudad de México que está a 2,237 m.s.n.m.-y la planta es de aspiración natural, el motor pierde aproximadamente 1% por cada 100 m.s.n.m. o sea cerca de 22.40 ($F = 0.7763$).

La capacidad nominal del motor será entonces:

$73.66 / 0.95 \times 0.7763 = 99.87 \text{ KW}$ y esto significa un motor $100/0.746 \times 0.9 = 150 \text{ HP}$ al freno nominales a 0 m.s.n.m.

El generador seguiría siendo de 80 KW.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema SISTEMAS DE DISTRIBUCION

**EXPOSITOR: ING. PABLO ZAPIAIN LECHUGA
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

SISTEMA DE DISTRIBUICION

NOM001 SEDE 27/SEP/99

FORMADO POR:

Art. No. 215 y 430

1 CIRCUITOS ALIMENTADORES

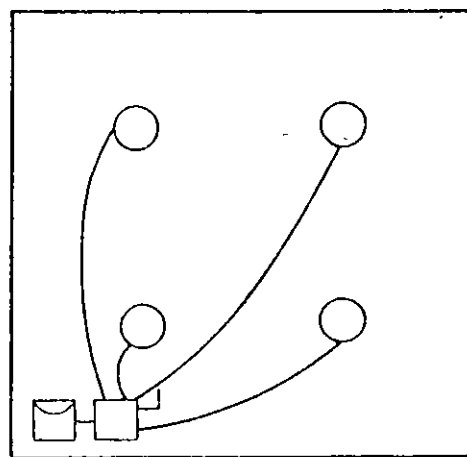
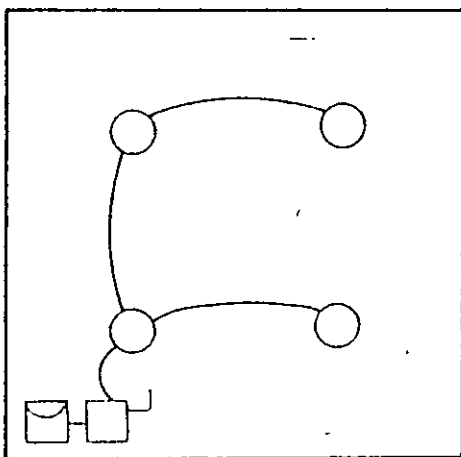
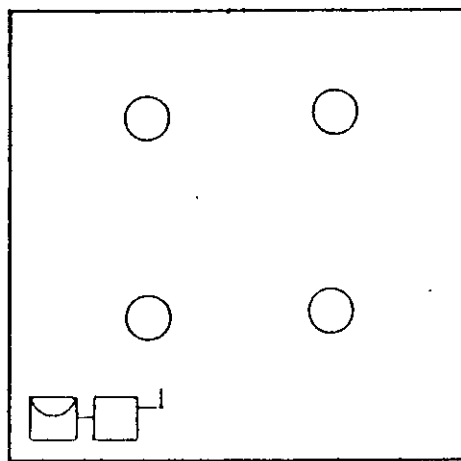
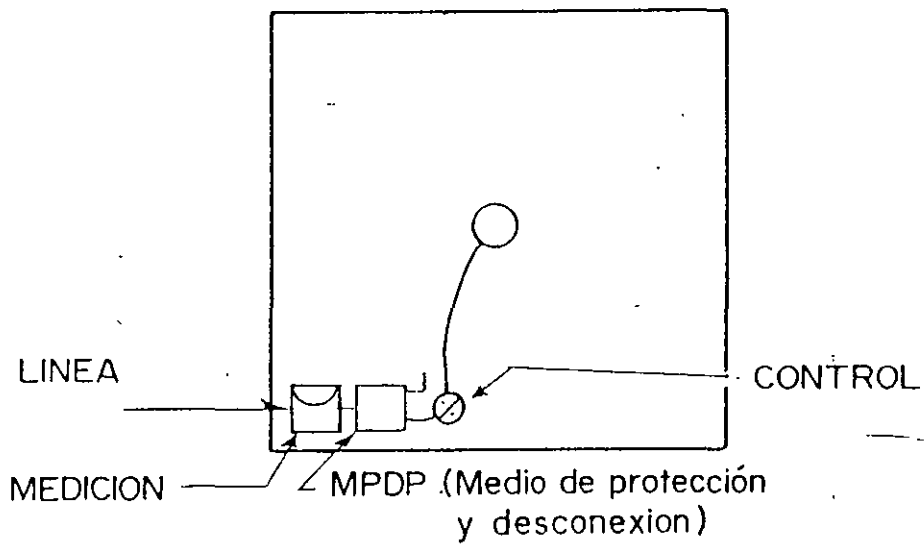
Art. No. 215 y 430

2 CENTROS DE DISTRIBUCIÓN
(TABLEROS)

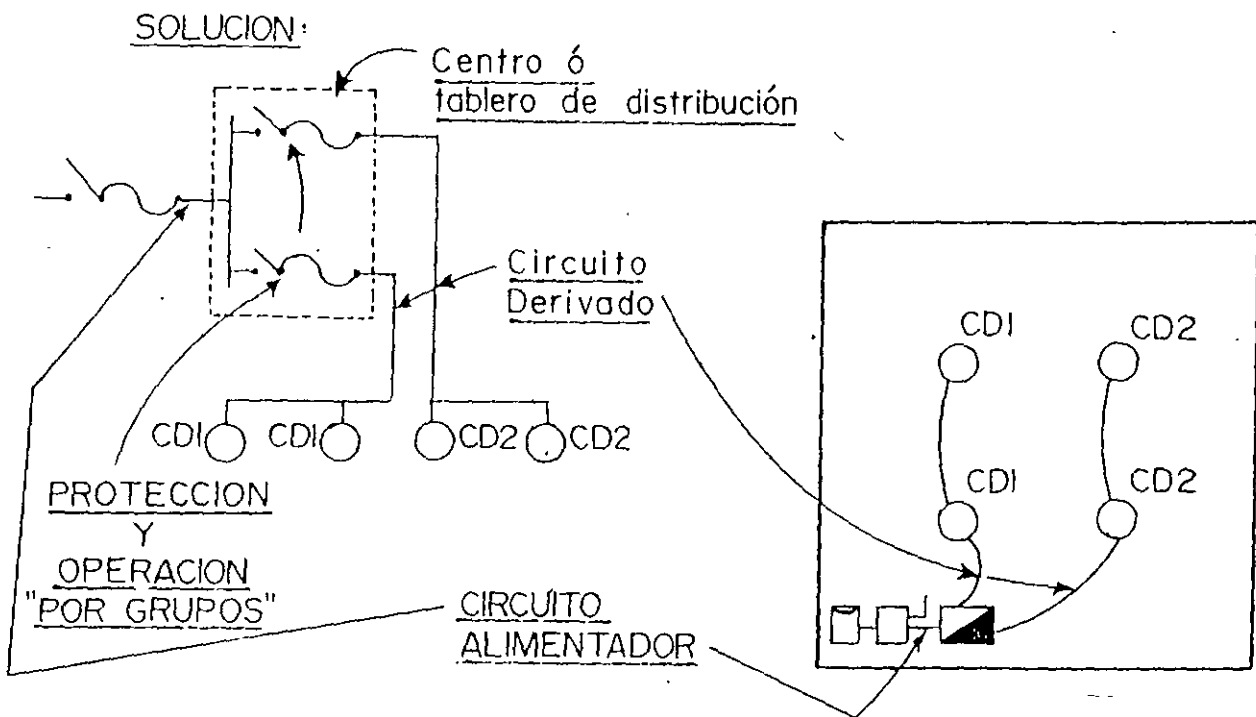
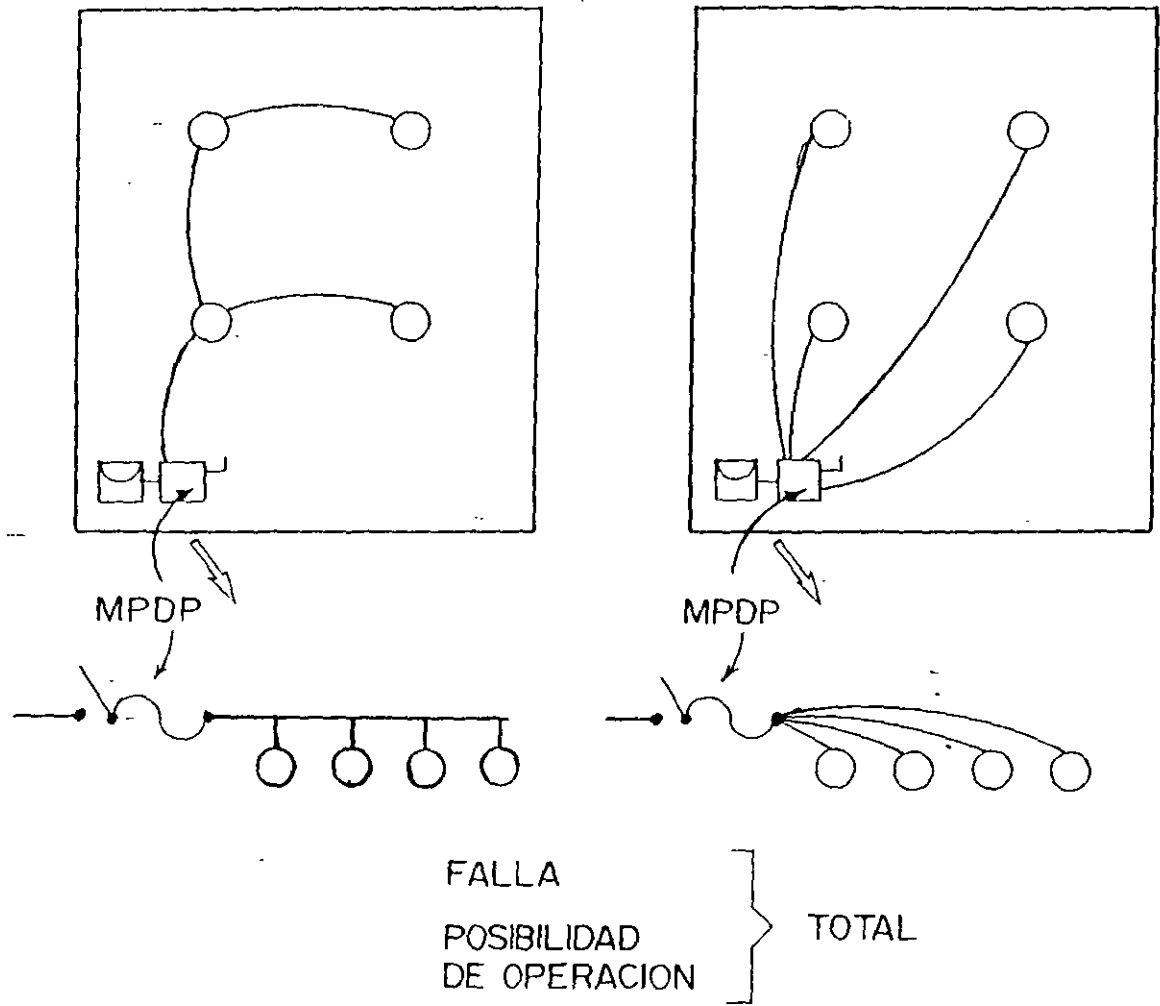
Art. No. 384-32

3 CIRCUITOS DERIVADOS

Art. No. 210



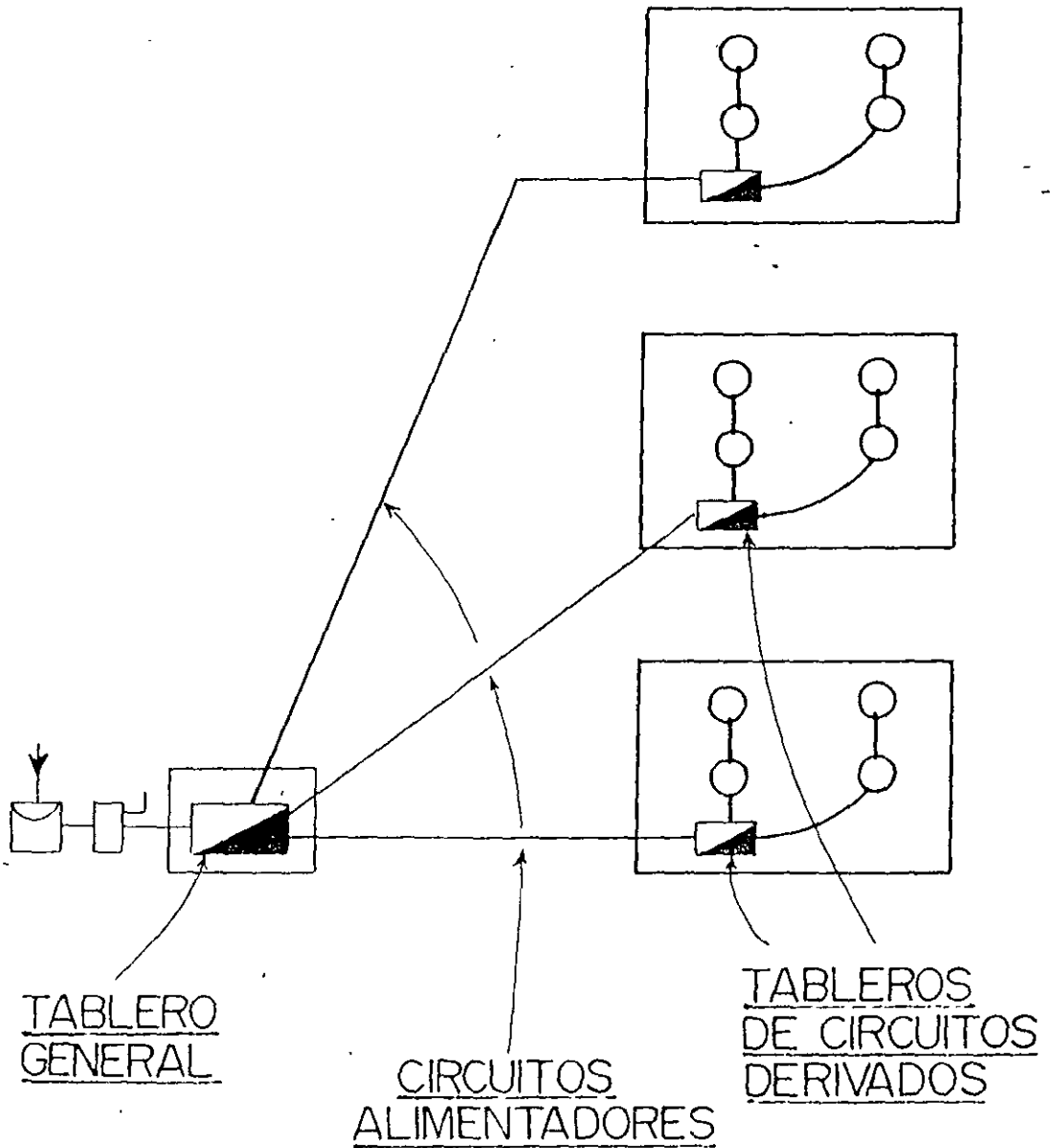
HAY SIEMPRE OPCIONES PARA DISTRIBUIR



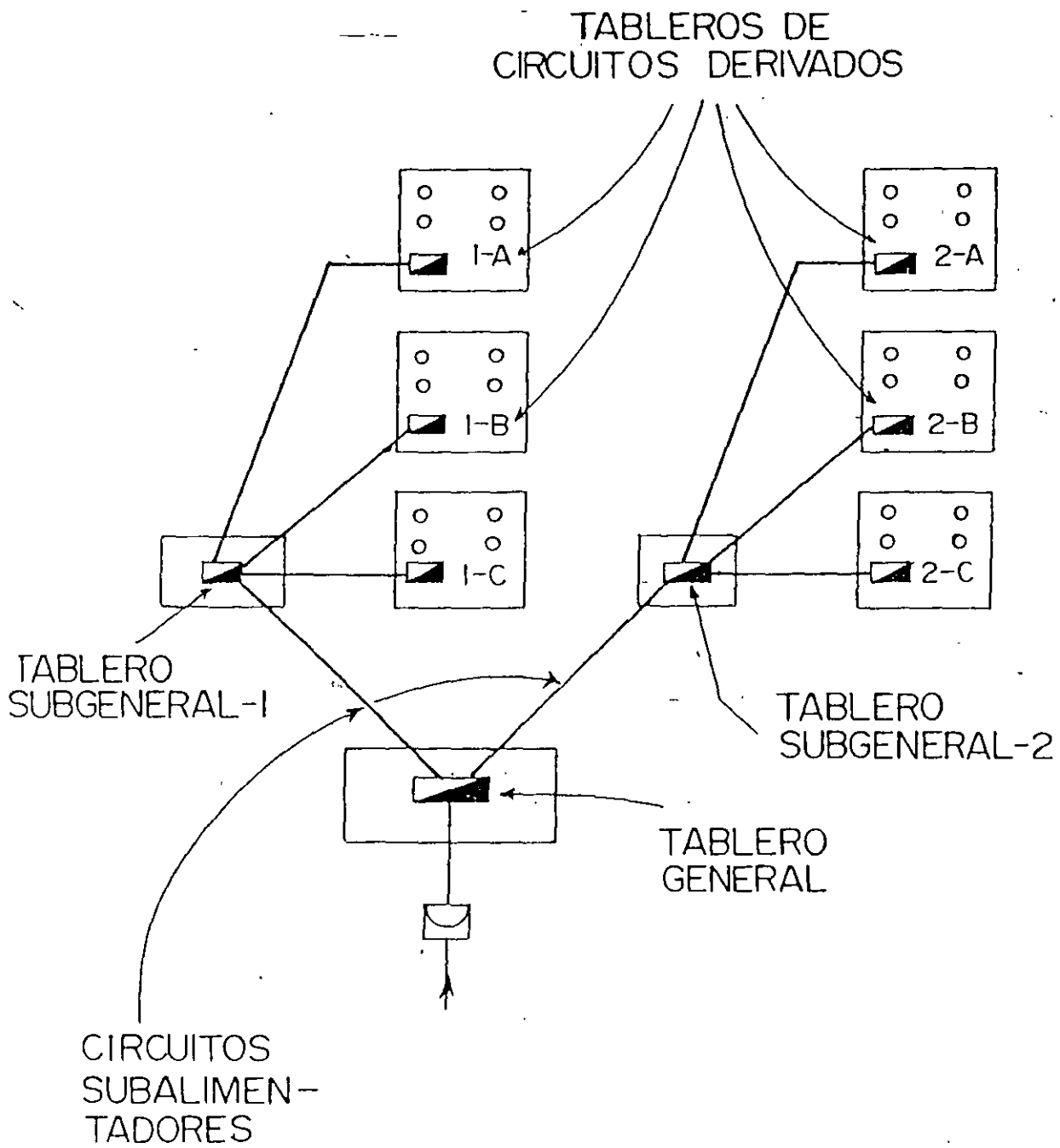
DIVERSOS EJEMPLOS DE DISTRIBUCION

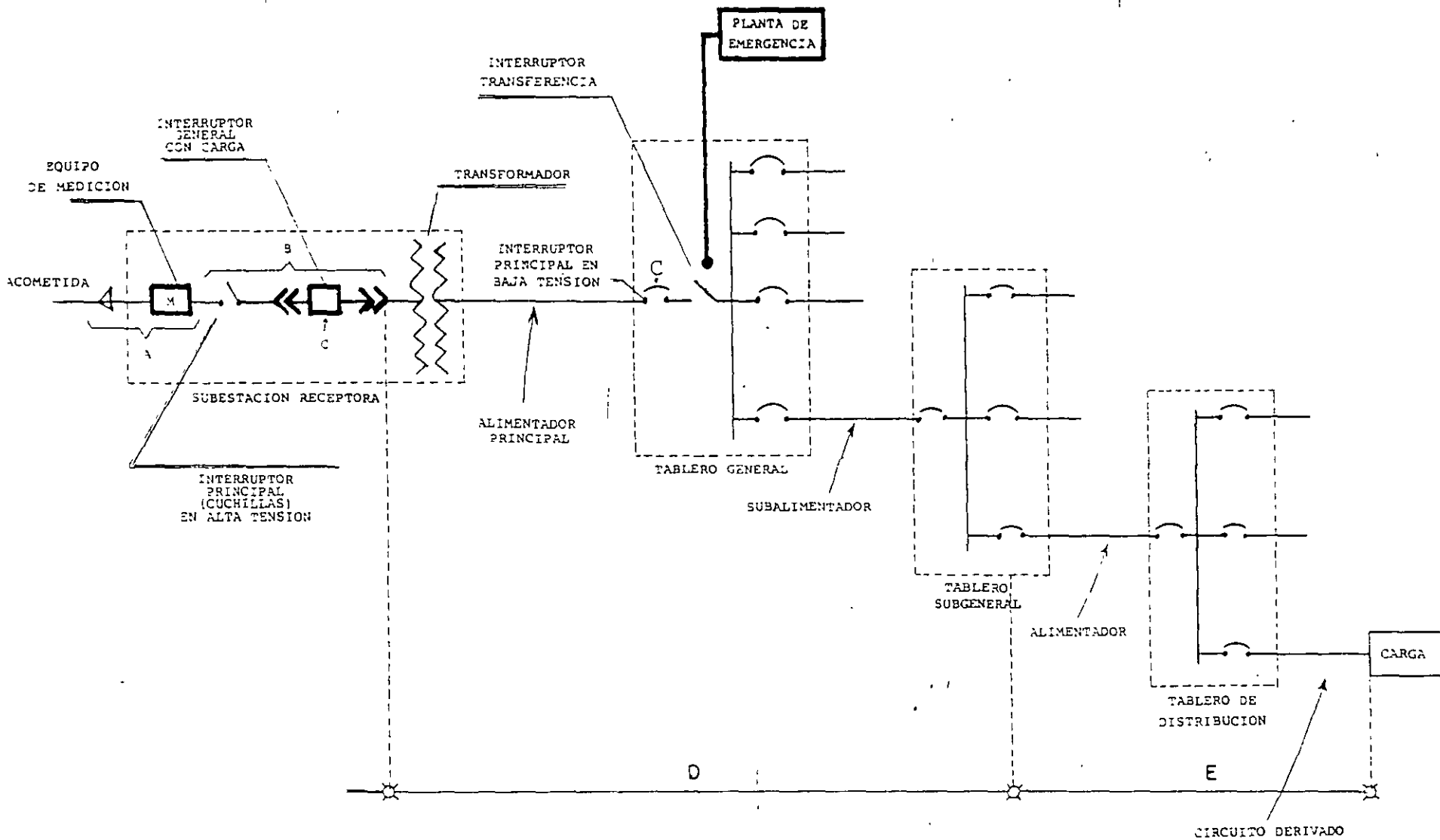
Buscando siempre resolver adecuadamente la protección y la operación del sistema.

EJEMPLO No. 1



EJEMPLO No. 2





- A DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA
- B DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE DESCONEXION
- C DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE PROTECCION
- D SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIO
- E SISTEMA DE DISTRIBUCION SECUNDARIO

SISTEMA DE DISTRIBUCION

1.- INTERRUPTOR GENERAL

BAJA TENSION

2.- TABLERO GENERAL

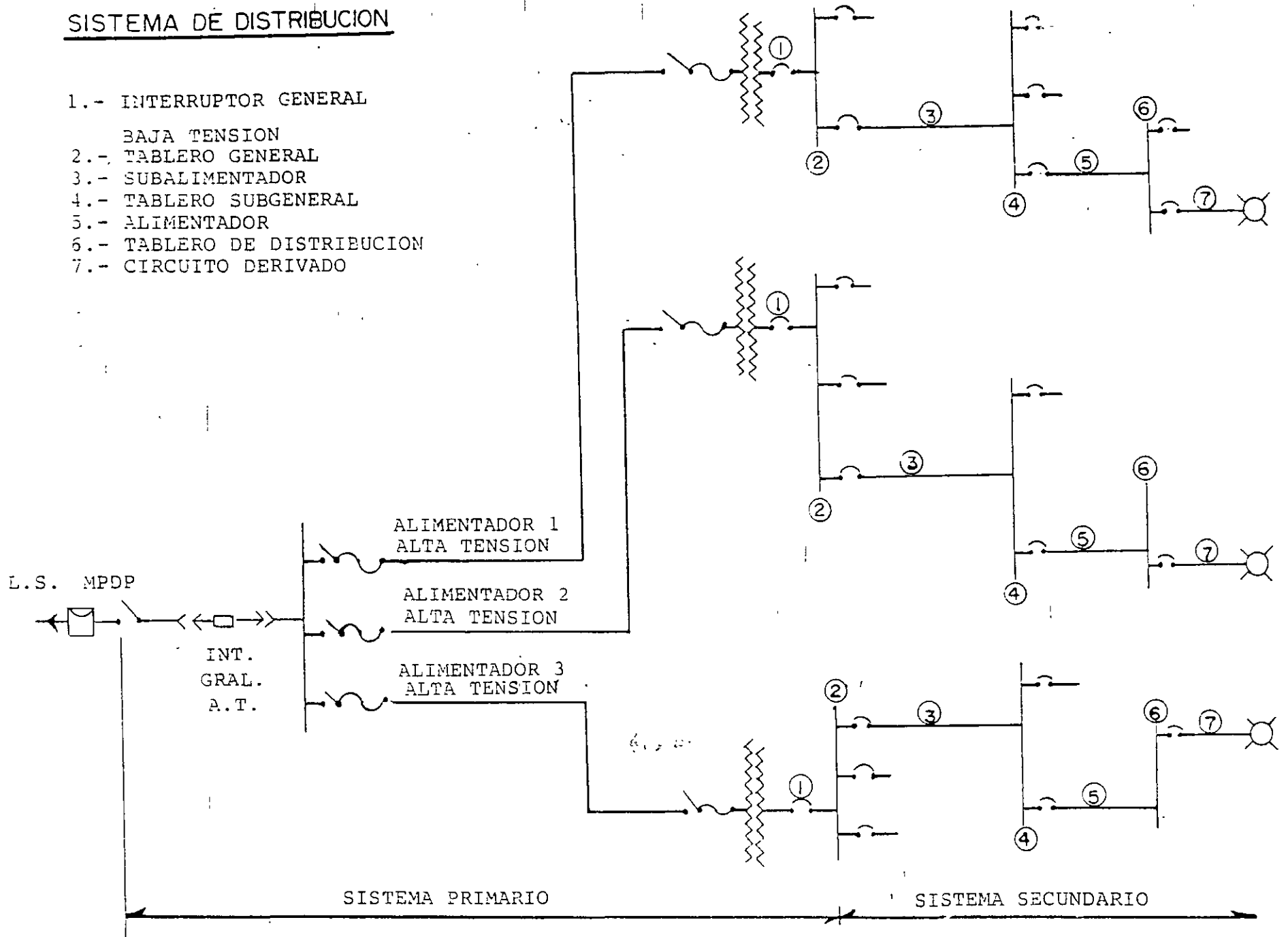
3.- SUBALIMENTADOR

4.- TABLERO SUBGENERAL

5.- ALIMENTADOR

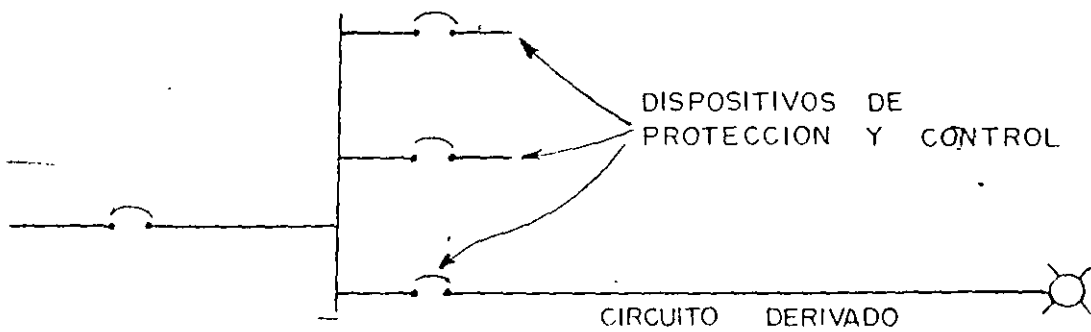
6.- TABLERO DE DISTRIBUCION

7.- CIRCUITO DERIVADO

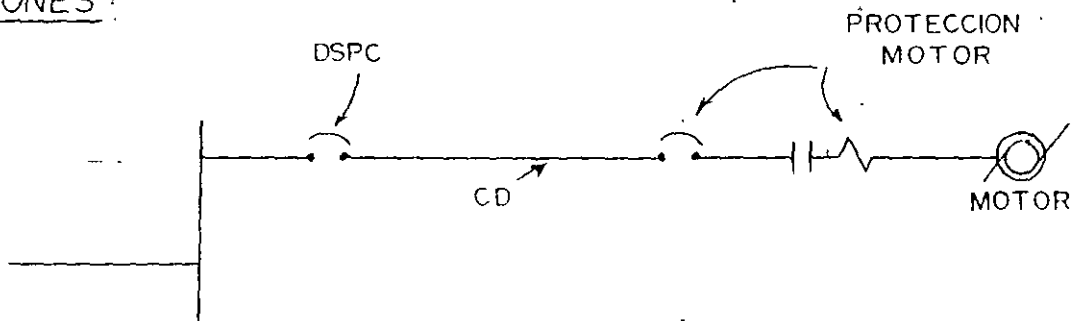


CIRCUITO DERIVADO

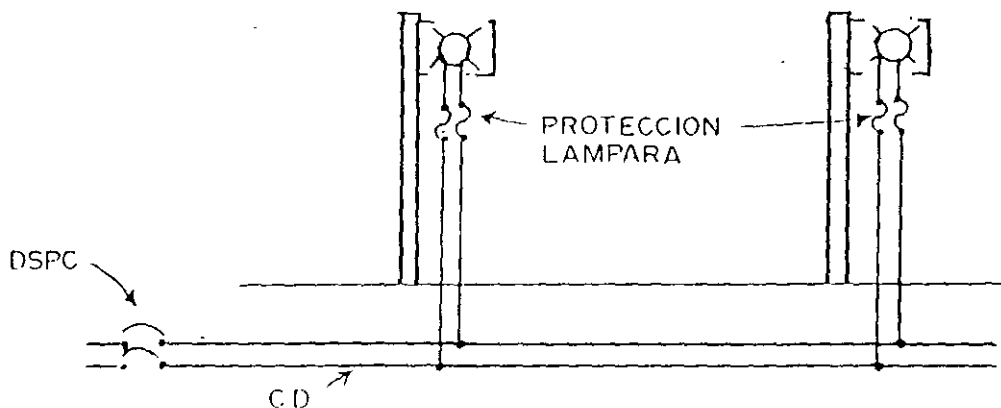
"CONJUNTO DE CONDUCTORES Y DEMAS ELEMENTOS QUE SE EXTIENDEN DESDE LOS ULTIMOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION HACIA LAS CARGAS."



EXCEPCIONES :



ALUMBRADO PUBLICO



CLASIFICACION DE LOS CIRCUITOS

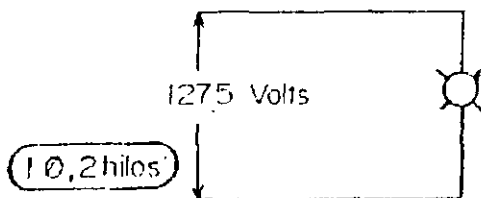
1- De acuerdo con su conexión eléctrica.

2- De acuerdo con su uso.

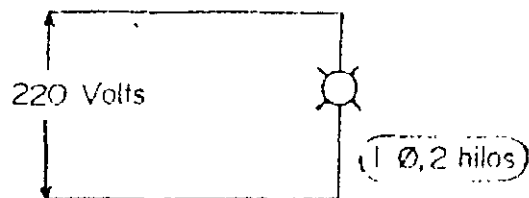
1- De acuerdo con su conexión eléctrica

1.2) En función de la cantidad de conductores que establecen el circuito: (MULTI-CONDUCTORES)

(1.2.1)

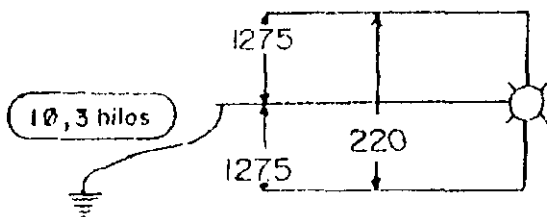


(1.2.2)

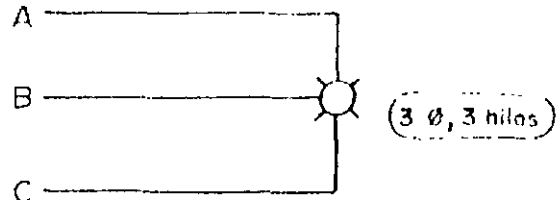


CIRCUITO DERIVADO MULTIFILAR ART. No. 210-4

(1.2.3)

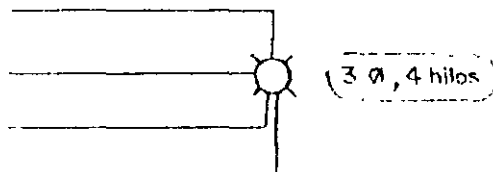


(1.2.4)



"DOS O MAS CONDUCTORES
ACTIVOS CON UNA ΔV EN-
TRE SI Y UN CONDUCTOR
PUERTO A TIERRA."

(1.2.5)



Codigo de Colores Neutro = Blanco, Tierra = Gris

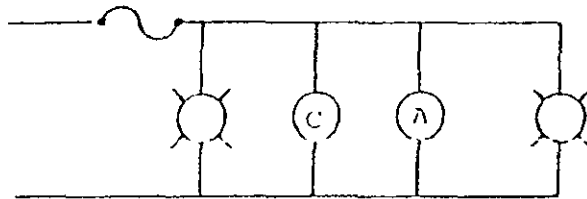
2).- DE ACUERDO CON SU USO (NO EN NTIE)

2.1).- USO GENERAL { CIRCUITO DE ALUMBRADO
CIRCUITO DE CONTACTOS

2.2).- USOS ESPECIFICOS 210-2 (TABLA)

USO GENERAL,

* PARA CARGAS DE ALUMBRADO Y APARATOS INDISTINTAMENTE NO RECOMENDADO PARA APARATOS QUE TOMEN MAS DE 3 AMP COMO PLANCHAS, PARRILLAS REFRIGERADORES, LAVADORAS,



¿CUANTAS LAMPARAS, CONTACTOS, APARATOS, ETC., SE DEBEN CONECTAR?

ESTO DEPENDE DE LA CLASIFICACION DEL CIRCUITO

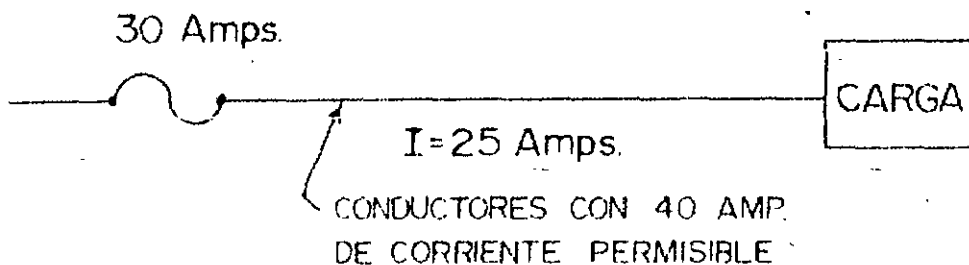
¿QUE ESTABLECE LA CLASIFICACION DEL CIRCUITO?

↓
LA CAPACIDAD DEL CIRCUITO

LA CAPACIDAD DE UN CIRCUITO DERIVADO
ES IGUAL A
LA CAPACIDAD DE SU PROTECCION

QUE ES: 15A, 20A, 30A, 40A, 50A

EJEMPLO:



LA CAPACIDAD DEL CIRCUITO
DERIVADO ES : 30 AMP.

CLASIFICACION DE LOS
CIRCUITOS DERIVADOS



CAPACIDAD COMERCIAL
DE LOS MEDIOS DE
PROTECCION



15 Amps.

20 Amps.

30 Amps.

40 Amps.

50 Amps.

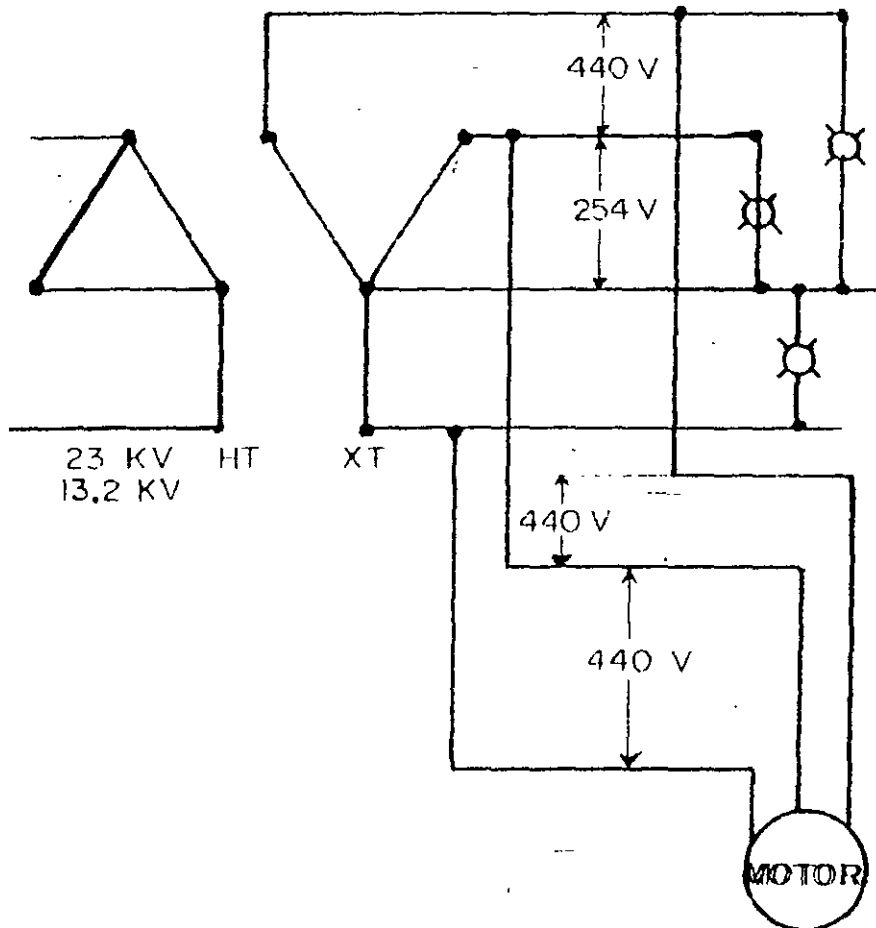
Limitaciones del circuito de uso general

1.- EN TENSION:

1.1) VOLTAJE AL NEUTRO 127 Volts Art. No.210-6-a

EXCEPCIONES :

- a) EDIFICIOS INDUSTRIALES Y COMERCIALES (hasta 227V. a tierra Art. No 210-6-b)
- * que tenga mantenimiento responsable
 - * que tenga unicamente carga de alumbrado
 - * que tenga altura mayor de 2.40 m a las cargas y /ADEMAS SIN INTERRUPTOR INTEGRAL/ y
 - * portalámparas tipo MORGAN.



Voltaje > 150 volts



Peligro para las personas pero :



CON VOLTAGE DE 220 VOLTS EL MOTOR CONSUME "1" Y CON VOLTAGE DE 440 VOLTS EL CONSUMO ES DE "1/2"

Hasta 600V. entre líneas (Art. No. 210-6-b)

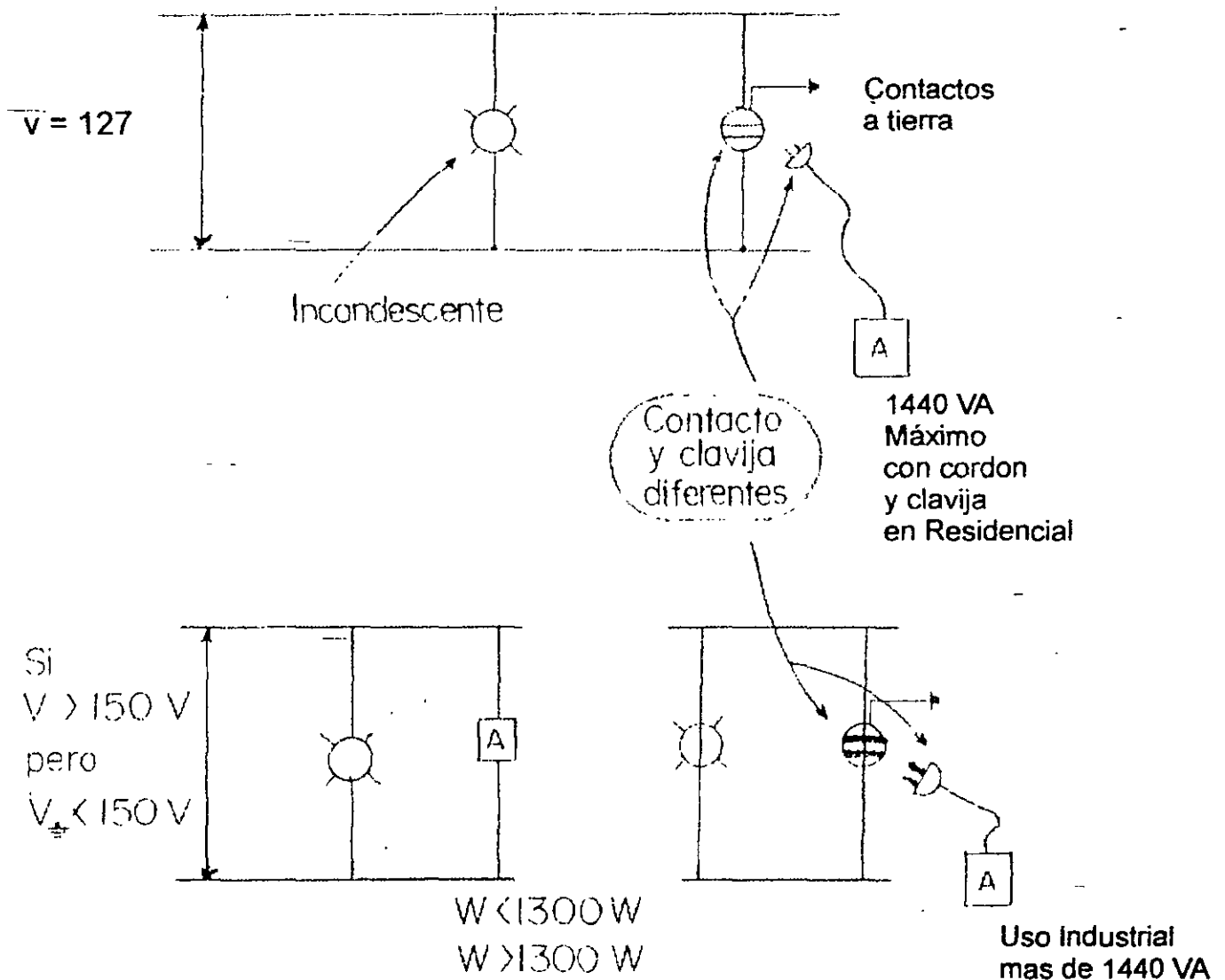
Equipo auxiliar de lámparas de descarga montadas permanentemente a alturas de 5.5 a 6.7 Mts.

1.2 TENSION ENTRE CONDUCTORES

En: CASAS HABITACION

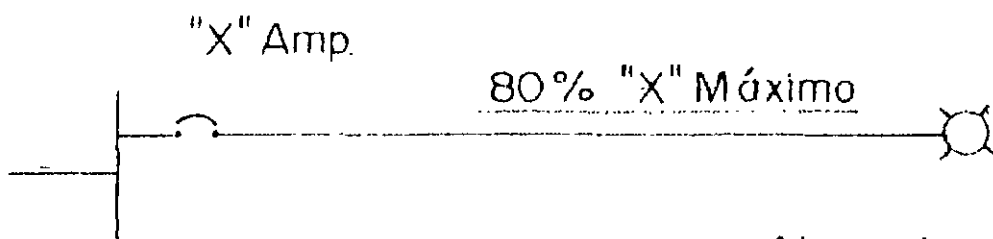
• HOTELES ó

• LOCALES SIMILARES



Tablas Art. No. 210-b-2 y 210-b-3.

2.- CIRCUITOS CON "CARGA CONSTANTE" (3 Hrs. continuas)



Alternativa: Disminución
no necesaria si se usa
factor de agrupamiento
en diseño

3.- RESIDENCIAS

MAXIMO=20 Amps. 2550 W

$I \times V \times f.p.$

4.- PORTALAMPARAS "SENCILLO"

Capacidad menor de 600 W :

Soquets

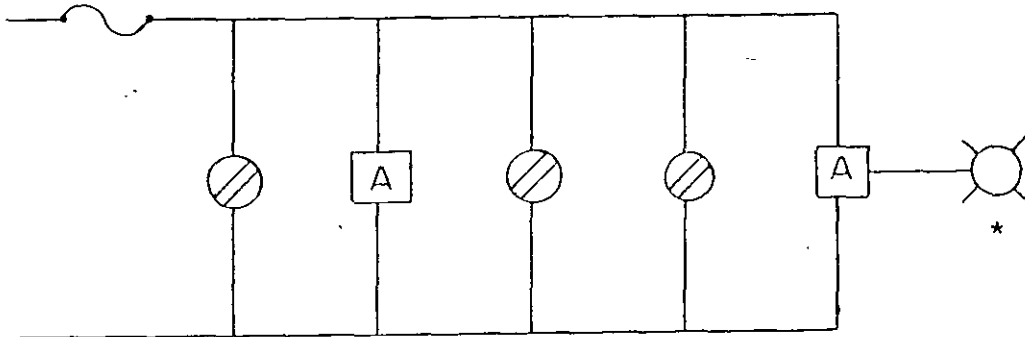
Base FL.

Base SL.

MAXIMO=20 Amps. 2550 W ==BASE MOGUL

Resumen Art. No.. 210-24

CIRCUITO PARA APARATOS



[A] Aparatos

⊗ Carga definida

⊗ Contactos

* Alumbrado integral

a) - Para cargas definidas (aparatos, no motor)

b).- Para cargas indefinidas

LA CAPACIDAD DEL CIRCUITO QUEDA DEFINIDA POR
LA CAPACIDAD DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION

Especificaciones de la capacidad de los circuitos :

- * Circuito de 15 Amps.
- * Circuito de 20 Amps.
- * Circuito de 30 Amps.
- * Circuito de 40 Amps.
- * Circuito de 50 Amps.

LIMITACION EN TENSION :

SE APLICA TAMBIEN NTIE-202-5-b (1.2-Circuito general)

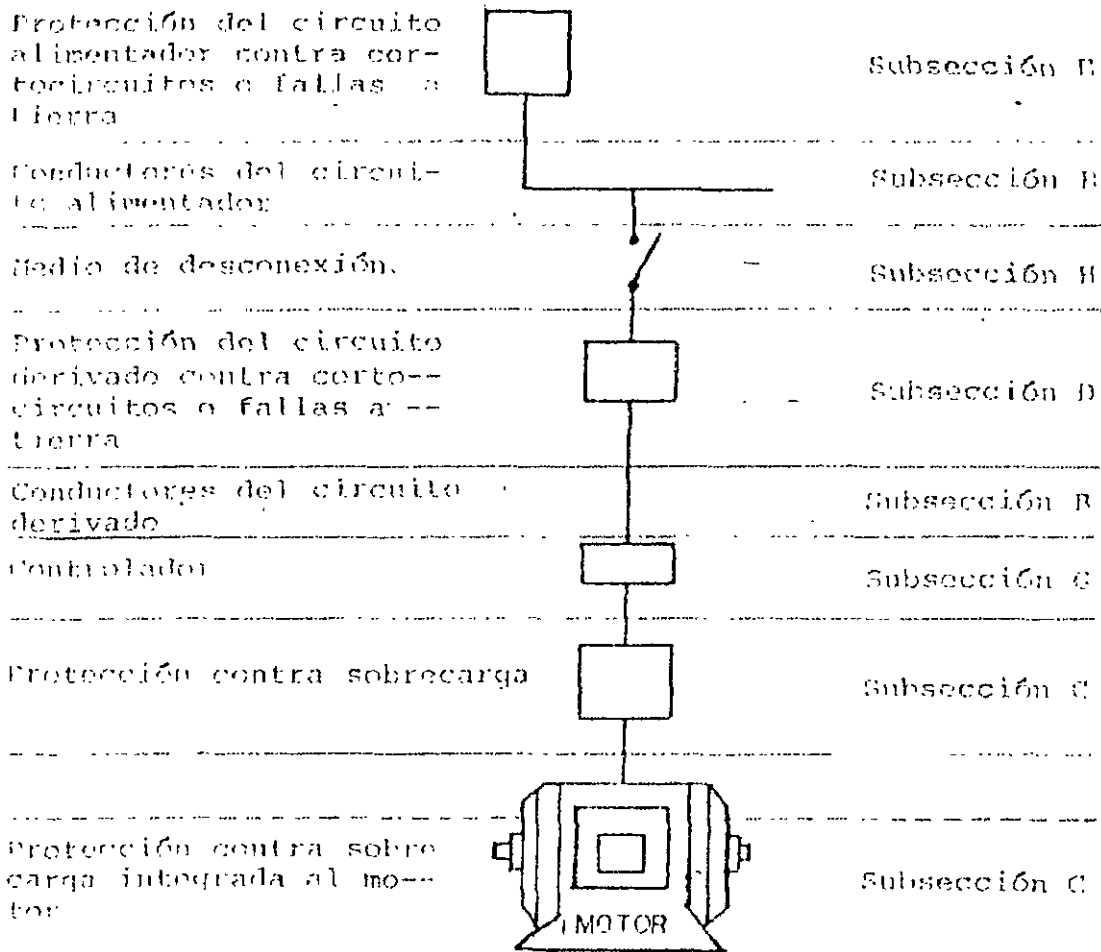
CIRCUITO DE FUERZA

ELEMENTOS INTEGRANTES :

Art. No. 430

Figura 430-1

Del Suministro



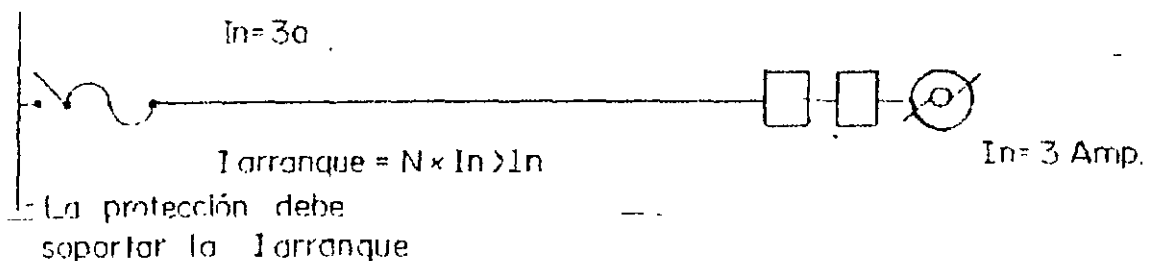
Otras subsecciones que aparecen en esta sección:

| | |
|---|--------------|
| Generalidades | Subsección A |
| Circuitos de control de motores | Subsección F |
| Requisitos para tensiones mayores de 1,000 Volts. | Subsección I |
| Conexión a tierra | Subsección J |

CAPACIDAD DE UN CIRCUITO DE FUERZA

CAPACIDAD DEL CIRCUITO \neq CAPACIDAD DEL MEDIO DE PROTECCION DEL CIRCUITO

CAPACIDAD = CAPACIDAD PERMISIBLE DE SUS CONDUCTORES



La capacidad permisible de los conductores que abastecen a un motor es 125 % de la corriente nominal a plena carga del motor (NTIE .403.14)

EXCEPCIONES S/NTIE : Cuando el servicio sea :

De "corto tiempo" — Intermitente — Periódico — Variable en lugar del 125 % usar factores de la tabla siguiente :

TABLA 430-22

Factores para seleccionar los conductores para motores que no sean de servicio continuo.

| Tipo de servicio que requiere la carga | Por ciento de la corriente nominal indicada en la placa de datos. | | | |
|---|---|------------|-----------------|----------|
| | Régimen de trabajo para el cual fue diseñado el motor. | | | |
| | 5 Minutos | 15 Minutos | 30 y 60 Minutos | Continuo |
| DE CORTO TIEMPO: Accionamiento de válvulas, elevación o descenso de rodillos, etc. | 110 | 120 | 150 | ----- |
| INTERMITENTES: Ascensores y montacargas máquinas-herramientas, bombas, puentes levadizos o giratorios, plataformas giratorias, etc. (para soldadoras de arco véase el artículo 518.12) | 85 | 85 | 90 | 140 |
| PERIODICO: Rodillos, máquinas para manipulación de mineral, etc. | 85 | 90 | 95 | 140 |
| VARIABLE: | 110 | 120 | 150 | 200 |

Cualquier aplicación de un motor se considera como de servicio continuo, a menos que la naturaleza de la máquina o aparato accionado sea tal que el motor no opere continuamente con carga bajo cualquier condición de uso.

CORTO TIEMPO - Funcionamiento de una carga sustancialmente constante por un tiempo corto definido.

INTERMITENTE - Funcionamiento por períodos alternados:

- 1) - Con carga y sin carga
- 2) - Con carga y desconectado
- 3) - Con carga, sin carga y desconectado

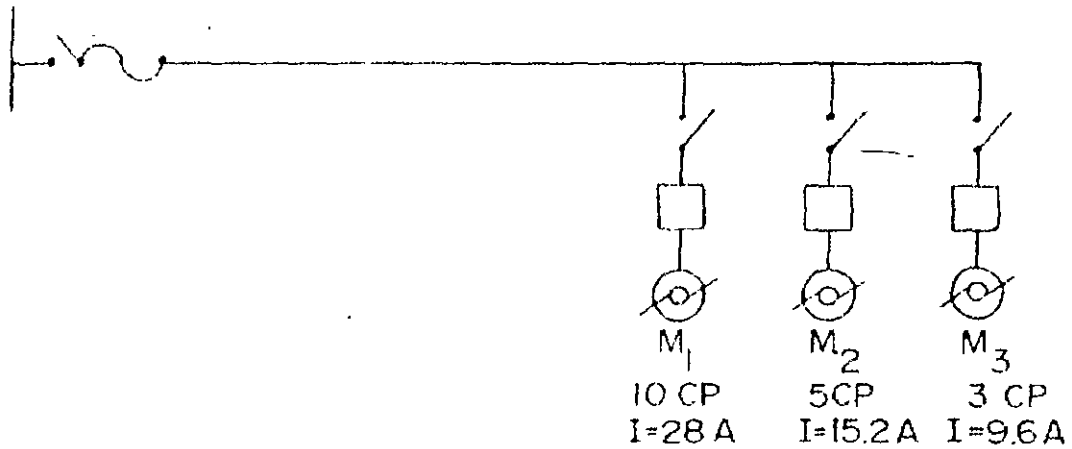
PERIODICO - Intermitente con condiciones de carga recurrentes.

VARIABLE - La carga y sus intervalos de duración sujetos a variaciones considerables

CONTINUO - Carga sustancialmente constante por un tiempo largo indefinido.

CIRCUITO CON VARIOS MOTORES

$$\text{Capacidad permisible} = 1.25 I_{\text{Mayor}} + \sum I_i$$



Ejemplo: $1.25 \times 28 + 15.2 + 9.6 = 59.8$

MOTORES MONOFASICOS DE CORRIENTE ALTERNA
CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES DE

LOS SIGUIENTES VALORES DE CORRIENTE A PLENA CARGA SON PARA MOTORES QUE FUNCIONEN A VELOCIDADES NORMALES Y CON CARACTERISTICAS DE PAR TAMBIEN NORMALES. LOS MOTORES DE VELOCIDAD ESPECIALMENTE BAJA O DE ALTO PAR MOTOR PUEDEN TENER CORRIENTES A PLENA CARGA MAYORES Y LOS DE VELOCIDADES MULTIPLES TENDRAN UNA CORRIENTE A PLENA CARGA QUE VARIA CON LA VELOCIDAD; EN ESTOS CASOS DEBE USARSE LA CORRIENTE A PLENA CARGA INDICADA EN LA PLACA DE DATOS.

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

CIRCUITOS DERIVADOS - REQUERIDOS

ANALIZAR -

- 1- Cantidad suficiente para alimentar a toda la carga definida.
- 2- Las limitaciones de cada tipo de circuito.
- 3- La posición relativa de salidas y de los tableros, y su influencia en la caída de tensión en los circuitos derivados y alimentadores.
- 4- Establecer una distribución UNIFORME de la carga.
- 5- Se recomienda:

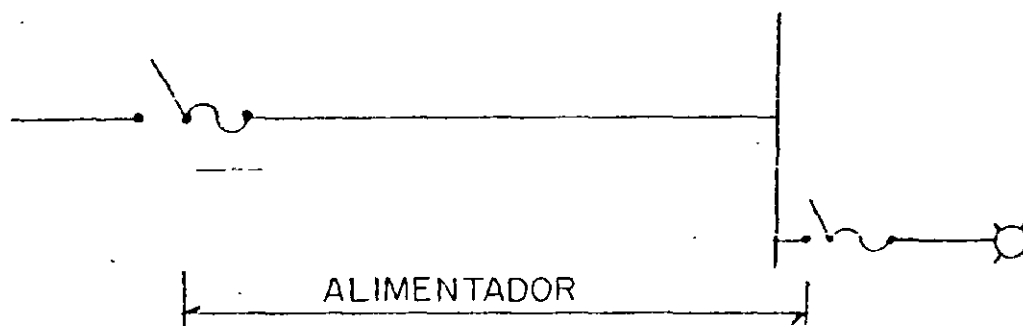
INDEPENDIZAR los circuitos de alumbrado de los circuitos de mas de 3 Amp. C/U.
(para planchas, parrillas, refrigeradores, etc.)

6- En residencias

2 circuitos de 20 Amp., independientes, para contactos de :

- COCINA
- LAVADO
- SALA
- COMEDOR

CIRCUITOS ALIMENTADORES



"CONJUNTO DE CONDUCTORES Y DEMAS ELEMENTOS QUE SE ENCUENTRAN ENTRE EL MEDIO PRINCIPAL DE DESCONEXION Y LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS."

CALIBRE

DEBE TENER UNA CAPACIDAD NO MENOR A LA DEMANDA MAXIMA DETERMINADA. Art. 215-2

Calibre mínimo: # 10 AWG (5.26 mm²)
No Menos de 30 amp.

DEMANDA MAXIMA: es :

"LA SUMA DE LA CARGA DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS ABASTECIDOS, MULTIPLICADA POR EL "FACTOR DE DEMANDA"

FACTOR DE DEMANDA

$$F.D. = \frac{\text{DEMANDA MAXIMA}}{\text{CARGA CONECTADA}}$$

DETERMINACION DE FACTORES DE DEMANDA

PARA:

ALUMBRADO
GENERAL

_____ / SEGUN TABLA 220-11

CONTACTOS

_____ / CARGA INDEFINIDA
ESTIMAR 180 W/Ø
Y APLICAR
TABLA 220-13

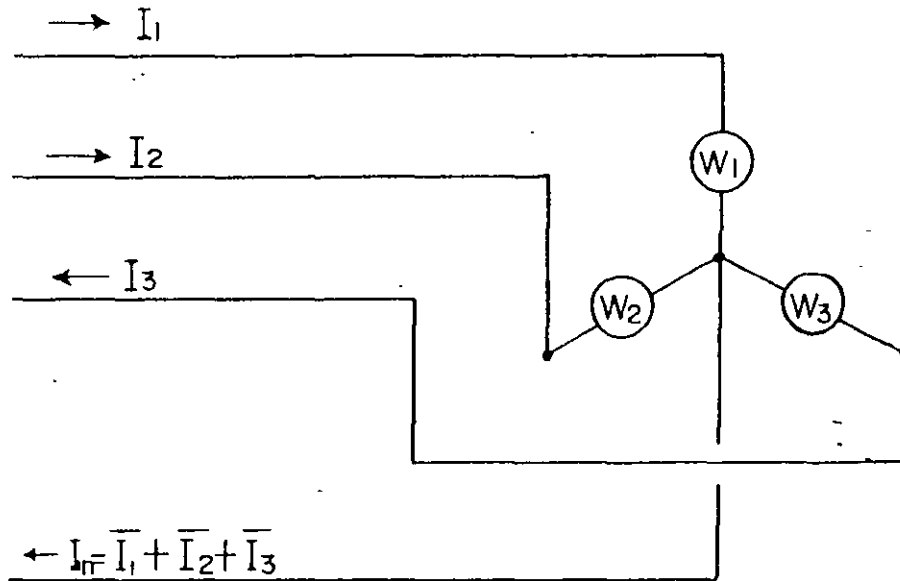
APARATOS

_____ / UN [A]/Ø F.D.=100 %
DOS O MAS [A]/Ø
F.D.= 75 %
[A] CALEFACCION
F.D.= 100 %

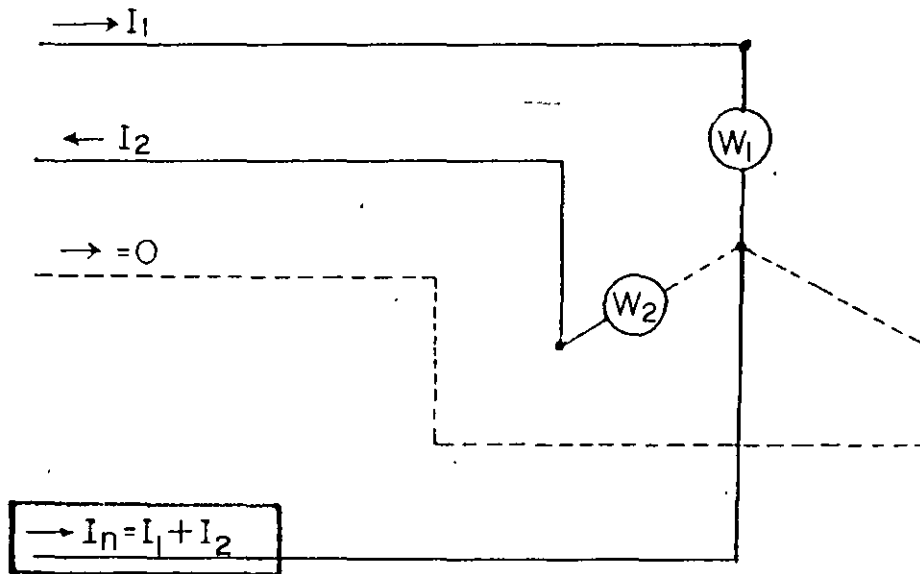
MOTORES

_____ / SE CONSIDERA NORMA :
CIRCUITO PARA DOS O
MAS MOTORES

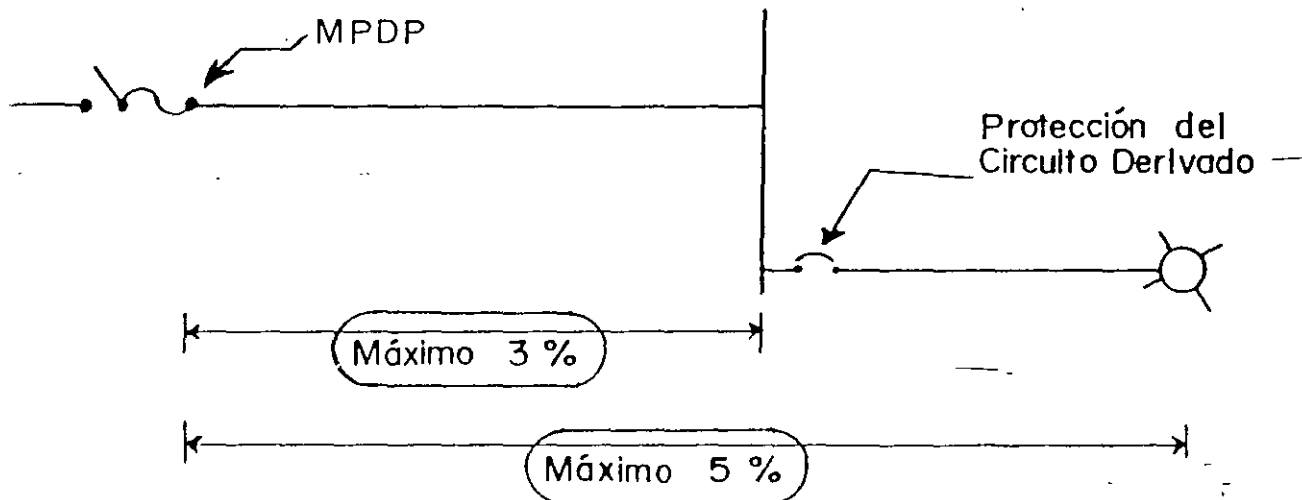
CARGA DEL CONDUCTOR NEUTRO



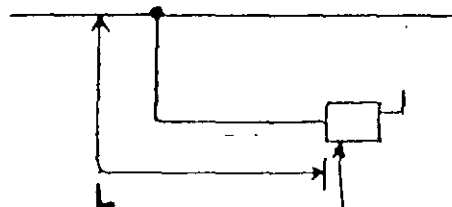
Sí $W_1 > W_2 > W_3 \rightarrow$ CONSIDERAR "DESEQUILIBRIO MAXIMO"



CAIDA DE TENSION



DERIVACIONES



$L > 10 \text{ m} :$

- DERIVACION MISMA CAPACIDAD DE ALIMENTADOR.

$L \leq 10 \text{ m} :$

- DERIVACION PUEDE TENER $1/3$ DE LA CAPACIDAD DEL ALIMENTADOR, PERO CON SUFICIENTE CAPACIDAD PARA LA CARGA.*
- TERMINAR EN UN DISPOSITIVO DE SOBRECORRIENTE DE LA MISMA CAPACIDAD DE LA DERIVACION.

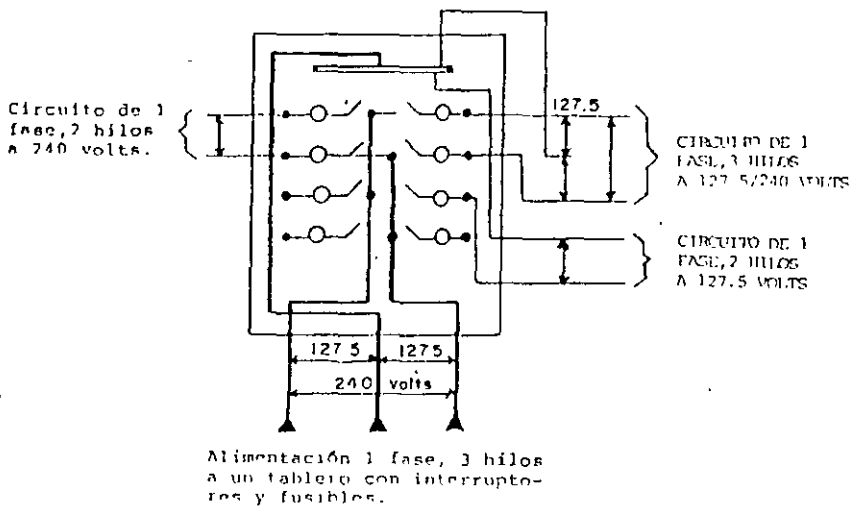
* NO SI $L \leq 3 \text{ m}$.

TABLERO DE DISTRIBUCION

OBJETIVOS:

- ① DISTRIBUIR LA ENERGIA ELECTRICA, POR GRUPOS O ZONAS DE UTILIZACION, DERIVANDO DE ÉL LOS CIRCUITOS.
- ② PROTEGER A LOS CIRCUITOS DERIVADOS
- ③ CENTRO DE OPERACION DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS.

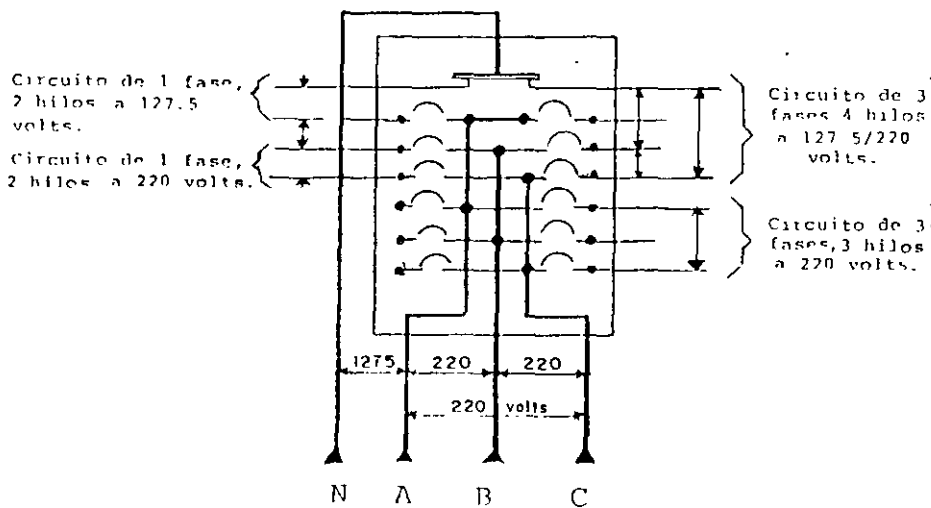
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:



LOS TABLEROS DE CIRCUITOS DERIVADOS

Contienen:

- 1.- Barras alimentadoras de corriente y neutra.
- 2.- Interrupción.
 - a).- Interruptores
 - b).- Interruptores automáticos
 - c).- Ninguno
- 3.- Protección del circuito.
 - a).- Fusibles
 - b).- Interruptores automáticos



ALIMENTACIÓN DE 3 FASES A UN TABLERO DE 3 FASES

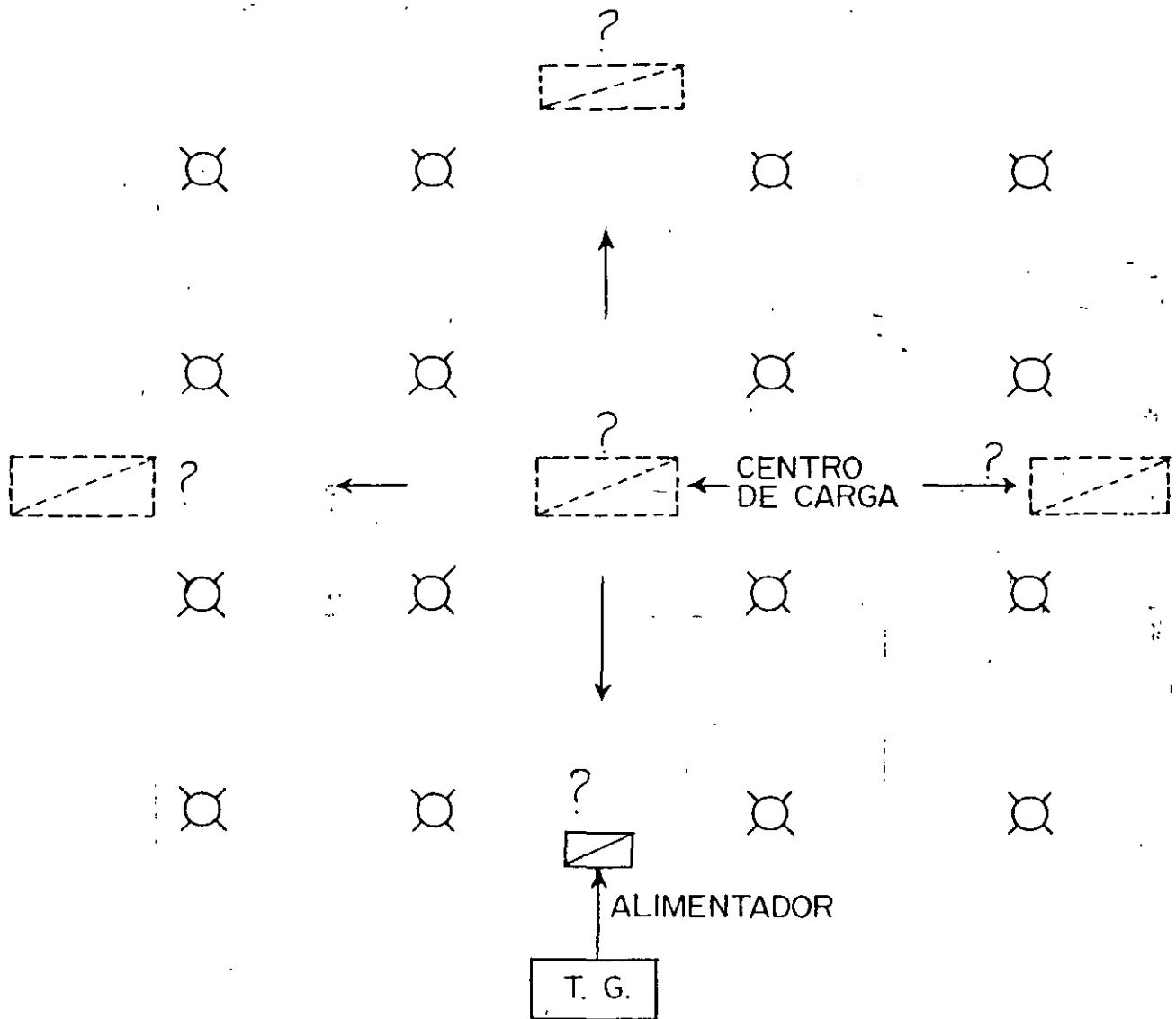
TABLEROS DE DISTRIBUCION

USOS:

- 1).- DISTRIBUIR ENERGIA
- 2).- PROTEGER LOS CIRCUITOS
- 3).- OPERAR LOS CIRCUITOS

PRINCIPALES CONDICIONES A ANALIZAR RELATIVAS A LOS TABLEROS:

- 1).- CANTIDAD DE CIRCUITOS (MAX 42)
- 2).- USO
- 3).- LOCALIZACION RELATIVA A LAS CARGAS QUE CONTROLA. (CENTRO DE CARGA).
- 4).- LOCALIZACION RELATIVA A LA TRAYECTORIA DE SU ALIMENTADOR.
- 5).- ACCESIBILIDAD



¿ CUAL ES LA UBICACION CORRECTA DEL CENTRO DE CARGA?

Tabla 220-11. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado

| Tipo de local | Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (en VA) | Factor de demanda por ciento |
|---|--|------------------------------|
| Almacenes | Primeros 12500 o menos | 100 |
| | A partir de 12500 | 50 |
| Hospitales* | Primeros 50000 o menos | 40 |
| | A partir de 50000 | 20 |
| Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina* | Primeros 20000 o menos | 50 |
| | De 20001 a 100000 | 40 |
| | A partir de 100000 | 30 |
| Unidades de vivienda | Primeros 3000 o menos | 100 |
| | De 3001 a 120000 | 35 |
| | A partir de 120000 | 25 |
| Todos los demás | Total VA | 100 |

* Los factores de demanda de esta Tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile

220-12 Alumbrado de escaparates. Para el alumbrado de escaparates se debe incluir una carga no inferior a 200 VA por cada 305 mm de escaparate, medido horizontalmente a lo largo de su base

NOTA: Para los circuitos derivados de escaparates, véase 220-3(c), Excepción 3

220-13. Cargas para receptáculos en locales que no sean de vivienda. En edificios que no sean de vivienda, se permite añadir a las cargas de alumbrado cargas para receptáculos de no más de 180 VA por salida, según 220-3(c)(7), sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-11 o también sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-13

Tabla 220-13. Factores de demanda para cargas de receptáculos en edificios no residenciales

| Parte de la carga de receptáculos a la que se aplica el factor de demanda (VA) | Factor de demanda por ciento |
|--|------------------------------|
| Primeros 10 kVA o menos | 100 |
| A partir de 10 kVA | 50 |

Tabla 210-24 Resumen de requisitos de los circuitos derivados

| Capacidad de conducción de corriente nominal del circuito (A) | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|--|-----------------|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Conductores (tamaño nominal mínimo mm ² -AWG): | | 3.3(12) 2.082(14) | 5.26(10) 2.082(14) | 3.38(8) 3.3(12) | 13.3(6) 3.3(12) |
| Conductores del circuito* - - | 2.082(14) | Véase 240-4 | | | |
| Derivaciones | 2.082(14) | | | | |
| Cables y cordones de aparatos eléctricos | | | | | |
| Protección contra sobrecorriente (A) | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Dispositivo de salida: Portalámparas permitidos | De cualquier | De cualquier | Servicio pesado | Servicio pesado | Servicio pesado |
| Capacidad de conducción de corriente admisible del receptáculo** | Tipo 15 A máx. | Tipo 15 o 20 A. | 30A | 40 o 50 A | 50 A |
| Carga Máxima (A) | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Carga permisible | Véase 210-23(a) | Véase 210-23(a) | Véase 210-23(b) | Véase 210-23© | Véase 210-23© |

*Estos tamaños se refieren a conductores de cobre

**Para la capacidad de conducción de corriente de los aparatos eléctricos de alumbrado por descarga conectados con cordón y clavija, véase 410-30©

210-2. Otros Artículos para circuitos derivados con propósitos específicos. Los circuitos derivados deben cumplir este Artículo y también las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta NOM. Las disposiciones de los circuitos derivados que alimentan equipos de la siguiente lista, modifican o complementan las disposiciones de este Artículos y se deben aplicar a los circuitos derivados referidos en las mismas:

| Concepto | Artículo | Sección |
|--|----------|----------|
| Anuncios luminosos y alumbrado de realce | | 600-6 |
| Barras colectoras | | 364-9 |
| Casas móviles, casas prefabricadas y estacionamientos de casas móviles | 550 | |
| Circuitos y equipos que funcionan a menos de 50V | 720 | |
| Circuitos de control remoto, señales y con limitación de corriente de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 | 725 | |
| Computadoras electrónicas/equipo de proceso de datos | | 645-5 |
| Distribución en circuito cerrado y de corriente programada | 780 | |
| Elevadores, montacargas, escaleras y pasillos móviles, elevadores para sillas de ruedas | | 620-61 - |
| | | 440-6 |
| Equipo de aire acondicionado y refrigeración | | 440-37 |
| | | 440-32 |
| Equipo de calefacción central, excepto de calefacción central eléctrica fija | | 422-7 |
| Equipo de calefacción central eléctrica fija | | 424-3 |
| Equipo de calefacción industrial por lámparas de infrarrojos | | 422-15 |
| | | 424-3 |
| Equipo de calefacción por inducción y dieléctrico | 665 | |
| Equipo eléctrico exterior fijo de deshielo y fusión de la nieve | | 426-4 |
| Equipo de grabación, de sonido y similares | | 640-6 |
| Equipo de rayos X | | 660-2 |
| | | 517-73 |
| Estudios cinematográficos y de TV y locales similares | 530 | |
| Grúas y elevadores | | 610-42 |
| Maquinas de soldar eléctricas | 630 | |
| Marinas y muelles de yates | | 555-4 |
| Motores, circuitos de motores y controladores | 430 | |
| Organos de tubos | | 650-6 |
| Sistemas de alarmas contra incendios | 760 | |
| Tableros de distribución y paneles de alumbrado y control | | 384-32 |
| Teatros, zonas de espectadores en estudios cinematográficos y de televisión y locales similares. | | 520-41 |
| | | 520-52 |
| | | 520-62 |
| Vehículos recreativos y estacionamientos de vehículos recreativos | 551 | |

Tabla 210-21 (b) (2) Carga máxima a un receptáculo para aparatos eléctricos con cordón y clavija

| Capacidad de conducción de corriente nominal del Circuito (A) | Capacidad de conducción de corriente admisible de la Base (A) | Carga máxima (A) |
|---|---|------------------|
| 15 o 20 | 15 | 12 |
| 20 | 20 | 16 |
| 30 | 30 | 24 |

Tabla 210-21 (b) (3) Capacidad de conducción de corriente admisible de receptáculos en circuitos de diversas capacidad.

| Capacidad de conducción de corriente nominal del Circuito (A) | Capacidad de conducción de Corriente admisible del receptáculo (A) |
|---|--|
| 15 | No mas de 15 |
| 20 | 15 o 20 |
| 30 | 30 |
| 40 | 40 o 50 |
| 50 | 50 |

Tabla 220-3(b) Cargas de alumbrado general por uso de edificio

| Uso de edificio | Carga unitaria (VA/m ²) |
|---|-------------------------------------|
| Almacenes | 2,5 |
| Bancos | 35** |
| Casa de huéspedes | 15 |
| Clubes | 20 |
| Colegios | 30 |
| Cuarteles y auditorios | 10 |
| Edificio de oficinas | 35** |
| Edificios industriales y comerciales | 20 |
| Estacionamientos públicos | 5 |
| Hospitales | 20 |
| Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina* | 20 |
| Iglesias | 10 |
| Juzgados | 20 |
| Peluquerías y salones de belleza | 30 |
| Restaurantes | 20 |
| Tiendas | 30 |
| Unidades de vivienda* | 30 |
| En cualquiera de las construcciones anteriores excepto en Viviendas Unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares: | |
| Lugares de reunión y auditorios | 10 |
| Recibidores, pasillos, armarios, escaleras | 5 |
| Lugares de almacenajes | 2,5 |

*Todas las salidas para receptáculos de uso general de 20 A nominales o menos, en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los clientes de hoteles y moteles (excepto las conectadas a los circuitos de receptáculos de corriente eléctrica especificados en 220-4(b) y (c); se deben considerar tomas para alumbrado general y en tales salidas no son necesarios cálculos para cargas adicionales.

**Además se debe incluir una carga unitaria de 10,5 VA/m² para salidas receptáculos de uso general cuando no se sepa el número real de este tipo de tomas.

Tabla 220-32 Cálculo opcional de los factores de demanda de unidades multifamiliares con tres o más viviendas

| Número de unidades de vivienda | Factor de demanda por ciento |
|--------------------------------|------------------------------|
| 3-5 | 45 |
| 6-7 | 44 |
| 8-10 | 43 |
| 11 | 42 |
| 12-13 | 41 |
| 14-15 | 40 |
| 16-17 | 39 |
| 18-20 | 38 |
| 21 | 37 |
| 22-23 | 36 |
| 24-25 | 35 |
| 26-27 | 34 |
| 28-30 | 33 |
| 31 | 32 |
| 32-33 | 31 |
| 34-36 | 30 |
| 37-38 | 29 |
| 39-42 | 28 |
| 43-45 | 27 |
| 46-50 | 26 |
| 51-55 | 25 |
| 56-61 | 24 |
| De 62 en adelante | 23 |

TABLEROS DE CIRCUITOS DERIVADOS

DEFINICION.- Tablero de circuitos derivados para alumbrado y aparatos, es aquél que tiene más del 10 por ciento de sus elementos de protección contra sobrecorriente calibrados a 30 amperes o menos y está dotado de barra para conexiones al neutro.

NORMAS GENERALES PARA LA SELECCION DE UN TABLERO DE CIRCUITOS DERIVADOS

- 1.- No más de 42 circuitos derivados monopolares de un solo tablero.
- 2.- La mayor distancia permitida en los conductores entre tablero y la primera salida es de 30 metros.
- 3.- Los tableros deberán instalarse en sitios de fácil acceso.
- 4.- Los tableros deberán instalarse tan cercanos como sea posible a su centro de carga.
- 5.- Para interrumpir un circuito desde su tablero, deberá usarse un interruptor de cuchillas provisto de fusibles o un disyuntor termomagnético.
- 6.- Para la localización de los tableros, deberá considerarse la menor longitud posible de su alimentador y el mínimo de curvas en su recorrido.
- 7.- La capacidad de corriente mínima de las barras alimentadoras de los tableros, deberá ser igual o mayor a la mínima requerida por los cables-alimentadores para abastecer la carga.
- 8.- Un tablero para alumbrado y aparatos alimentado con una línea protegida a más de 200 amperes, debe contar en su alimentación con protección contra sobrecorriente con capacidad no mayor que la del tablero, sin exceder 200 amperes.
- 9.- En edificios comerciales, institucionales y multifamiliares, incluyendo hoteles, se recomienda instalar por lo menos un tablero de circuitos derivados para alumbrado y aparatos en cada planta.
- 10.- Una vez seleccionados los circuitos derivados para alumbrado y aparatos, así como el tamaño, tipo y localización de tableros, deberá consignarse en planos y una tabla que indique: designación de cada tablero; localización, número y capacidad de los circuitos derivados, su carga conectada, tipo y capacidad de sus elementos de protección, capacidad de los alimentadores, tamaño y tipo del interruptor general con su elemento de protección y todas aquellas indicaciones que sirvan para aclarar al instalador las intenciones del proyectista.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

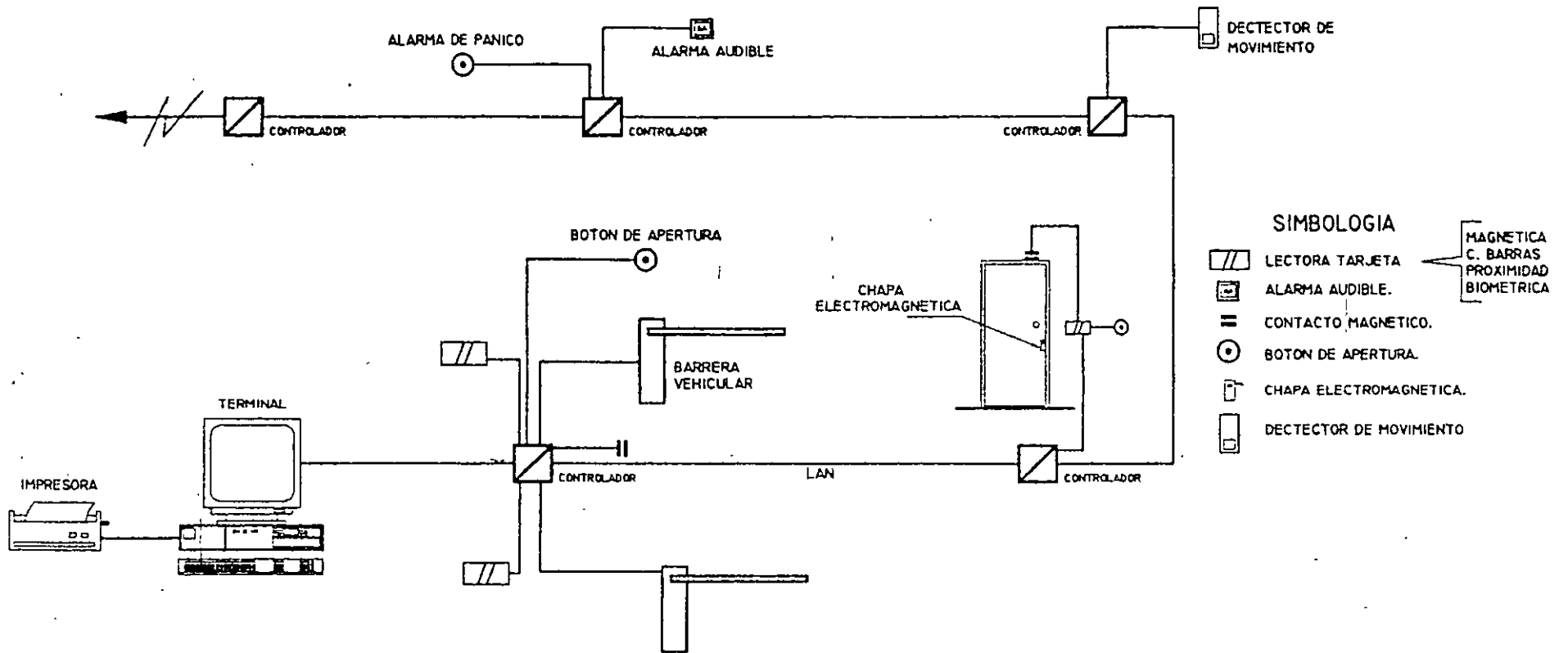
22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema INSTALACIONES ESPECIALES

**EXPOSITOR: ING. PABLO ZAPIAIN LECHUGA
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

ALARMAS Y CONTROL DE ACCESOS

DIAGRAMA DE BLOQUE



INSTALACIONES ELECTRICAS ESPECIALES

Introducción

El fin último de toda obra que se proyecta y realiza, es prestar un servicio eficaz y eficiente. Estas metas sólo pueden alcanzarse mediante el equilibrio de todos los componentes, sistemas y subsistemas que integran el conjunto y lo hacen funcional y económico a lo largo de su vida útil.

Los "Sistemas de Comunicaciones, de Seguridad y Automatización" forman parte de ese conjunto y deben planearse oportunamente con una adecuada visión del futuro, habida cuenta de la natural variación y expansión de demandas y necesidades, y del acelerado progreso tecnológico que estamos viviendo. Esto es lo que se ha llamado eufemísticamente "Edificio Inteligente".

En esta sesión, habremos de cubrir los aspectos básicos de planeación y construcción de las instalaciones de este tipo, que con mayor frecuencia se presentan en los edificios, cuya importancia no puede soslayarse ya que constituyen los "sentidos" que permiten la operación eficaz del conjunto.

Las instalaciones más comunes en los edificios son:

1 Instalaciones para Comunicación

- A Redes para Voz y/o Datos: Cubren las comunicaciones telefónicas y la transmisión de datos, internos y externos
- B De Sonido: Para música y voiceo
- C De televisión: Distribución de señales de T.V.

2 Automatización

Para la supervisión (monitoreo) y control de los sistemas electromecánicos del Edificio.

3 Seguridad

- A Detección y Alarma de Incendio
- B Alarmas Contra Intrusión y Asalto
- C Control de Accesos
- D Circuito Cerrado de T.V.

1 Instalaciones de Comunicación

Consideraciones Generales

En primera instancia y de acuerdo con la dirección del proyecto, debe procederse a la definición de las necesidades presentes y futuras para todos los tipos de instalación que pueden intervenir, a fin de no incurrir en duplicidades u omisiones.

En muchos casos el estudio integral de necesidades, puede mostrar que es posible resolver conjuntamente las Redes de Teléfonos y Computo ya que ambos en esencia son para comunicación, y se diferencian solamente en que las primeras, tradicionalmente son para el manejo de voz las segundas, son redes para el manejo de Datos.

La realidad, es que en muchas ocasiones, ambos servicios pueden resolverse con un sólo sistema, debidamente estructurado.

En muchas ocasiones, es indispensable diseñar conjuntamente los sistemas de comunicaciones, con los de Sonido, Seguridad y Automatización, para coordinar bien las canalizaciones y las trayectorias comunes.

En otras palabras, es cada día mas cierto que los sistemas de Comunicación, Alarma y Control deben ser diseñados y ejecutados integralmente para cada caso específico y que ya es común tratar con sistemas integrales de estas instalaciones.

Dado que se trata de resolver integralmente, se deben determinar las necesidades y alcances de los servicios, para posteriormente proceder a estudiar las soluciones aplicables.

La determinación correcta de las necesidades significa conocer: Uso del edificio, usos específicos por áreas, densidad de población fija y flotante, tipo de servicio que prestará cada área o dependencia, condiciones restrictivas y de seguridad, áreas de alto riesgo, etc.

Con ese conocimiento, y en función de los programas y proyectos arquitectónicos bien definidos, se debe efectuar un anteproyecto, en el cual se establezcan claramente los alcances y cobertura de cada sistema, tomando en cuenta la normatividad aplicable en cada caso. Considerando que se trata de especialidades, en la mayoría de los casos resulta indispensable la asistencia del especialista.

De este anteproyecto debe tenerse la solución conceptual de cada sistema y en su caso la integración global.

De estas soluciones conceptuales y los respectivos diagramas de bloque, se procederá a preparar planos preliminares en los que deben ubicarse con la simbología respectiva, todos los servicios requeridos, procediendo a la proposición de trayectorias de canalización y distribución más funcionales, de acuerdo con los lineamientos siguientes:

- 1 La distribución debe hacerse en forma escalonada y radial. Cada punto extremo de distribución, no debe excederse en el Número de salidas, particularmente en el caso de Redes de Voz y Datos.
- 2 La canalización se origina en el sitio elegido para la concentración de los servicios, o sea en el "Distribuidor General" y de aquí se ramifica al o los edificios y hacia el exterior para hacer el enlace correspondiente, usando "Distribuidores Intermedios" y finalmente "Distribuidores Locales".
- 3 Para servicios de Voz y Datos y preferentemente en todos los tipos de instalaciones, deben existir siempre en las instalaciones primarias de distribución doble capacidad de canalización, de manera tal que siempre sea posible y expedita la introducción de cables para sustitución de otros dañados, o para crecimiento. De hecho en algunos casos debe dejarse una doble tubería, particularmente en las trayectorias verticales y en exteriores.

Nota

No deben extenderse tuberías a más de 20 m sin registros, ni debe hacerse más de 2 curvas entre registros.

Los registros de muro deben colocarse en áreas públicas a una altura entre 100 cm sobre el nivel de piso terminado, para facilitar su acceso y atención.

SISTEMAS DE SONIDO

Objetivo del Sistema y determinación de necesidades

Un sistema de sonido Comercial, es aquel que se aplica a instituciones como Hoteles, Restaurantes, Bares, Hospitales, Edificios de Oficinas, etc., cuyos objetivos primordiales son:

- I Música de fondo
- II Llamadas a personal (voceo)
- III Ambos

De lo anterior se puede concluir que el sistema no requiere forzosamente Alta Fidelidad, por lo que es mas suficiente contar con un equipo capaz de reproducir audio frecuencias del orden de 45 a 14000 hertz con menos de 1% de distorsión total, a un nivel normal de operación.

Un equipo comercial, debe ser sencillo dentro de lo posible, para que su operación y mantenimiento sean relativamente simples en función del personal disponible, y debe ser robusto ya que por lo general opera entre 8 y 16 horas diarias continuas eventualmente recibe tratos inconvenientes.

Por lo general, los sistemas no son tan simples como en ocasiones parecen y deben resolverse en función de las condiciones de operación por zonas como son:

No todas las áreas requieren el mismo horario de servicios, por lo que deben preverse canales o interruptores para manejarlos independientemente.

En sistemas grandes, se requerirá el uso de equipos materiales de distribución y zonificación.

Es posible que se requieran programas musicales o voceo diferentes en cada zona, lo que obliga a prever amplificadores separados.

Cuando en cierta área se requieren ambos servicios, es importante decidir si el voceo se superpondrá a la música de fondo a un nivel mayor, o si al efectuar llamadas, deberá cortarse la música de fondo para dar mayor inteligibilidad a las palabras, en este último caso se requerirá un dispositivo automático de corte, actuado mediante el botón operador del micrófono de voceo.

La práctica usual en un sistema comercial con más de 10 bocinas, (por decir una cifra) es distribuir la salida de audio, mediante el sistema de voltaje constante, (70 ò 100 volts) salida de la que están dotados los amplificadores comerciales. Esto

permite evitar complicadas conexiones serie-paralelo entre las bocinas, para igualar impedancias entre el amplificador y estas.

En el sistema de voltaje constante, la conexión de bocinas se hace en paralelo aplicando transformadores de línea (primario a 70/100 V y secundario en 4, 8 ò 16 ohms) y esto simplifica enormemente los alambrados.

No obstante siempre es posible que un transformador o un ramal de la línea pueda sufrir un "corto circuito", esto conduciría a que gran parte de la energía de salida del amplificador, se perdería y el volumen de todas las bocinas conectadas a éste se anularía. Como es de comprenderse es muy difícil determinar cual transformador se puso en "corto circuito" o que ramal ocurrió este, por ello es definitivamente necesario dividir el sistema de circuitos razonados que terminados en tablillas de conexión o en un tablero de interruptores, permitan detectar fácilmente la falla y aislarla sin afectar todo el sistema.

Adicionalmente en locales cuyas condiciones acústicas son críticas, como son, iglesias, auditorios, gimnasios, etc., es necesario contar con circuitos de bocinas, arreglados en tal forma, que sean susceptibles de poner en operación solamente aquellas bocinas que sirven a las zonas ocupadas pro el público, a fin de eliminar al máximo los problemas de reverberación.

Selección de Equipo

Clasificación de bocinas y cajas acústicas (altavoces), según su construcción y servicio:

| | |
|-------------------|----------------------------|
| | Baffle sencillo (1 bocina) |
| Servicio Interior | |
| | Columna Sonora (varias) |
| | Columna Sonora |
| Servicio Exterior | |
| | Trompeta Reentrante |

Se indicó que la respuesta mínima sería entre 45 y 14000 hertz, esto dependerá de las características constructivas de la bocina como son diámetro del cono, diámetro de la bobina de voz, relación entre los anteriores diámetros, densidad del flujo

- 5 para ruido ambiente bajo
- 8 para ruido ambiente medio
- 12 para ruido ambiente alto ----

$$\text{Potencia por bocina} = \frac{P_t}{\text{n\u00fam. de bocinas}}$$

Cuando se colocan altoparlantes en el techo, en el caso de locales de no m\u00e1s de 4 m. De altura, la distancia entre altoparlantes para lograr la mejor distribuci\u00f3n se obtiene aproximadamente como sigue:

$$D = 2.4 (H-1.5)$$

en que: $D =$ Separaci\u00f3n entre bocinas en M

$H =$ Altura del local en M

Servicio Exterior

Usando Trompetas Reentrantes se tiene:

$$P_{t60} = 0.4 D \text{ (trompeta con radiaci\u00f3n a } 60^\circ)$$

$$P_{t30} = 0.2 D \text{ (trompeta con radiaci\u00f3n a } 30^\circ)$$

en que:

$D =$ Distancia en metros al oyente intermedio. (profundidad)

$P =$ Potencia nominal de cada trompeta en watts

En cuanto al n\u00fam. de trompetas a utilizar, se obtiene

$$N_{60} = \frac{F}{1.16 D} \quad \text{y} \quad N_{30} = \frac{F}{0.54 D}$$

en que:

$F =$ Frente en metros que se pretende cubrir

Cuando se usan trompetas, se debe considerar y muy especialmente cuando se aplican con radiaci\u00f3n a 30° , que deban estar a cierta distancia del oyente m\u00e1s pr\u00f3ximo, para evitar que este reciba demasiada intensidad, esto se resuelve

elevando la trompeta sobre el nivel del auditorio, e inclinándola adecuadamente, con una tendencia a obtener una distancia uniforme con respecto a todo el auditorio. Caso muy parecido a la forma en que se aplica un reflector de alumbrado.

La trompeta reentrante se debe usar cuando se trata de obtener gran penetración, o sea lograr alcances profundos.

También es aplicable para niveles de alto ruido ambiente.

En el caso en que se aplican columnas sonoras, tanto en interiores como exteriores,

Se tiene que:

$$Pt = 0.8 D$$

$$N = \frac{F}{2D}$$

El montaje de una columna, debe ser relativamente bajo y dirigido, ya que la radiación es aproximadamente de 130 ° en ángulo horizontal y 40° en el ángulo vertical.

Adicionalmente, la columna no posee gran penetración, por lo que no se recomienda para cubrir distancias mayores de 30 m.

Al seleccionar una columna, se deben verificar ciertas condiciones como son:

- + Las bocinas que la constituyen deben quedar lo más próximas posibles entre sí
- + Gabinete rígido que no vibre por la presión acústica
- + Acabado adecuado para el uso, especialmente para la intemperie, en que debe soportar lluvias, polvo, etc.

Faseado de Bocinas

Para aclarar este concepto, debemos considerar, que el sonido es una vibración que se trasmite al medio ambiente y que como toda onda vibratoria tiene máximos y mínimos. Si en un mismo instante una bocina emitiera un impulso positivo, en tanto que otra dentro del mismo local emitiera un impulso negativo. Obviamente se estarían contrarrestando y esto es totalmente indeseable, de aquí la necesidad de conectar todas las bocinas con idéntica polaridad. Esta operación se llama "faseado de Bocinas", para obtener un trabajo aditivo.

En otras ocasiones es por el contrario, necesario que operen en oposición, como cuando se instalan frente a frente logrando así un efecto aditivo.

CONTROLES DE VOLUMEN Y SELECTORES

Controles de Volumen

En ocasiones, es necesario controlar el volumen de sonido por áreas o locales individuales, ya que las características entre ellos en cuanto a personal que los ocupa, acústica del local, etc., presentan un panorama demasiado heterogéneo para admitir sólo un control de volumen central. Esto se resuelve mediante la aplicación de controles de volumen, que en esencia son potenciómetros que gobiernan la entrada de energía a la bocina.

La forma de aplicarlos puede ser variada, y en ocasiones se toma compleja, por lo que solamente mencionaré aplicaciones típicas.

El control puede instalarse:

- A En la caja acústica misma con operación interna o externa en función de si el ajuste que se pretende, es eventual o continuo.
- B En algún punto del local para que el usuario controle una o varias bocinas a voluntad
- C Varios en un tablero de control localizado estratégicamente, para desde ese punto controlar varias áreas públicas.

El control deberá ser capaz de manejar la potencia que demandarán las bocinas controladas. Esta potencia se especifica en watts, pero debe tomarse en cuenta que se refiere a watts continuos o sea valor RMS que es el caso del audio.

ELEMENTOS DE ACUSTICA

Audición al Aire Libre

La potencia acústica de la voz humana es muy pequeña en una conversación normal, la voz masculina tiene una potencia media de 34 uW y la femenina de 19 uW. Si todos los habitantes del Distrito Federal (10 millones) hablarán al mismo tiempo, producirían solo una potencia acústica de unos 250w. Lo que explica que la inteligibilidad al aire libre sea ya defectuosa a unos cuantos metros de distancia. El sonido proporcionado por el sistema de sonido, debe estar dirigido adecuadamente por dos razones principales:

A El micrófono o los micrófonos no deben captar el sonido de los altavoces, pues de lo contrario se provoca una realimentación acústica.

Puede resonar también a ciertas frecuencias o incluso puede oscilar todo el sistema a una frecuencia determinada emitiendo entonces un silbido continuo.

B El sistema de sonido no debe causar molestias en las zonas vecinas. Esto impone también un límite a la potencia de salida.

Audiciones en Locales Grandes

En una sala de grandes dimensiones la debilidad de la voz humana es causa de la mala inteligibilidad mas allá de ciertas distancias, lo mismo que cuando se habla al aire libre, debe tenerse en cuenta que las frecuencias altas, que son las que mas contribuyen a la inteligibilidad, sufren una absorción considerablemente mayor que las notas graves que contribuyen a la potencia sonora, pero no a la inteligibilidad. Consecuentemente a cierta distancia del orador, existe un desequilibrio creciente entre la parte alta y baja del espectro sonoro, con notable perjuicio de la intelegibilidad.

Las notas graves darán la sensación de que la voz llega con intensidad suficiente, pero la debilidad de las notas agudas, harán que la voz sea ininteligible, de aquí, que la función del sistema de sonido no es simplemente amplificar el sonido, sino también, conservar la relación correcta del espectro sonoro, en la zona ocupada por el auditorio. El sistema de altavoces debe tener, por lo tanto, características direccionales adecuadas para hacer llegar el sonido a los lugares que lo necesitan y también, como hemos dicho anteriormente, para evitar que el sonido llegue a los micrófonos.

Audición en Locales Reverberantes

Se dice que un local reúne buenas condiciones acústicas, cuando los asistentes a una conferencia, a un concierto, o a una sesión de cine sonoro, reciben con perfecta nitidez la palabra y la música, o si se trata de una masa coral como música de órgano, cuando el auditorio se siente impresionado por la plenitud del sonido y por la majestuosidad de su conjunto.

El eco y la resonancia se originan del mismo modo, las ondas procedentes de un foco o manantial sonoro se propagan en línea recta en todas direcciones, con frente esférico y en el momento en que alcanzan a una persona producen en su oído cierta sensación. Si se trata de locales cerrados, las ondas sonoras llegan no sólo a las personas sino también a las paredes, techo y piso, los que las reflejan y las hacen llegar de nuevo al auditorio.

Cuando entre la llegada de la onda directa y de la primera onda reflejada, existe un intervalo de un veintavo de segundo o más (50 milisegundos), se perciben dos sensaciones sucesivas como si se tratara de dos sonidos, este fenómeno recibe el nombre de eco. En cambio, debido a la estructura del oído humano, cuando entre dos ondas sucesivas no transcurre ni un veintavo de segundo, se oye como un sólo sonido prolongado, por esta razón, se dice que un veintavo de segundo es el poder de separación del oído humano.

El conjunto de todas las sensaciones percibidas por el oído en un local cerrado procedentes de una onda directa y entre las cuales no haya un intervalo mayor de 50 milisegundos, constituye la reverberación. Esta se mide por su duración que es el "tiempo de reverberación".

La velocidad de propagación del sonido en el aire es de aproximadamente 340 m, por seg., 50 milisegundos corresponden a 17 m aproximadamente. Para evitar la formación del eco, las dimensiones de la sala y por tanto del camino a recorrer por las ondas sonoras han de ser tales que no debe haber mas de 17 m entre frente de la onda directa y la primera onda reflejada. Si bien, la reverberación es deseable para la audición de la música, resulta perjudicial para la inteligibilidad de la palabra, ya que el sonido indirecto o sonido reverberante tiene un nivel de intensidad, prácticamente igual a todos los puntos de la sala. En la figura A y B se representa el sonido reverberante por la recta horizontal. El sonido indirecto es ininteligible, el sonido directo de la voz del orador se debilita rápidamente con la distancia (la curva PD) y más allá de una cierta distancia es ya inferior al indirecto, en las primeras filas de la sala pueda entenderse perfectamente lo que dice el orador, no así en las filas de mas atrás. Los altavoces del sistema de sonido deben tener una característica direccional, de manera que el sonido vaya hacia la parte de atrás de la sala y lo menos posible hacia las superficies reflejasteis (techo y paredes). El sonido dirigido hacia el auditorio es absorbido casi totalmente por el público, las butacas, alfombras,

etc. De este modo se consigue que el sonido de los altavoces refuercen el nivel útil en la parte de atrás de la sala, sin elevar apreciablemente el nivel de reverberación.

Audición en un Ambiente Ruidoso

La inteligibilidad de la palabra puede ser afectada en gran medida por el nivel de ruido, especialmente por las componentes espectrales del ruido que cubren la gama de frecuencias de la palabra y particularmente en las notas altas que son las que contribuyen a la inteligibilidad. El sistema de sonido debe por tanto, reforzar esta gama de frecuencias de la palabra de modo que superen el ruido ambiente y restauren la inteligibilidad.

Según las consideraciones que preceden podemos resumir los requisitos de un sistema de sonido como sigue:

- A El micrófono debe captar el mínimo posible de sonido proveniente de los altavoces y de sonido interferente, reverberación y ruido.
- B Los altavoces deben dirigir el sonido hacia los lugares donde se necesita, y excluirlo en otros lugares, tales como donde se encuentra el micrófono y las superficies duras, altamente reflejantes del sonido.
- C Las características de frecuencia del sistema debe estar adaptada y las circunstancias para obtener los mejores resultados. La mayoría de las veces se requiere la atenuación de las notas graves que favorecen la reverberación. Una respuesta de frecuencia plana no es por tanto una característica de calidad de un sistema de sonido.

El Orador y el Auditorio

En el circuito orador-auditorio, intervienen cuatro elementos principales:

- + Orador
- + El micrófono
- + El amplificador
- + Los altavoces

El Orador:

Las características de un buen orador tocantes a la inteligibilidad son: una buena articulación, un nivel medio de intensidad de voz lo más constante posible y un ritmo apropiado. El sistema de sonido puede elevar el nivel de intensidad de un orador con poca voz y mantenerlo constante dentro de ciertos límites, pero no puede mejorar la articulación ni el ritmo del orador, hay que subrayar, que el sistema de sonido ayuda al orador a hacerse entender bajo circunstancias desfavorables ajenas

a su control, pero no es panacea para los malos oradores, por otra parte, hablar ante el micrófono exige una cierta disciplina del orador, este debe tener en cuenta que las variaciones de la distancia entre él y el micrófono -a causa de sus movimientos, producirán variaciones muy marcadas en el nivel de salida. Otro punto importante es que el sistema está diseñado e instalado de modo que sólo llegue al micrófono la voz del orador y no el sonido de los altavoces, el orador apenas deberá oírlos pero eso no debe de inducirle a hablar demasiado alto, cansándose sin necesidad, e incomodando incluso a los oyentes. Si se trata de un locutor que habla dentro de una cabina cerrada, ésta cabina no debe tener un amortiguamiento acústico excesivo, es decir paredes demasiado absorbentes, el locutor se oír así mismo débilmente y de modo natural tendería a hablar demasiado fuerte.

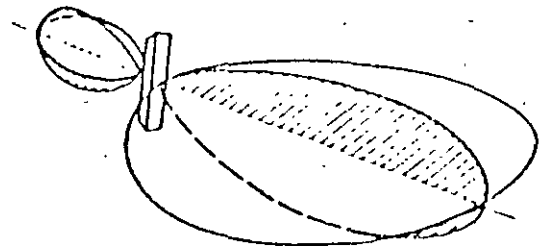
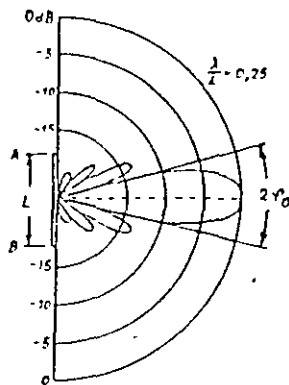
Por otra parte, una cabina demasiado reverberante es muy perjudicial para la inteligibilidad, pues esta reverberación es amplificada en unión con la señal y es dirigida por los altavoces hacia los lugares donde es menos deseable, otro tanto puede decirse de los ruidos, la cabina debe estar aislada contra los ruidos del exterior.

El Micrófono

Toda variación de la distancia entre locutor y el micrófono hace variar la potencia de salida del sistema como lo indicamos anteriormente, los inconvenientes derivados de una distancia demasiado pequeña son menos importantes, pueden ser neutralizados por un limitador de volumen en el amplificador, más difícil es contrarrestar los efectos de una distancia demasiado grande, es por eso que en los teatros con un escenario muy grande en el que los actores han de hablar a veces muy lejos del micrófono, plantean uno de los problemas electroacústicos más difíciles, porque además de la voz del locutor, el micrófono capta el sonido reverberante (lo que implica siempre una realimentación acústica) y el ruido ambiente. La relación entre el sonido útil y el sonido reverberante disminuye a medida que el locutor se aleja del micrófono, además, el sonido perjudicial captado por el micrófono, es amplificado por el sistema y dirigido hacia el auditorio, con lo que aumenta el efecto interferente. Todo esto obliga a usar micrófonos direccionales, los más eficaces son los de características hipercardiode, su sensibilidad en la dirección privilegiada es de 6 dB mayor que la sensibilidad media para el sonido difuso y su sensibilidad media es de 12 dB mayor en el semiespacio anterior (frente) que en el posterior (auditorio) si se desea un efecto direccional más pronunciado, ha de emplearse una columna de micrófono, es decir, un grupo de micrófonos iguales alineados verticalmente. En la Fig. C se representa la característica direccional típica de una columna de micrófonos en el plano de simetría longitudinal, este diagrama es también válido para una columna de altavoces. Como se ve existen lóbulo principal en dirección perpendicular a la columna, el semi-ángulo de apertura F_1 de este lóbulo es tanto menor cuanto más larga es la columna, y cuanto menor es la longitud de onda. El diagrama de la figura corresponde a una longitud de onda igual a 0.25 de longitud de la columna, la característica direccional en el plano perpendicular a la columna es la que

corresponde a un sólo micrófono, así pues una forma de aumentar la inmunidad del sistema de sonido al ruido y a la reverberación, es emplear en vez de un micrófono aislado una columna vertical cuyo plano medio se haya a la altura de las cabezas de los actores.

Cuando se ha de hablar en un local muy ruidoso, por ejemplo una sala de máquinas, puede recurrirse a otro artificio. Los micrófonos hipercardioides y los de tipo denominado de gradiente de presión, tienen la propiedad de que su sensibilidad para las frecuencias bajas aumenta al disminuir la distancia entre el micrófono y la fuente de sonido. Si el locutor habla muy cerca del micrófono y mediante un filtro eléctrico o acústico, se asegura la respuesta para las frecuencias bajas y el resultado será una curva plana, pero para el ruido que procede de distancias mayores, la curva caerá bruscamente en las frecuencias bajas que son precisamente las predominantes en el ruido. Los micrófonos basados en este principio, se llaman supresores de ruido y permiten obtener buena inteligibilidad e incluso con un nivel de ruido de 115 dB.



Patrones de radiación de una columna y de un micrófono

Curva de Respuesta

Se ha dicho ya en la primera parte de estas notas que la curva de respuesta más adecuada para un sistema de sonido no es precisamente la plana, por diversas razones se requiere siempre una mayor o menor atenuación de las frecuencias bajas. Una primera razón para hacerlo así, es que la inteligibilidad depende principalmente de ciertos grupos de frecuencias altas.

De una manera cuantitativa aproximada podemos decir que la parte del espectro por debajo de los 800 Hz proporciona solamente un 25% de la inteligibilidad, aunque contribuye con un 70% a la potencia sonora total.

Que la parte comprendida entre 600 y 7000 Hz proporciona el 75% de la inteligibilidad aunque sólo aporta un 30% de la potencia. Una segunda razón que ya hemos citado, es que las frecuencias bajas son menos absorbidas por el aire que las altas, como resultado, a medida que aumenta la distancia entre los oyentes y los altavoces, las frecuencias bajas van predominando sobre las altas con perjuicio de la inteligibilidad. Una tercera razón es que la reverberación está integrada principalmente por frecuencias bajas, esto se debe en parte a lo que acabamos de decir su menor absorción en el aire, pero sobre todo a que las propiedades direccionales de los altavoces, columnas, bocinas, etc., son mucho menos pronunciadas para las frecuencias bajas que para las altas, por consiguiente las frecuencias altas son dirigidas correctamente hacia el auditorio, pero las bajas son irradiadas prácticamente en todas direcciones dando así lugar a la reverberación.

Altavoces

Un requisito indispensable para que el sistema de sonido de buenos resultados, es que el público no pueda localizar acústicamente los altavoces, es decir, que en cualquier lugar del auditorio se tenga la sensación de que el sonido procede del escenario, y no del techo y otro lugar donde se halle un altavoz cercano. Si los altavoces pueden colocarse cerca del orador la diferencia de dirección será imperceptible para el público o dicho de otro modo predominara la impresión visual que tiende a localizar el sonido en el orador, pero el peligro de la realimentación acústica impide colocar el altavoz demasiado cerca del micrófono a menos que se dé escasa potencia. Cuando un altavoz está situado a distancia considerable del orador es necesario, hacer imperceptible su presencia por otros medios.

Se ha comprobado que el oído establece la posición de una fuente sonora por el primer estímulo que recibe, dicho de otro modo, si después de un primer sonido el oído recibe otros sonidos iguales procedentes de otras direcciones, confundirá esta segunda dirección con la primera, incluso, cuando el sonido es potente (afectojas), sin embargo este fenómeno ocurre solamente entre ciertos límites. Si el segundo sonido supera al primero en más de diez fonos el oído lo percibirá distintamente.

Existe una relación entre el retardo y la intensidad permisible, la situación más favorable se consigue cuando el retardo está comprendido entre los 10 y 25 milisegundos, entonces es permisible una diferencia de intensidad de hasta 10 fonos a favor del segundo sonido.

Este retardo puede obtenerse de un modelo natural, por la diferencia de recorrido del sonido del altavoz y por la voz del locutor. Para lograr el retardo de 10 o más milisegundos la diferencia de recorrido debe de ser de 3.5 m o más.- Este sistema es fácil y cómodo cuando sólo se emplea un altavoz o una columna.

INSTALACIONES ESPECIALES

1) VOZ+DATOS

+ DISTRIBUICION TIPICA

- + CABLEADO ESTRUCTURADO.
- + CABLEADO CONVENCIONAL.
- + CANALIZACIONES.
- + CABLEADO.

2) SONIDO

+ DISTRIBUICION TIPICA

- + CABLEADO.
- + ACUSTICA DEL LOCAL.

3) SISTEMA DE SEGURIDAD

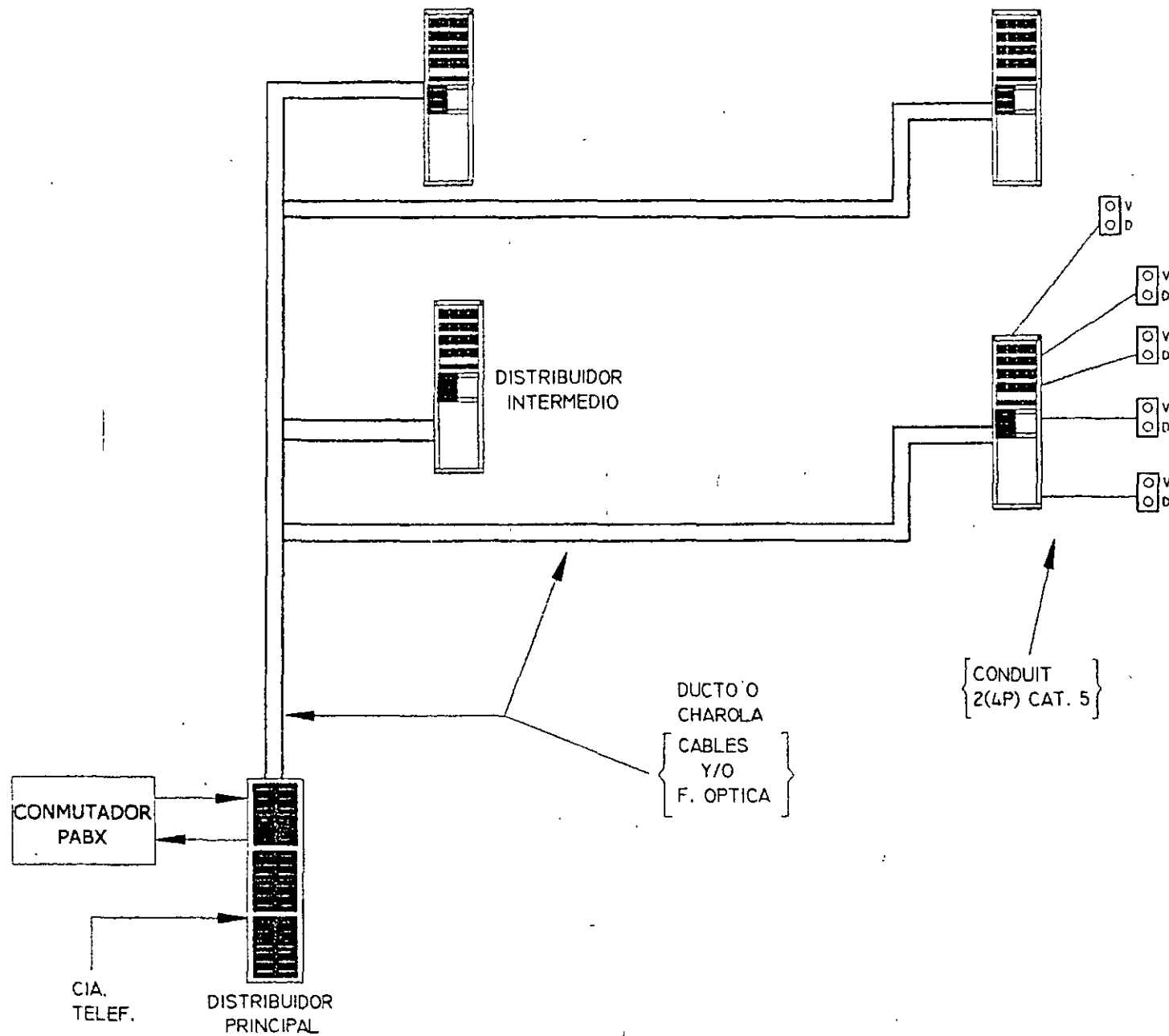
- + DETECCION Y ALARMA DE INCENDIO.
- + CIRCUITO CERRADO DE T.V.
- + ALARMAS Y CONTROL DE ACCESOS.

4) AUTOMATIZACION Y CONTROL

- + OBJETIVO: OPTIMIZACION DE RECURSOS HUMANOS Y ENERGETICOS.
- + CONFIGURACION BASICA.
- + SISTEMAS INTEGRADOS.

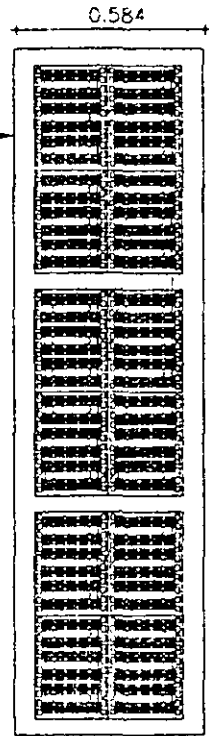
RED CABLEADO ESTRUCTURADO VOZ-DATOS

DIAGRAMA DE BLOQUE

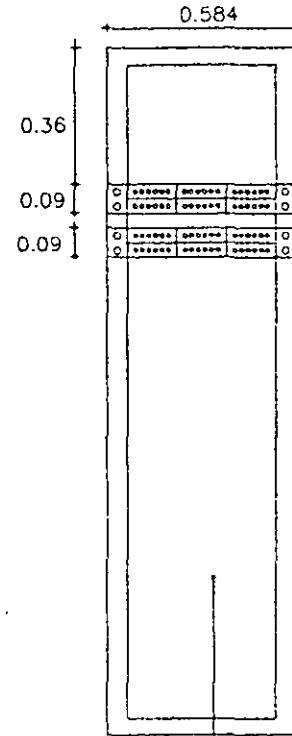


DISTRIBUIDOR PRINCIPAL (MDF)

BASTIDOR XL-3600 SIEMON CON
CAPACIDAD PARA 3600 PARES EN
12 REGLETAS 5110B DE 300
PARES CADA UNA COMPLETAS CON
BLOCK CONECTOR Y ETIQUETAS.



2.10



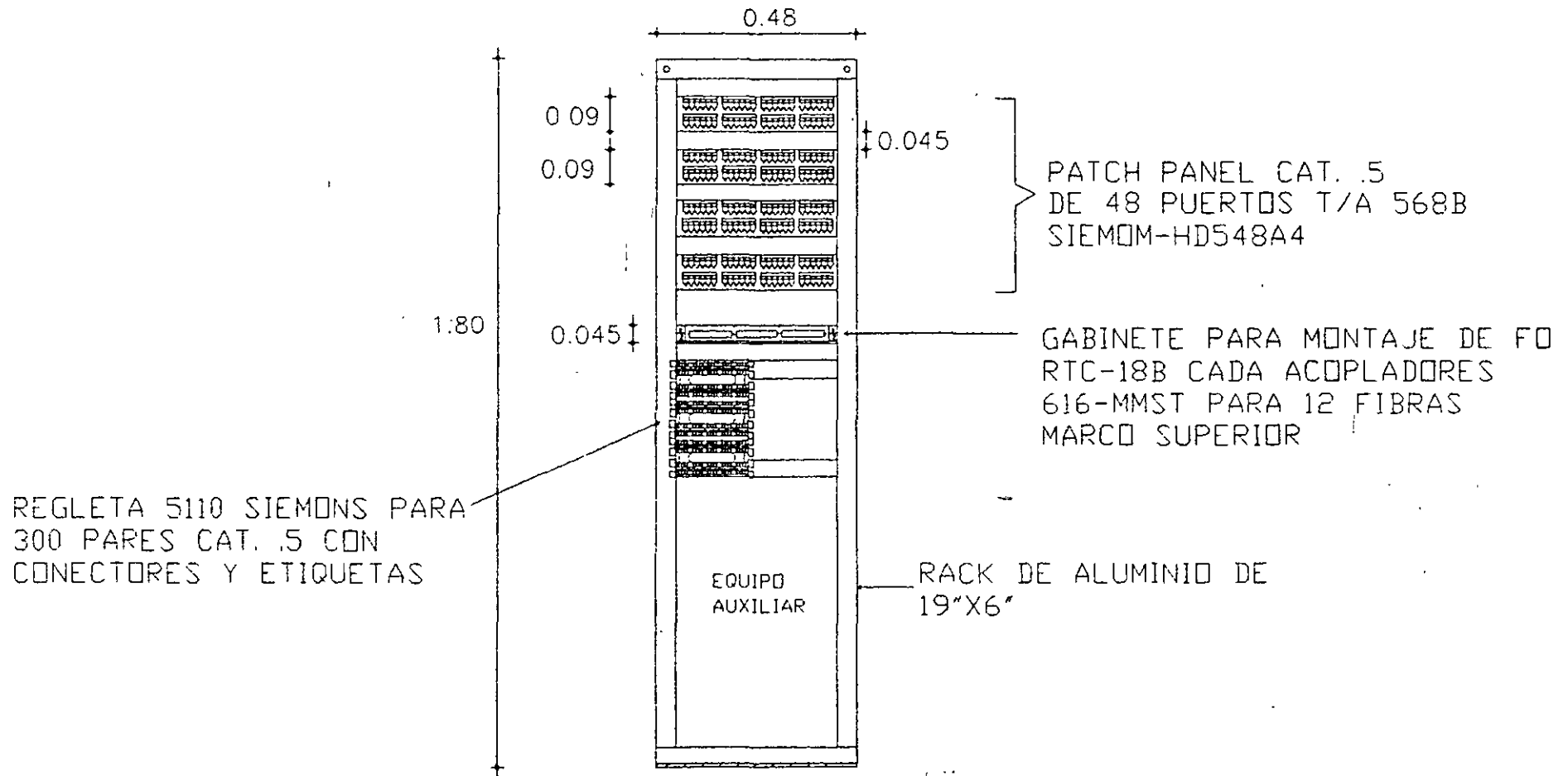
0.045

GABINETES PARA MONTAJE DE
FIBRA OPTICA DE 36 PUERTOS
CON CONECTORES ST RTC-36B
CON ACOPLADORES 616-MMST
MARCH SUPERIOR.

MDF

ESPACIO PARA LA COLOCACION
DE CHAROLAS Y EQUIPO ACTIVO

DISTRIBUIDOR INTERMEDIO (DI)



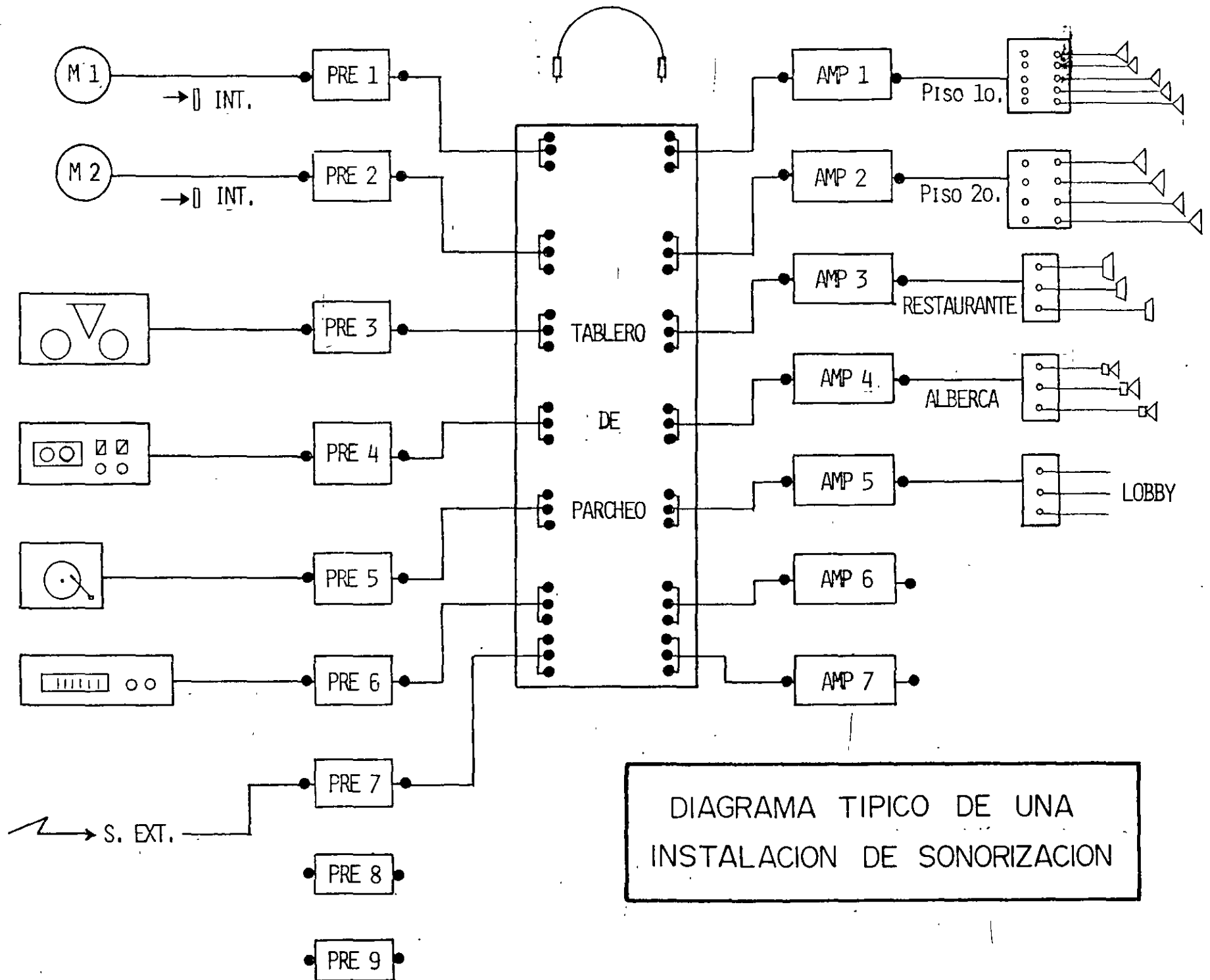
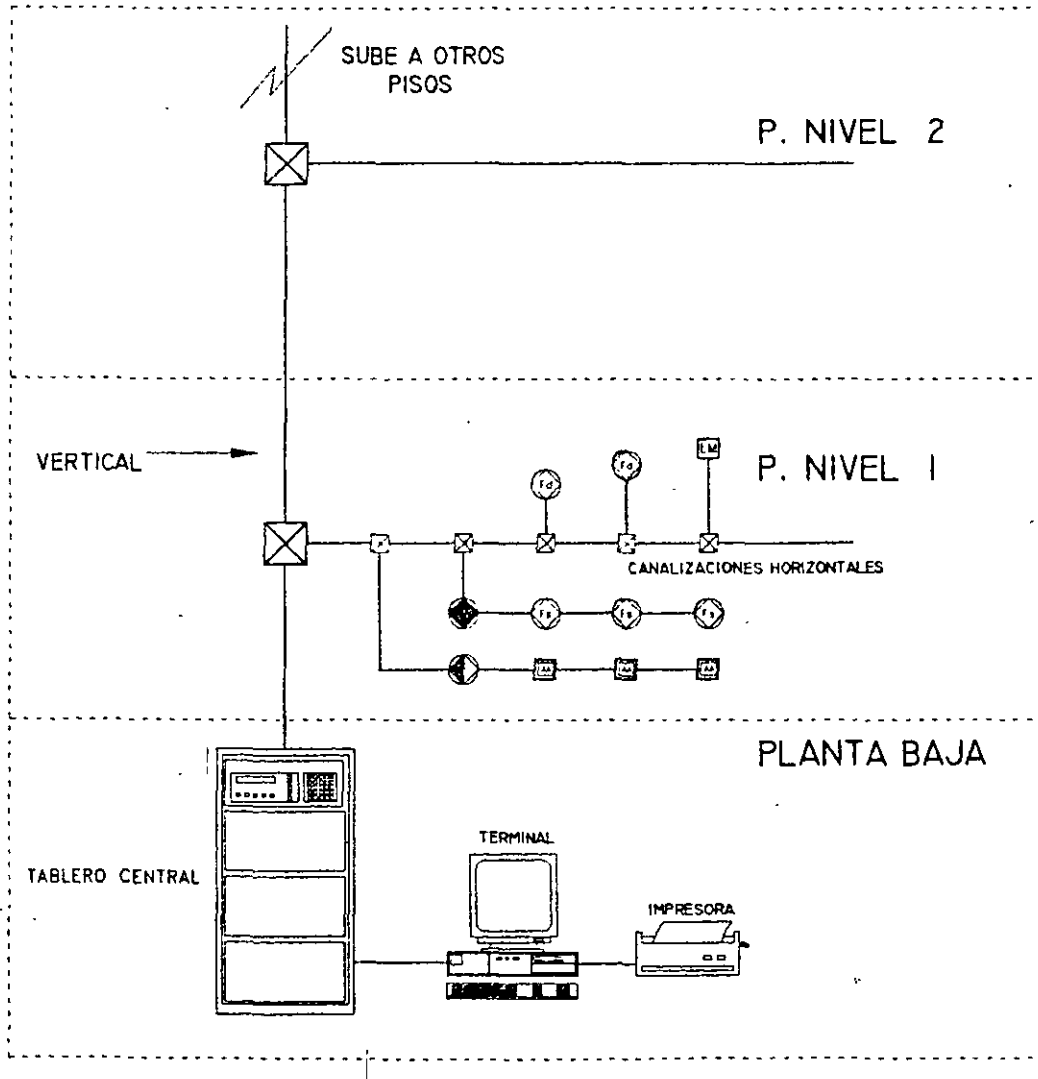


DIAGRAMA TIPICO DE UNA
INSTALACION DE SONORIZACION

SISTEMA PARA DETECCION Y ALARMAS DE INCENDIO

DIAGRAMA DE BLOQUE

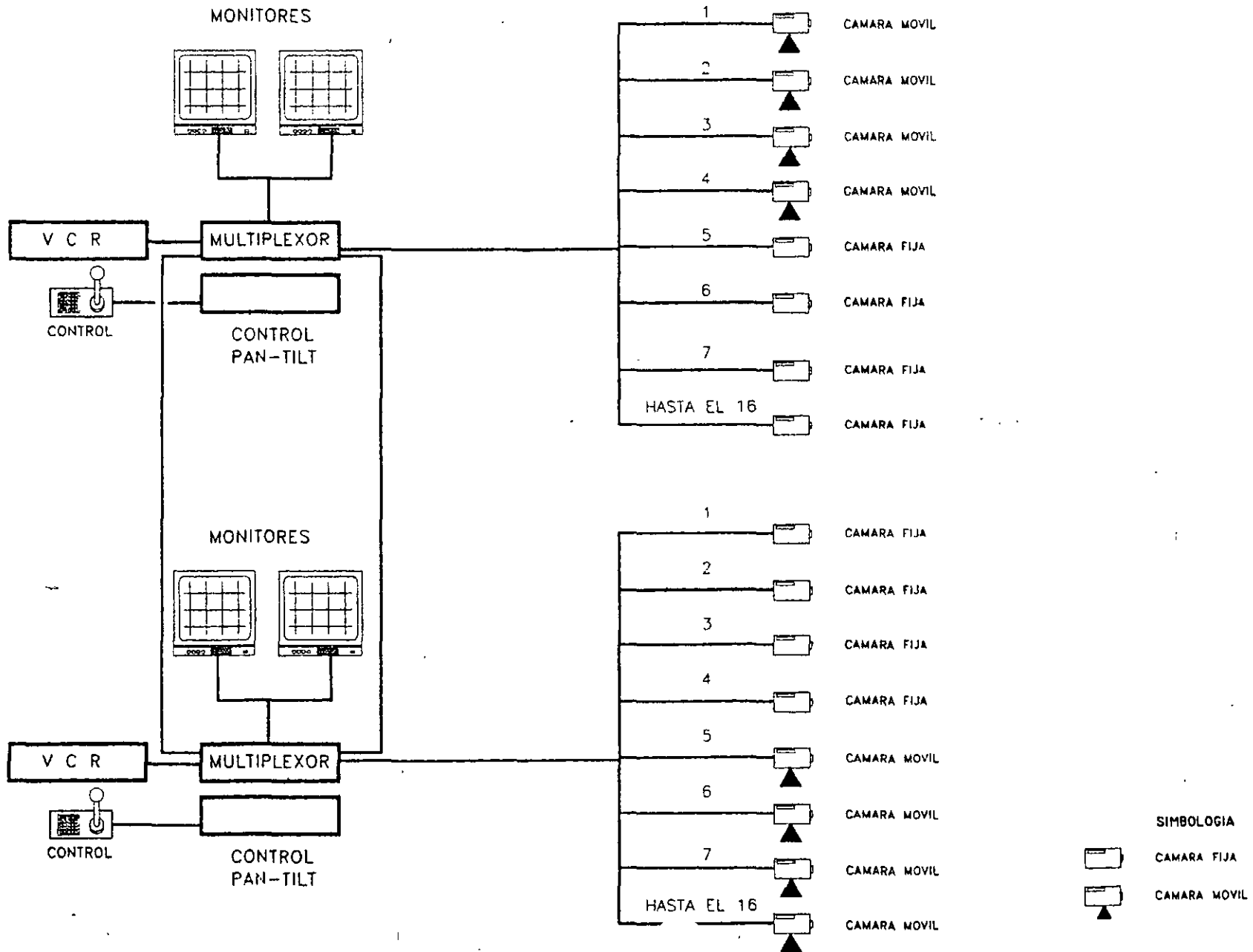


SIMBOLOGIA

- DETECTOR HUMO FOTOELECTRICO DIRECCIONABLE.
- DETECTOR HUMO FOTOELECTRICO STANDARD.
- MODULO CONTROL.
- MODULO MONITOR.
- ESTACION MANUAL DIRECCIONABLE.
- CAJA DE REGISTRO.
- ALARMA AUDIOVISUAL.

CIRCUITO CERRADO DE TELEVISION

DIAGRAMA DE BLOQUE





**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema Anexo

**NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM - 001 - SEDE - 1999**

**EXPOSITOR: ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999

TÍTULO 1 – Objetivo

El objetivo de esta NOM es establecer las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las Personas y sus propiedades, en lo referente a Protección contra choque eléctrico, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros. El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM garantizará el uso de la energía eléctrica en forma segura.

TÍTULO 4 – Especificaciones

ÍNDICE

4.1 DISPOSICIONES GENERALES

4.2 ALAMBRADO Y PROTECCIÓN

4.3 MÉTODOS DE ALAMBRADO Y MATERIALES

4.4 EQUIPOS DE USO GENERAL

4.5 AMBIENTES ESPECIALES

4.6 EQUIPOS ESPECIALES

4.7 CONDICIONES ESPECIALES

4.8 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

4.9 INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PÚBLICO

4.10 TABLAS

APÉNDICE A. Tablas adicionales de capacidad de conducción de corriente (normativo)

APÉNDICE B. Catálogo de normas de productos eléctricos (informativo)

APÉNDICE C. Tablas de relleno de conductores en tubo (conduit) (informativo)

TÍTULO 4 - Especificaciones

ÍNDICE

4.1 DISPOSICIONES GENERALES

100 DEFINICIONES

110 REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

4.2 ALAMBRADO Y PROTECCIÓN

200 USO E IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES PUESTOS A TIERRA

210 CIRCUITOS DERIVADOS

215 ALIMENTADORES

220 CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS, ALIMENTADORES Y ACOMETIDAS

225 CIRCUITOS ALIMENTADORES Y DERIVADOS EN EXTERIORES

230 ACOMETIDAS

240 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE

250 PUESTA A TIERRA

280 APARTARRAYOS

4.3 MÉTODOS DE ALAMBRADO Y MATERIALES

300 MÉTODOS DE ALAMBRADO

305 INSTALACIONES PROVISIONALES

310 CONDUCTORES PARA ALAMBRADO EN GENERAL

318 SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CABLES

320 ALAMBRADO VISIBLE SOBRE AISLADORES

321 ALAMBRADO SOPORTADO POR UN MENSAJERO

324 ALAMBRADO OCULTO SOBRE AISLADORES

325 CABLES CON SEPARADOR INTEGRADO DE GAS (Tipo IGS)

326 CABLES DE MEDIA TENSIÓN (TIPO MV)

328 CABLE PLANO TIPO FCC

330 CABLE CON AISLAMIENTO MINERAL Y CUBIERTA METÁLICA, TIPO MI

331 TUBO (CONDUIT) NO-METÁLICO

332 TUBO (CONDUIT) DE POLIETILENO

333 CABLE ARMADO TIPO AC

334 CABLE CON ARMADURA METÁLICA TIPO MC

336 CABLES CON CUBIERTA TERMOPLÁSTICA (TIPOS NM, NMC Y NMS)

338 CABLE DE ENTRADA DE ACOMETIDA

339 CABLES SUBTERRÁNEOS PARA ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS TIPO UF

340 CABLES DE ENERGÍA Y CONTROL TIPO TC PARA USO EN SOPORTES TIPO CHAROLA

342 EXTENSIONES NO-METÁLICAS

343 TUBO (CONDUIT) NO-METÁLICO CON CABLES PREENSAMBLADOS PARA USOS
SUBTERRÁNEOS

345 TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO SEMIPESADO

346 TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO PESADO

347 TUBO (CONDUIT) RÍGIDO NO-METÁLICO

348 TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO LIGERO

349 TUBO (CONDUIT) METÁLICO FLEXIBLE TIPO LIGERO

350 TUBO (CONDUIT) METÁLICO FLEXIBLE

351 TUBO (CONDUIT) FLEXIBLE HERMÉTICO A LOS LÍQUIDOS METÁLICO Y NO METÁLICO

352 CANALIZACIONES SUPERFICIALES METÁLICAS Y NO-METÁLICAS

353 ENSAMBLE DE RECEPTÁCULOS MÚLTIPLES

354 CANALIZACIONES BAJO EL PISO

356 CANALIZACIONES EN PISOS METÁLICOS CELULARES

358 CANALIZACIONES EN PISOS DE CONCRETO CELULAR

362 DUCTOS METÁLICOS Y NO-METÁLICOS CON TAPA

363 CABLES PLANOS TIPO FC

364 DUCTOS CON BARRAS (ELECTRODUCTOS)

365 CANALIZACIONES PREALAMBRADAS

370 SALIDAS, DISPOSITIVOS, CAJAS DE JALADO Y DE EMPALMES, CAJAS DE PASO Y
ACCESORIOS

373 GABINETES, CAJAS PARA CORTACIRCUITOS Y BASES PARA MEDIDORES

374 CANALES AUXILIARES

380 DESCONECTADORES

384 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN Y PÁNELES DE ALUMBRADO Y CONTROL

4.4 EQUIPOS DE USO GENERAL

400 CABLES Y CORDONES FLEXIBLES

402 CABLES DE APARATOS ELÉCTRICOS

410 LUMINARIAS, PORTALÁMPARAS, LÁMPARAS Y RECEPTÁCULOS

411 SISTEMAS DE ALUMBRADO QUE FUNCIONAN A 30 V O MENOS

422 APARATOS ELÉCTRICOS

424 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA CALEFACCIÓN DE AMBIENTE

426 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA DESCONGELAR Y DERRETIR NIEVE

427 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA CALENTAMIENTO DE TUBERÍAS PARA LÍQUIDOS Y RECIPIENTES

430 MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y SUS CONTROLADORES

440 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y DE REFRIGERACIÓN

445 GENERADORES

450 TRANSFORMADORES Y BÓVEDAS DE TRANSFORMADORES

455 CONVERTIDORES DE FASE

460 CAPACITORES

470 RESISTENCIAS Y REACTORES

480 ACUMULADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA (BATERÍA)

4.5 AMBIENTES ESPECIALES

500 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS)

501 ÁREAS CLASE I

502 ÁREAS CLASE II

503 ÁREAS CLASE III

504 SISTEMAS INTRÍNECAMENTE SEGUROS

505 ÁREAS CLASE I, ZONAS 0, 1 Y 2

510 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS) - ESPECÍFICAS

511 TALLERES DE SERVICIO, DE REPARACIÓN Y ESTACIONAMIENTOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES

513 HANGARES DE AVIACIÓN

514 SURTIDORES (DISPENSARIOS) Y ESTACIONES DE SERVICIO Y AUTOCONSUMO

515 PLANTAS DE ALMACENAMIENTO

516 PROCESOS ACABADO

517 INSTALACIONES EN LUGARES DE ATENCIÓN DE LA SALUD

518 LUGARES DE REUNIÓN

520 TEATROS, ÁREAS DE AUDIENCIA EN CINES Y ESTUDIOS DE TELEVISIÓN Y LUGARES SIMILARES

525 CARNAVALES, CIRCOS, FERIAS Y EVENTOS SIMILARES

530 ESTUDIOS DE CINE, TELEVISIÓN Y LUGARES SIMILARES

540 PROYECTORES DE CINE

545 INMUEBLES PREFABRICADOS

547 CONSTRUCCIONES AGRÍCOLAS

550 CASAS MÓVILES, CASAS PREFABRICADAS Y SUS ESTACIONAMIENTOS

551 VEHÍCULOS DE RECREO Y SUS ESTACIONAMIENTOS

552 REMOLQUES

553 CONSTRUCCIONES FLOTANTES

555 MARINAS Y MUELLES

4.6 EQUIPOS ESPECIALES

600 ANUNCIOS LUMINOSOS Y ALUMBRADO REALCE

604 SISTEMAS DE CABLEADO PREFABRICADOS

605 INSTALACIONES EN OFICINAS

610 GRUAS Y POLIPASTOS

620 ELEVADORES, MONTACARGAS, ESCALERAS ELÉCTRICAS Y PASILLOS MÓVILES, ESCALERAS Y ELEVADORES PARA SILLAS DE RUEDAS

630 MÁQUINAS DE SOLDAR ELÉCTRICAS

640 EQUIPOS DE GRABACIÓN DE SONIDO Y SIMILARES

645 EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS Y DE CÓMPUTO ELECTRÓNICO

650 ÓRGANOS TUBULARES

660 EQUIPOS DE RAYOS X

665 EQUIPOS DE CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN Y POR PÉRDIDAS DIELECTRICAS

668 CELDAS ELECTROLÍTICAS

669 GALVANOPLASTIA

670 MAQUINARIA INDUSTRIAL

675 MÁQUINAS DE RIEGO OPERADAS O CONTROLADAS ELÉCTRICAMENTE

680 ALBERCAS, FUENTES E INSTALACIONES SIMILARES

685 SISTEMAS ELÉCTRICOS INTEGRADOS

690 SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

695 BOMBAS CONTRA INCENDIOS

4.7 CONDICIONES ESPECIALES

700 SISTEMAS DE EMERGENCIA

701 SISTEMAS DE RESERVA REQUERIDOS LEGALMENTE

702 SISTEMAS DE RESERVA OPCIONALES

705 FUENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA INTERCONECTADA

709 ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN EN LUGARES DE REUNIÓN

710 INSTALACIONES CON TENSIONES ELÉCTRICAS NOMINALES MAYORES DE 600 V

720 CIRCUITOS Y EQUIPOS QUE OPERAN A MENOS DE 50 V

725 CIRCUITOS CLASE 1, CLASE 2 Y CLASE 3 PARA CONTROL REMOTO, SEÑALIZACIÓN Y DE POTENCIA LIMITADA

760 SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

770 CABLES DE FIBRA ÓPTICA Y SUS CANALIZACIONES

780 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN PROGRAMADA

4.8 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

800 CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN

810 EQUIPOS DE RADIO Y TELEVISIÓN

820 ANTENAS DE TELEVISIÓN COMUNITARIAS Y SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE RADIO

4.9 INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PÚBLICO

920 DISPOSICIONES GENERALES

921 PUESTA A TIERRA

922 LÍNEAS AÉREAS

923 LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

924 SUBESTACIONES

930 ALUMBRADO PÚBLICO

4.10 TABLAS

APÉNDICE A. Tablas adicionales de capacidad de conducción de corriente (normativo)

APÉNDICE B. Catálogo de normas de productos eléctricos (informativo)

APÉNDICE C. Tablas de relleno de conductores en tubo (conduit) (informativo)



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

SUBESTACIONES PARA EDIFICIOS

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS

SUBESTACIONES PARA EDIFICIOS

ING. ARTURO MORALES COLLANTES

1.- SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

- La subestación es uno de los elementos más importantes de los equipos que componen una red de distribución de energía eléctrica.
- Una subestación, en su forma más general, se puede definir de la siguiente manera:

“Es un conjunto de dispositivos eléctricos que forman parte de un sistema eléctrico de potencia; sus funciones principales son: transformar tensiones y derivar circuitos de potencia”.

CLASIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES

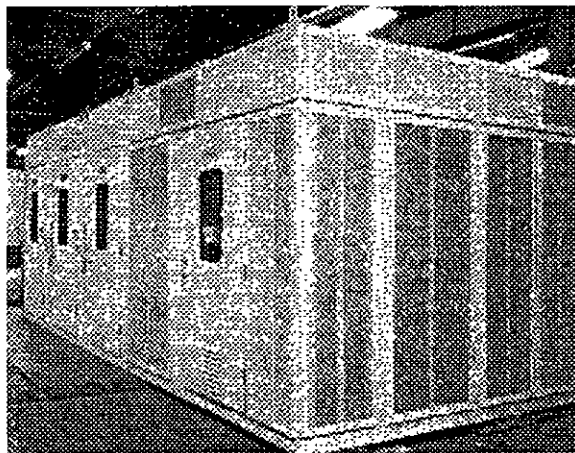
- La clasificación depende del tipo de uso que se les da, las características de fabricación y/o el voltaje y la potencia que manejan, por ejemplo:
 - Subestaciones variadoras de tensión.
 - Subestaciones de maniobra o seccionadoras de circuitos.
 - Subestaciones mixtas (mezclas de las dos anteriores).
- De acuerdo con la potencia y tensión que manejan las subestaciones, éstas se pueden agrupar en:
 - Subestaciones de transmisión. Arriba de 230 kV,
 - Subestaciones de subtransmisión. Entre 230 y 115 kV
 - Subestaciones de distribución primaria. Entre 115 y 23 kV
 - Subestaciones de distribución secundaria. Debajo de 23 kV.
- Una tercera clasificación es aquella en la que el criterio principal es el tipo de fabricación:
 - Subestación abierta.
 - Subestación compacta
- Una última clasificación es la que se hace de las subestaciones cuando el voltaje que manejan se encuentra en el rango de media tensión (además de tomar en cuenta el tamaño y tipo de diseño) y es precisamente éste voltaje y el diseño el que define el nombre de las subestaciones:
 - Subestación compacta 13.8 kV.
 - Subestación compacta 23 kV.

· Subestación compacta 34.5 Kv

SUBESTACIONES COMPACTAS

COMPONENTES

- Serie de gabinetes, los cuales contiene el equipo con el que controla y regula la energía eléctrica.
- Transformador, se encarga de transformar la energía que recibe de la compañía suministradora de un nivel de voltaje a otro más adecuado.



Ventajas de las subestaciones compactas con las abiertas

- El costo de las subestaciones es relativamente bajo
- Ocupan poco espacio y son fáciles de instalar, ampliar y relocalizar en un momento dado.
- Su construcción es totalmente blindada y son de frente muerto proporcionando de esta manera seguridad para el personal de operación y mantenimiento.

1.- Voltaje máximo de operación

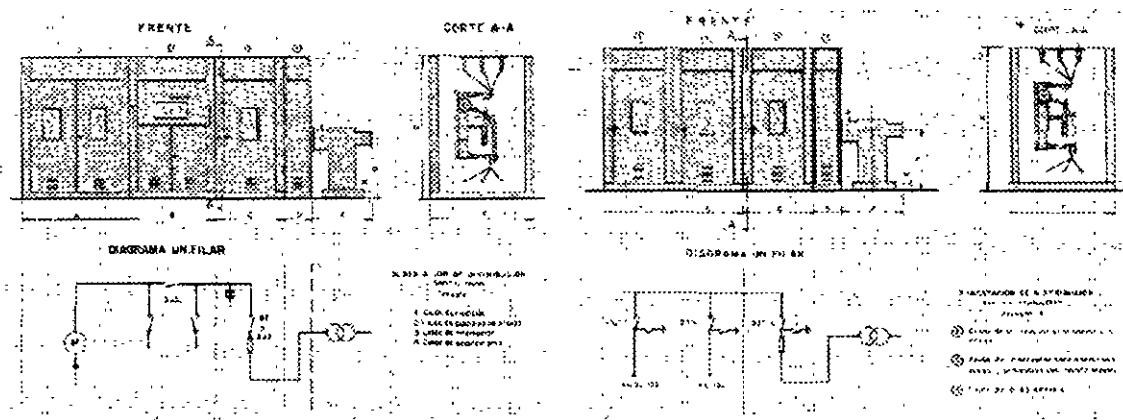
- Estas subestaciones compactas, se diseñan para operar en uno de los tres rangos de voltajes, (indicados como voltajes máximos de operación) normalizados para la distribución de la energía en media tensión.
 - Subestación compacta de 13.8 kV
 - Subestación compacta de 23 kV
 - Subestación compacta de 34.5 kV

Diseño bajo Normas de Fabricación.

- El equipo debe estar diseñado y certificado bajo la Norma Mexicana NOM-J-68-1981; asegurando el correcto funcionamiento de las subestación de acuerdo a las características de utilización en territorio nacional. Otra Norma a nivel nacional referente a la fabricación de subestaciones es NOM-J-220, y las internacionales: IEC 529, IEC 144, IEC 298/81 y VDE 0101/9.62

Tipo de aplicación

- Una subestación puede ser utilizada como:
 - a) Subestación de acometida principal
 - b) Subestación de acometida derivada.
- En esta caso el tipo de aplicación determina el número de elementos que componen la subestación, el arreglo, las dimensiones generales y el costo de la misma.

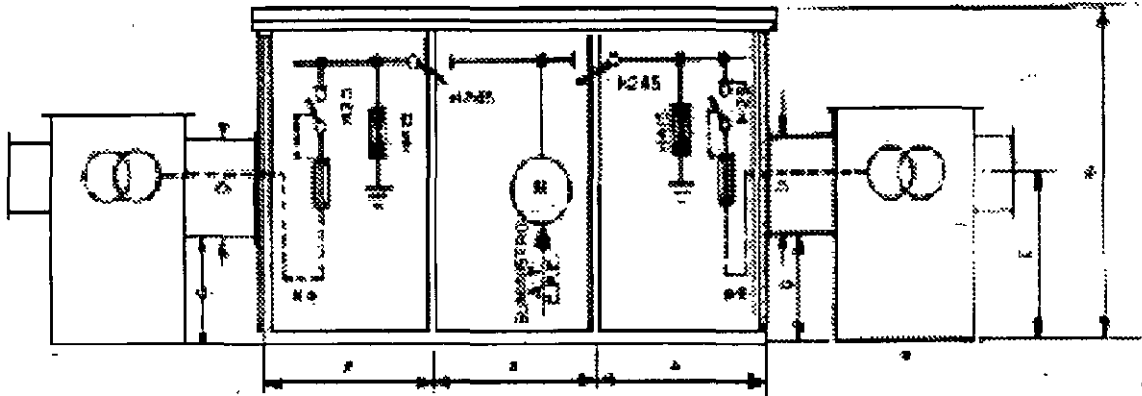


Tipo de Servicio.

- El tipo de servicio determina el diseño de los gabinetes de la subestación para la protección de los elementos de control, así como el costo de la misma
- El diseño puede ser para los dos tipos de servicios más empleados en la industria:
 - a) Servicio interior NEMA 1 (Usos Generales): Servicio interior, condiciones atmosféricas normales, construido en lámina metálica.
 - b) Servicio intemperie NEMA 3R (A prueba de lluvia): Servicio exterior a prueba de lluvia, resistente a la corrosión.

Características mecánicas de fabricación

- La norma NOM-J-68-1981, indica que las subestaciones deben ser construidas con materiales capaces de resistir los esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos, así como también los efectos de humedad que puedan presentarse en servicio normal. En el cumplimiento de esta Norma, las subestaciones son autoportadas y se fabrican con lámina de acero rolada en frío calibre 12 en su estructura y calibre 14 en sus cubiertas.



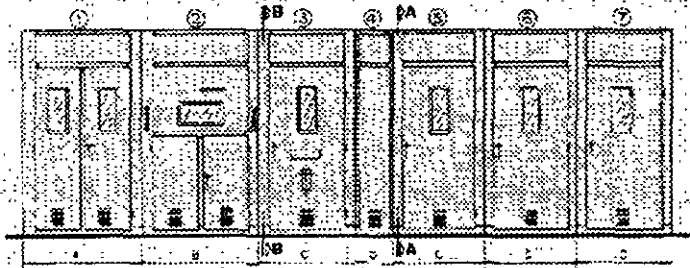
Seguridad de operación.

- En las subestaciones tipo intemperie se utiliza el doble frente, asegurando protección al equipo contra el medio ambiente y al personal contra contactos involuntarios. Debe contar con mecanismo coordinados de apertura y cierre de puertas y cuchillas (Secuencia de apertura y cierre), de tal manera que se asegure que no existan partes energizadas al momento de abrir las puertas de las celdas de la subestación.
- De igual forma, el cierre de los elementos del paso de la energía se debe garantizar únicamente con las puertas cerradas.
- Debe contar con mecanismos de bloqueo contra apertura o cierre accidental.
- La conexión a tierra debe estar hecha en tal forma que todas las bases del aparato así como la construcción metálica de la subestación se conecten a un sistema compuesto por una barra de cobre aterrizada.

Facilidad de instalación.

- Normalmente los elementos de una subestación son diseñados para alojarse en secciones independientes (Celdas) unidas mediante tornillos, lo cual facilita el armado y la instalación de la subestación. Esto permite lograr las diferentes configuraciones de subestaciones y garantiza la ampliación de la subestación o el desarme y traslado cuando se requiera.

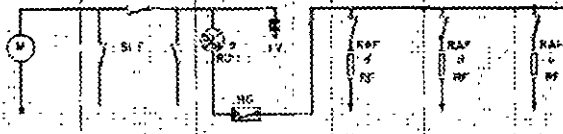
FRENTE



CORTE - A - A



PLANTA Y DIAGRAMA UNIFILAR



CORTE - B - B

SUBESTACION DE DISTRIBUCION CON INTERRUPTOR DE INTENSA

(EN PRIMER VOLUMEN DE ACERTE O EN QGS SFR - EN CELDA NO. 3) SERVICIO TRIFASICO

ARREGLO B

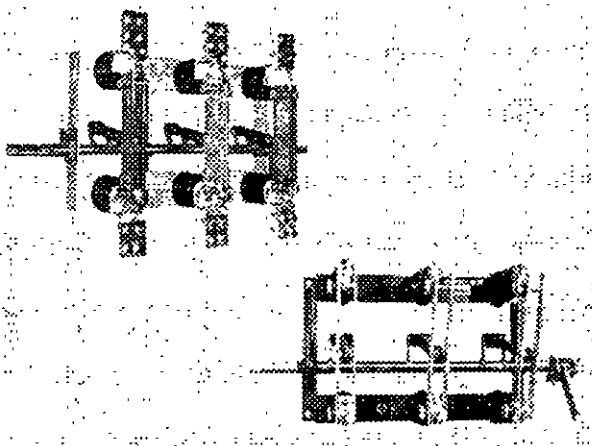
2.- EQUIPO ELÉCTRICO

CUCHILLA DESCONECTADORA. OPERACIÓN SIN CARGA

Las cuchillas desconectadoras son utilizadas como dispositivos de seccionamiento de circuitos, para operar sin carga, en sistemas de media tensión hasta 378 kV., especialmente para aislar subestaciones, barras y circuitos de la fuente de suministro. encuentran su principal aplicación como cuchillas de paso y prueba en subestaciones compactas, tableros de media tensión industriales, urbanos y rurales de servicio interior, habiendo demostrado su buen funcionamiento, calidad y óptimo diseño durante años.

Su diseño y construcción están de acuerdo con las normas VDE 0670 y 0111 y sus dimensiones cumplen con los requisitos de las normas DIN 43607. Los contactos están diseñados de acuerdo a la norma DIN 46206. Sus características eléctricas y de operación están de acuerdo a la norma IEC 129 y a la norma mexicana NMX-J-356. cumplen también con los requerimientos de la norma ANSI C37.30, C37.32 y C37.34.

Las cuchillas desconectadoras están construidas sobre un bastidor de acero con acabado galvanizado, anticorrosivo. La flecha de accionamiento gira dentro de bujes de material anticorrosivo de baja fricción, previniendo así el desgaste y oxidación, manteniéndose en óptimas condiciones aún después de un largo período de instalación y uso.



Emplean aisladores de resina epóxica, sobre los que están soportadas las partes vivas construidas de cobre electrolítico (99.9%) plateado. Los elementos de contacto están sobredimensionados respecto a lo establecido por la norma-DIN 43365 lo cual, aunado a la elevada presión de contacto por medio de un sistema de resortes templados, mediante la cual las navajas aseguran su firmeza de conexión a los contactos fijos, dan lugar a una baja resistencia óhmica en área de contacto y un mínimo desgaste en estas áreas. Su robusto diseño y construcción permiten que las cuchillas desconectadoras soporten satisfactoriamente y sin daño los esfuerzos térmicos y dinámicos ocasionados por corrientes de cortocircuito.

A pesar de la alta presión de contacto, las cuchillas desconectadoras son de operación sencilla y ligera.

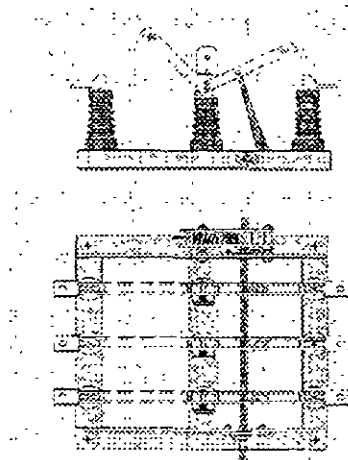
La operación de la cuchilla puede ser manual o de accionamiento por resorte.

CUCHILLA DESCONECTADORA. OPERACIÓN SIN CARGA DOBLE TIRO.

Las cuchillas desconectadoras en aire, operación en grupo, doble tiro marca están fabricadas bajo los mismos conceptos de diseño, operación y manufactura de las cuchillas de un tiro, empleando los mismos materiales de la más alta calidad.

Son utilizadas como dispositivos de seccionamiento en circuitos y sistemas de doble alimentación.

Las cuchillas desconectadoras sin carga de doble tiro tipo DTPP marca están construidas sobre un bastidor de acero con acabado galvánico anticorrosivo. La flecha de accionamiento gira dentro de bujes de material anticorrosivo de baja fricción, previniendo así el desgaste y oxidación, manteniéndose en óptimas condiciones aun después de un largo período de instalación y uso.

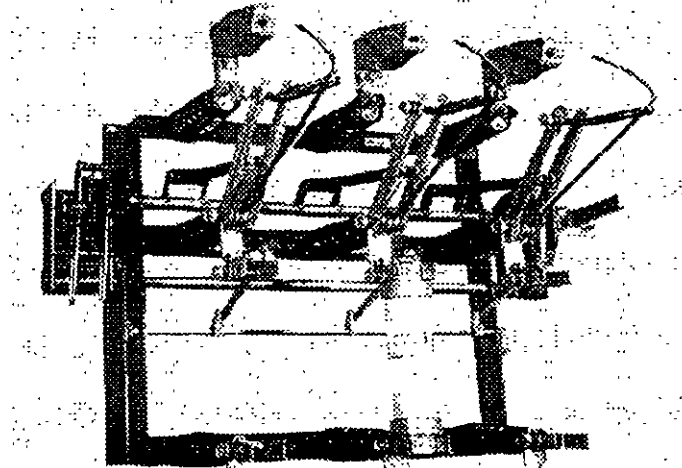


Emplean aisladores de resina epóxica, sobre los que están soportadas las partes vivas construidas de cobre electrolítico (99.9%) plateado. Las navajas aseguran su firmeza de conexión a los contactos fijos mediante una adecuada presión ejercida por un sistema de resortes templados, dando lugar a una baja resistencia óhmica en el área de contacto y un mínimo desgaste en estas áreas. Están provistas con terminales de cobre plateado para conectar directamente barras de cobre o cables con conectores o zapatas. Su robusto diseño y construcción permiten que las cuchillas desconectadoras soporten satisfactoriamente y sin daño los esfuerzos térmicos y dinámicos ocasionados por corrientes de cortocircuito.

La operación de la cuchilla puede ser manual o de accionamiento por resorte.

DESCONECTADORES CON CARGA EN AIRE OPERACIÓN EN GRUPO TRIPOLAR

Los desconectadores eléctricos en aire son equipos tripolares de operación en grupo, utilizados para operar con carga y seccionar redes de tensiones medias de hasta 38 kV, conectar y desconectar líneas o cables, seccionar circuitos en anillo así como para conectar y desconectar transformadores con o sin carga.



Los desconectadores son fabricados y probados de acuerdo a las normas NMX-J-323, IEC 129, IEC 265, IEC 420, DIN 57670 t VDE 0670. cumplen también con los requerimientos de las normas ANSI C37.30, C37.32 y C37.34 tanto en las versiones sin portafusibles, como en las versiones equipadas con portafusible y disparo automático.

Los desconectadores eléctricos en airea están construidos sobre un bastidor de acero con acabado galvánico anticorrosivo. La flecha de accionamiento gira dentro de bujes de material anticorrosivo de baja fricción, previniendo así el desgaste y oxidación, manteniéndose en óptimas condiciones aun después de un largo período de instalación y uso.

Emplean aisladores de resina epóxica , sobre los que están soportadas las partes vivas construidas de cobre electrolítico (99.9%) plateado. Los elementos de contacto están sobredimensionados respecto a lo establecido por la norma DIN 43365 lo cual, aunado a la elevada presión de contacto por medio de un sistema de resortes templados, mediante la cual las navajas aseguran su firmeza de conexión a los contactos fijos, dan lugar a una baja resistencia óhmica en el área de contacto y un mínimo desgaste en estas áreas. Su robusto diseño y construcción permiten que las cuchillas desconectoras soporten satisfactoriamente y sin daño los esfuerzos térmicos y dinámicos ocasionados por corrientes de cortocircuito.

A pesar de la alta presión de contacto, las cuchillas desconectoras son de operación sencilla y ligera, mediante accionamientos a resorte de cierre y apertura rápidos para garantizar las características de cierre y capacidad interruptiva bajo

carga, gracias a la velocidad de operación lograda por los mecanismos, asegurando así que la velocidad de operación, su repetibilidad y por ende su confiabilidad sean independientes del operador.

En las versiones con portafusibles, la capacidad interruptiva de cortocircuito está determinada por el fusible empleado.

Los desconectadores se instalan dentro de los gabinetes. Su operación se lleva a cabo desde el exterior mediante mecanismos operadores tipo disco. Para el caso de sistemas automatizados o ubicados a gran distancia, se cuenta con accionamientos motorizados mediante los cuales puede efectuarse la operación de los desconectadores a distancia y sin intervención directa.

Los desconectadores tipo LDTP tienen una capacidad interruptiva equivalente a la corriente nominal de régimen permanente (400, 630 o 1250 amperes, según el modelo), con un factor de potencia de $\text{Cos } \theta = 1.0$ hasta 0.7.

Los desconectadores extinguen el arco voltaico a través de tres cámaras de extinción, fabricadas con partes de material sintético, proporcionando un aislamiento para máxima seguridad eléctrica y mecánica, gancho de arqueo con una punta de tungsteno sumamente resistente a impactos térmicos y al desgaste. Todos estos elementos de la más alta calidad, para asegurar la máxima capacidad interruptiva en el mercado por esta clase desconectadores.

Los desconectadores tipo LDTP con portafusibles en combinación con fusibles limitadores de corriente de alta tensión y alta capacidad interruptiva, forman un conjunto que brinda protección contra cortocircuito, desconectando en forma automática las tres fases ante la operación de uno o más fusibles, lo que garantiza la apertura y aislamiento de la falla en el caso de cortocircuito, debido a que cualquier fusible, libera un perno que actúa sobre el desconectador, que a su vez abre simultáneamente las tres fases del circuito que protege, una vez que el fusible ha interrumpido y limitado la corriente de cortocircuito.

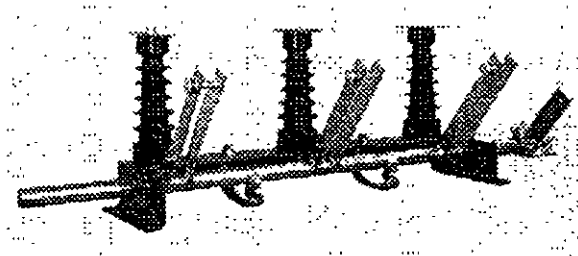
Este modo de operación es especialmente útil para proteger cargas sensibles a la operación en dos fases, ya que al ocurrir una falla en una fase, se liberan e interrumpen las tres.

Los desconectadores pueden suministrarse con diferentes opciones y accesorios, tales como bobina de disparo para operación eléctrica remota o en combinación con relevadores de protección.

Para fines de señalización y control, pueden suministrarse desde fábrica o adaptarse en campo contactos auxiliares. Así mismo para mayor protección y seguridad se puede suministrar una cuchilla de puesta a tierra integrada al desconectador y con bloque mecánico entre ambos, evitando así la posibilidad de que ambos puedan estar cerrados al mismo tiempo.

CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA, TRIPOLARES, OPERACIÓN EN GRUPO.

Las cuchillas de puesta a tierra tipo DEP son utilizadas como elementos para conectar a tierra barras colectoras, circuitos derivados, capacitores y cualquier otro equipo, de manera segura y firme, los cuales hayan sido previamente desconectados de la red de alimentación por medio de desconectores, cuchillas o interruptores, en las subestaciones.



Las cuchillas de puesta a tierra están construidas sobre un bastidor de acero con acabado galvánico anticorrosivo. La flecha de accionamiento gira dentro de bujes de material anticorrosivo de baja fricción, previniendo así el desgaste y oxidación, manteniéndose un óptimas condiciones aún después de un largo periodo de instalación y uso.

Su diseño y construcción cumple con las normas IEC 129 y la norma Mexicana NMX-J-356. Cumplen también con los requerimientos de las normas ANSI C37.30, C37.32 y C37.34.

Emplean aisladores de resina epóxica, sobre los que están soportadas las partes vivas construidas de cobre electroлитico (99.9%) plateado. Los elementos de contacto están sobredimensionados respecto a los requerimientos lo cual, aunado a la elevada presión de contacto por medio de un sistema de resortes templados, mediante la cual las navajas aseguran su firmeza de conexión a los contactos fijos, dan lugar a una baja resistencia óhmica en el área de contacto y un mínimo desgaste en estas áreas. Su robusto diseño y construcción permiten que las cuchillas de puesta a tierra soporten satisfactoriamente y sin daño los esfuerzos térmicos y dinámicos ocasionados por una conexión bajo condiciones de cortocircuito, con corrientes de 25 y hasta 40 kA.

A pesar de la alta presión de contacto, las cuchillas desconectoras son de operación sencilla y ligera.

La operación de la cuchilla puede ser manual o de accionamiento por resorte.

DESCONECTADORES GENERALES

Los desconectadores se instalan dentro de los gabinetes. Su operación se lleva a cabo desde el exterior mediante mecanismos operadores tipo disco. Para el caso de sistemas automatizados o ubicados a gran distancia, se cuenta con accionamientos motorizados mediante los cuales puede efectuarse la operación de los desconectadores a distancia y sin intervención directa.

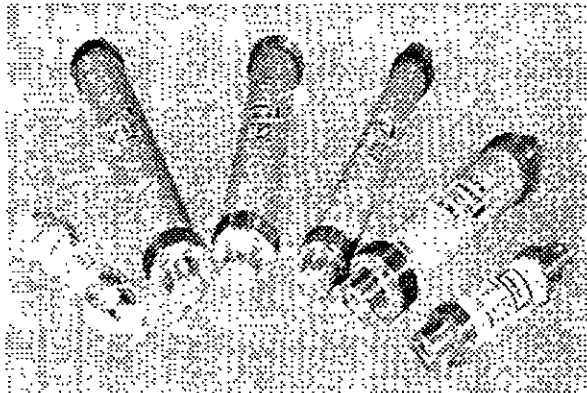
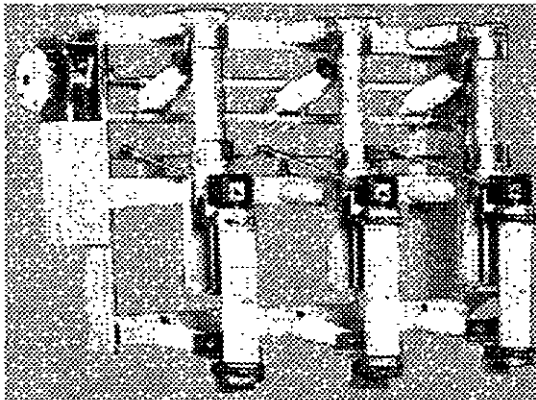
DESCONECTADORES LDTP

Los desconectadores tipo LDTP tienen una capacidad interruptiva equivalente a la corriente nominal de régimen permanente (400, 630 o 1250 amperes), con un factor de potencia de $\text{Cos } \theta = 1.0$ hasta 0.7.

Estos desconectadores extinguen el arco voltaico a través de tres cámaras de extinción, fabricadas con material sintético, proporcionando un aislamiento para máxima seguridad eléctrica y mecánica.

DESCONECTADORES TIPO LDTP CON PORTAFUSIBLES

Estos desconectadores forman un conjunto de protección contra cortocircuito, desconectando en forma automática las tres fases ante la operación de uno o más fusibles, liberando un perno que actúa sobre el desconectador, que a su vez abre simultáneamente las tres fases del circuito que protege, una vez que el fusible ha interrumpido y limitado la corriente de cortocircuito.



Este modo de operación es especialmente útil para proteger cargas sensibles a la operación en dos fases, ya que al ocurrir una falla en una fase, se liberan e interrumpen las tres.

Los desconectadores pueden suministrarse con diferentes opciones y accesorios, tales como bobina de disparo para operación eléctrica remota o en combinación con relevadores de protección.

AISLADORES

Por sus excelentes características eléctricas y mecánicas los aisladores, son empleados en las subestaciones eléctricas ÁMBAR desde 2.4 hasta 38 kV.

Una de sus características principales es que están fabricados a base de resina epóxica de formulación especial para uso en alta tensión y de acuerdo a los más altos estándares tecnológicos mundiales. La fabricación se realiza mediante un proceso de inyección y gelado a presión que impide deformaciones y esfuerzos internos. Están diseñados para montaje horizontal o vertical y soportar el paso de barras conductoras en cualquier posición y por su robusto diseño soportan los esfuerzos dinámicos producidos por corrientes de cortocircuito (20% por encima de los establecido por la norma DIN 48136).

Incorporan insertos metálicos roscados anclados en la resina epóxica durante el proceso de inyección y gelado, para tornillos de cuerda estándar, asegurando una alta resistencia al par de fijación (par de apriete). Su bajo peso y reducidas tolerancias de manufactura, dan como resultado excelentes características mecánicas, así como una alta resistencia a la degradación en ambientes húmedos y corrosivos.

Su exclusivo diseño con aletas de perfil redondo evita la acumulación de polvo y contaminantes y facilita su limpieza. Su dimensionamiento es el adecuado para garantizar las especificaciones eléctricas y mecánicas establecidas por las normas IEC 168 y DIN 48136.

ACCIONAMIENTO MOTORIZADO

Para la automatización de cuchillas desconectoras de operación sin carga, desconectores de operación con carga y cuchillas de puesta a tierra, disponemos de accionamientos motorizados especialmente diseñados para operar en conjunto con aparatos ®, brindando así la oportunidad de automatizar casi cualquier subestación ÁMBAR ® o tablero de media tensión.

Los accionamientos motorizados están disponibles en la versión GMG que se instala sobre la parte interna del frente del gabinete y se opera manualmente desde el exterior mediante una manivela de emergencia insertable por el frente del gabinete.

Son equipos de construcción robusta y de alta confiabilidad. Su dimensionamiento mecánico (par nominal 200 N-m aproximadamente), excede los requerimientos de par (toque) usualmente necesario para accionar un equipo (alrededor de 90 a 100 N-m). Esto permite vencer la resistencia que pudieran presentar mecanismos que no han operado por largo tiempo.

Su motor de 350 W es del tipo universal con conexión en serie. Cuentan con un embrague (clutch) electromagnético que asegura no solo una operación óptima sino que previene daños al motor por sobrecarga en caso de fallas mecánicas que

obstaculicen la operación del accionamiento o del equipo y están provistos con interruptores límite de fin de carrera que operan por medio de una leva montada sobre la flecha de salida, para lograr una operación precisa.

Todos los elementos están conectados a tablillas terminales identificadas y fácilmente accesibles. Por su diseño, requieren de un circuito de control sencillo.

Los accionamientos motorizados ® emplean molykote como lubricante en sus partes móviles. Esta característica hace que el desgaste y consecuentemente el mantenimiento sean mínimos.

Guía de Selección

Se ofrecen los accionamientos motriz para montaje al frente del tablero con mando izquierdo o derecho con códigos DW-760 o DW-761 respectivamente además de ofrecer las siguientes tensiones de operación del motor.

INTERRUPTORES DE POTENCIA

En corrientes muy elevadas (630 y hasta 3150 amp.) la interrupción del arco en condiciones de carga no es recomendable que se lleve a cabo en aire. Los interruptores de potencia son de propuesta alternativa al medio de desconexión en aire, existiendo en el mercado los siguientes tipos:

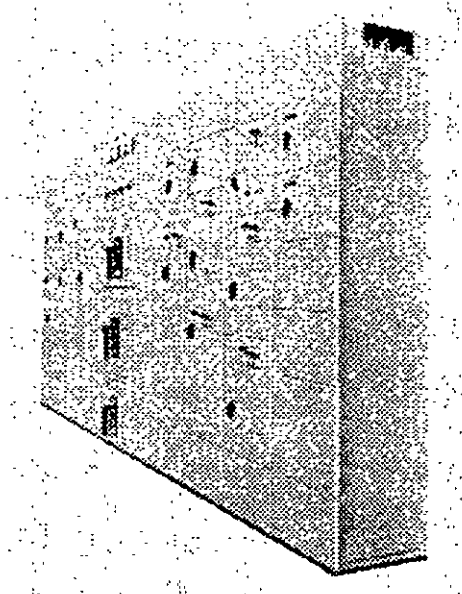
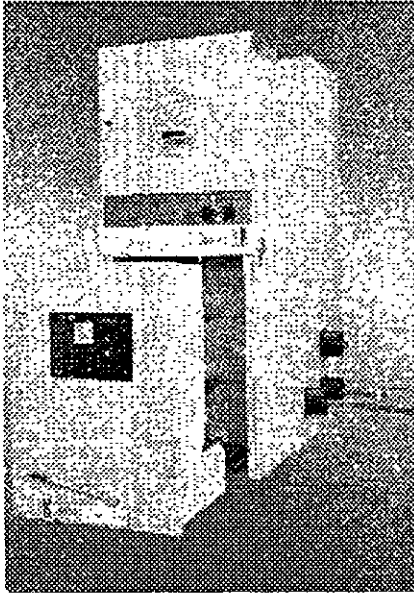
- Vacío
- Aceite
- Hexafloruro de azufre

INTERRUPTORES DE POTENCIA EN HEXAFLORURO DE AZUFRE.

En algunos casos de corrientes muy elevadas (630 y hasta 3150 amp.) la interrupción del arco en condiciones de carga no es recomendable que se lleve a cabo en aire. Los interruptores de potencia son de propuesta alternativa al medio de desconexión en aire, existiendo en el mercado los siguientes tipos:

- Vacío
- Aceite
- Hexafloruro de azufre

ÁMBAR ofrece la alternativa de Hexafloruro de Azufre (SF₆) en la marca ABB modelo SACE HA para tensiones nominales desde 12 hasta 24 kV en corrientes desde 630 hasta 3150 a., y capacidades interruptivas desde 12.5 hasta 50 kA. En la modalidad de operación eléctrica y montajes fijos o removibles.



Es conveniente mencionar que los tableros ofrecidos no son tableros blindados.

Los códigos de selección se muestran en la tabla 13.

Donde por ejemplo el código SACE HA1 ZC 12.12.16 significa:

- Interruptor de potencia en hexafluoruro de azufre de la serie HA1 de SACE.
- Montaje removible para gabinetes CBE y ZS1.
- Voltaje nominal 12 kV
- Corriente nominal 1250 A
- Capacidad interruptiva 16 kA.

Características Técnicas

Los interruptores SACE HA consisten de:

- Una sola cámara para los tres polos hecha de resina epóxica (posición 8 de la figura 3)
- Tres cámaras hechas de resina epóxica, una para cada polo (posición 8 de la figura 14).

Cada cámara contiene las partes de interrupción del arco sumergidas en gas SF₆. La presión del gas SF₆ a una temperatura ambiente de 20 centígrados es de: 500 kPA absolutos para los modelos:

- HAR
- HA1
- HA2

600 kPA para el modelo:

- HA3

Las cámaras de arqueo son solo afectadas por el contacto de arqueo.

El interior de las cámaras de arqueo es llenado con el mismo gas SF₆ que el contenido en el interruptor el cual entra a través de la esprea (%) hecha de material aislante. El paso del gas está completamente abierto cuando el seccionador está en la posición de abierto. La esprea(5) es sellada herméticamente por los contactos de arqueo móviles cuando el seccionador está en la posición de cerrado y en la fase inicial de la operación de apertura.

Principio de interrupción (SF6)

Durante la secuencia de apertura del seccionador, se forma un arco eléctrico entre los contactos de arqueo dentro de las cámaras.

Estos contactos están separados después de que los contactos principales son abiertos.

El calentamiento y el efecto de ionización de arco provoca que la presión del gas se eleve rápidamente dentro de la cámara herméticamente sellada:

La sobre presión generada tiene entonces el doble efecto de causar una fuerte turbulencia en el gas contenido dentro de la cámara y de forzar el gas fuera de la cámara en el momento en que la esprea que comunica al interior de la cámara de arqueo con el resto del seccionador o del polo, empieza a abrirse por el movimiento progresivo de los contactos de arqueo.

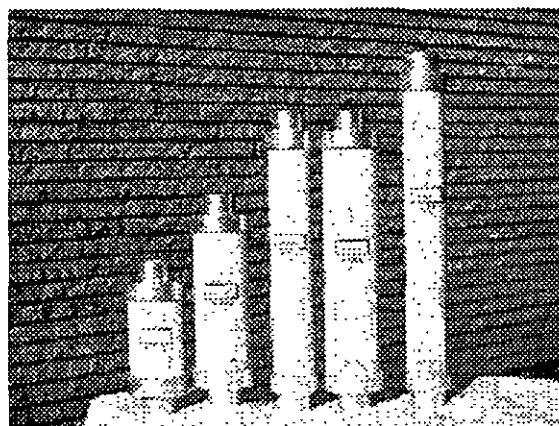
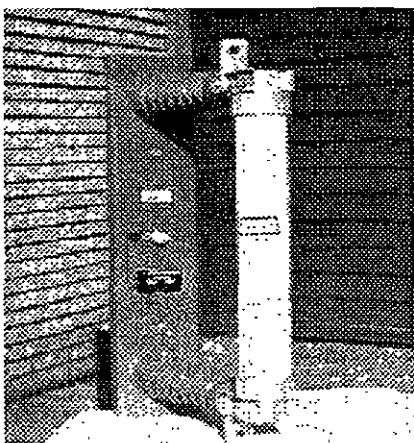
Este fenómeno tiene un efecto extremadamente fuerte en el arco, haciéndolo rápidamente más delgado, enfriándolo, interrumpiéndolo y previniendo la restauración dieléctrica rápidamente, necesaria para evitar falsos contactos.

3.- FUSIBLES

INTRODUCCIÓN

Los fusibles limitadores de corriente utilizados en nuestras subestaciones son de la marca y son dispositivos de alta capacidad interruptiva, para protección contra corrientes de cortocircuito en redes de alta tensión. Corresponden a la clasificación de fusibles de respaldo según las normas correspondientes.

Son elementos selectivos limitadores de corriente, de operación individual con características corriente-tiempo definidas, idóneos para la protección de transformadores, motores, capacitores, cables subterráneos y líneas aéreas y otros equipos de alta tensión en subestaciones y redes de distribución.



Los fusibles limitadores de corriente de alta tensión y alta capacidad interruptiva están diseñados y fabricados conforme a las normas IEC 282-1, DIN 43625, VDE 0670 parte 4 y NMX-J-149. Consecuentemente todas las características dimensionales y mecánicas, tales como los diámetros y medidas de los casquillos, longitudes totales y del tubo de porcelana y la fuerza y recorrido del sistema percutor de los fusibles, están de acuerdo a estas.

Las especificaciones y características eléctricas y de operación tales como la corriente nominal (I_n), la tensión nominal (V_n), la capacidad interruptiva (Y_1), la corriente crítica de interrupción (Y_2), la corriente mínima de interrupción (Y_3) y la disipación de potencia (P_d) han sido verificadas y probadas en estricto apego a las especificaciones y lineamientos de dichas normas, en laboratorios de reconocimiento internacional.

Los fusibles cubren la gama desde 2.4 hasta 38 kV, con corriente nominal desde 1 a. La serie ... S se emplea en instalaciones de servicio interior tales como subestaciones compactas.

Los fusibles se montan en portafusibles unipolares y tripolares independientes, en cuchillas desconectadoras de operación sin carga con portafusibles o en desconectadores eléctricos de operación con carga con portafusibles, brindando

así una inmejorable protección contra los dañinos efectos térmicos y dinámicos producidos por las corrientes de cortocircuito, sobre los equipos e instalaciones gracias a la característica de limitación de corriente.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Limitadores de corriente

Al proteger equipos con fusibles, tales como transformadores, motores, capacitores, transformadores de potencial, cables subterráneos o líneas aéreas, la corriente de paso en caso de un cortocircuito se reduce a un valor considerablemente menor, gracias a la característica de limitación de corriente.

Alta capacidad interruptiva

Los fusibles disponen de una alta capacidad interruptiva que permite interrumpir satisfactoriamente y con seguridad corrientes de corto circuito muy elevadas.

Elementos fusibles asegurados permanentemente

Los elementos fusibles son enrollados sobre un cuerpo portacintas dentado en sus bordes, permaneciendo firmes y permanentemente seguros, aún en condiciones de dilatación y contracción por calor o bajo vibración, evitando su deslizamiento o dislocación e impidiendo así cortocircuitos internos que provocarían una degradación o demérito de sus características.

Sistema percutor con excelente característica de operación

Los fusibles cuentan con un dispositivo de disparo (sistema percutor) accionado por un mecanismo de energía almacenada mediante resorte precomprimido, que opera con una fuerza de 120 N (12 kP), suficiente para accionar el mecanismo de apertura de desconectores eléctricos que no han sido operados por largo tiempo, sobreponiéndose a la fricción y resistencia debido al polvo, suciedad, oxidación, etc.

Fusibles no sensibles a las corrientes inrush de trans. o de arranque de motores.

Debido a su característica corriente-tiempo, relativamente lenta, los fusibles empleados en la protección de transformadores o motores no presentan fusión prematura o degradación del elemento fusible si se seleccionan de acuerdo a las recomendaciones, tablas y/o gráficas correspondientes.

Usted podrá disponer de los medios para abastecerse en forma rápida y eficaz de tan importantes elementos para la operación confiable y continua del suministro de energía eléctrica gracias a la amplia red de distribuidores y gracias a los centros de servicio autorizados y ubicados estratégicamente.

Selectividad y coordinación de la protección.

Manteniendo una relación 1: 1.6 entre fusibles colocados en serie, se logra una coordinación y selectividad en la protección, facilitando así el aislamiento y localización de fallas y evitando por consecuencia interrupciones innecesarias en el suministro eléctrico.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

El diseño de los fusibles contempla un sistema de varios compartimientos o cámaras de arqueo en serie, en cada una de las cuales se extingue una parte del arco voltaico producido al fusionarse y/o evaporarse los elementos fusible.

Los elementos fusible, formados por una o varias cintas de plata con pureza de 99.9%, son enrollados uniformemente sobre un cuerpo portacintas en forma de estrella (cuerpo estrella) construido con un material cerámico de gran resistencia térmica y mecánica (esteatita), de acuerdo al diseño de cada fusible en particular.

Debido a su diseño con bordes dentados, el cuerpo estrella garantiza la posición segura y firme de cada elemento fusible. El conjunto de cuerpo estrella con los elementos fusible es introducido a su vez en un tubo de porcelana que constituye el cuerpo cilíndrico del fusible, formando así los compartimientos que dan lugar a las cámaras de arqueo en serie.

En cada una de estas cámaras de arqueo se inicia, se desarrolla y se extingue una parte del arco producido durante la fusión y/o evaporación de los elementos fusible al ocurrir un cortocircuito, como se describe más adelante. Así el proceso de fusión e interrupción se lleva a cabo sin la influencia de otros factores externos.

Los elementos fusible tienen una serie de perforaciones de precisión regularmente espaciadas a todo lo largo, calibradas de acuerdo a las características de cada fusible y que constituyen una reducción en la sección transversal de conducción. Al circular una corriente de cortocircuito, en estas zonas donde se produce la fusión de los elementos y se establece el arco voltaico durante la primera parte de la onda de la corriente. El tipo y número de cintas de plata conectadas en paralelo depende de la corriente nominal del fusible.

Es de acuerdo a lo anterior como se asegura la distribución uniforme del arco y de la tensión resultante al operar el fusible. La alta capacidad interruptiva y la amplia gama de corrientes nominales disponibles se debe principalmente a éstas características, permitiendo disipar la energía térmica generada durante el proceso de fusión y/o evaporación en forma uniformemente distribuida.

El interior del fusible se rellena con arena sílica de formulación y granulometría específicas, proporcionando así el medio adecuado para el enfriamiento y extinción del arco voltaico mediante la absorción y disipación del calor generador y la condensación y solidificación del metal evaporado.

Los extremos del fusible cuentan con casquillos de cobre electrolítico con baño de plata a los cuales se conectan por el interior los extremos de las cintas de plata.

En los tipos con terminaciones ..S y ..SF, se dispone de un indicador mecánico de operación mediante un sistema de energía almacenada en un mecanismo de resorte precargado con un perno percutor que emerge por uno de los extremos al fundirse el fusible con una fuerza de 120 N (12 kg fuerza) y un recorrido de 35 mm.

Conforme a las clasificaciones de las normas IEC y NMX estas características del perno percutor de los fusibles ® lo ubican como del tipo pesado (fuente) y pruebas exhaustivas han demostrado que es capaz de activar los mecanismos de apertura automática de desconectores eléctricos marca ® o de otros fabricantes aún en condiciones críticas, en casos tales como mecanismos atascados después de un largo período sin haber sido operados, sobreponiéndose a la fricción y resistencia por la presencia de polvo, suciedad, herrumbre en goznes o falta de lubricación.

Los fusibles ® operan satisfactoriamente en cualquier posición de montaje.

En todos los casos se emplea resina epóxica como sello entre los casquillos y el tubo de porcelana, asegurando un sellado sólido de gran resistencia y larga vida, a prueba de agua y resistente a las condiciones atmosféricas más severas y extremas. En los fusibles para intemperie se emplea adicionalmente una soldadura especial entre las tapas y los casquillos para brindar un sellado óptimo.

En instalaciones con alto grado de humedad, zonas costeras, tropicales o semitropicales se recomienda el empleo de fusibles para uso de la intemperie (tipos ..SF) aún en interiores.

Así mismo su empleo es requerido en instalaciones cercanas a calderas, cámaras frigoríficas, invernaderos, etc., o en instalaciones marinas, tales como barcos o plataformas de explotación petrolera.

En cuanto a sus características eléctricas dimensionales y mecánicas (diámetros, longitudes, fuerza de operación del perno percutor, etc.) los fusibles están fabricados conforme a las normas IEC 282.1., DIN 43625, VDE 0670 parte 4 y NMX-J-149.

OPERACIÓN

Principio de operación

Al ocurrir una condición de cortocircuito en una red eléctrica, se producen efectos térmicos y dinámicos muy apreciables a causa de las elevadas magnitudes que alcanza la corriente. La interrupción de estas corrientes en el menor tiempo

posible es de suma importancia puesto que se evitan o cuando menos se minimizan los daños ocasionados por el sobrecalentamiento de partes conductoras y por esfuerzos dinámicos.

Los fusibles limitadores de corriente y de alta capacidad interruptiva son empleados para la protección contra corrientes de cortocircuito. su importancia radica en el efecto limitador de corriente que es la capacidad de los fusibles para interrumpir la corriente de cortocircuito antes de que alcance su valor pico máximo, al limitar el valor de la corriente de paso I_D al valor de la corriente de ruptura o corriente de fusión I_D que es considerablemente menor que la corriente de cortocircuito no limitada (corriente prospectiva) I_k mostrada en la figura 12 con línea punteada y que corresponde a la corriente de cortocircuito disponible en el punto donde ocurre la falla.

Al iniciarse el cortocircuito, una mínima resistencia se opone a la circulación de corriente de paso I_D por lo que ésta se incrementa a la par de I_k , iniciándose el proceso de elevación de temperatura en los elementos fusible (cintas de plata). al llegar al valor (corriente de ruptura o corriente de fusible) los elementos fusible se funden y/o evaporan o interrumpen el circuito en varios puntos. apareciendo múltiples arcos voltaicos, cuya longitud se va incrementando rápidamente al fundirse y/o evaporarse más material. La tensión se incrementa bruscamente a partir del momento de la fusión hasta llegar a un máximo (tensión de interrupción) y la corriente se limita al valor I_s , iniciándose a partir de este momento un proceso de disminución.

El efecto limitador es por lo tanto el resultado de la inserción de la resistencia de los arcos voltaicos en varios puntos a partir de la fusión.

Al enfriarse los arcos por efecto de la arena circundante se reduce consecuentemente la conductividad y por lo tanto, la resistencia a la circulación de corriente disminuye gradualmente al mismo tiempo que la tensión. Cerca del siguiente paso por cero de la tensión, se extingue los arcos voltaicos y la corriente queda interrumpida totalmente. Los eventos descritos suceden dentro del primer semiciclo de la corriente de cortocircuito, es decir en menos de 8 a 10 milisegundos.

La formación de múltiples arcos voltaicos a lo largo del fusible como consecuencia del diseño especial de los fusibles da como resultado una distribución uniforme de la tensión y de la gran cantidad de energía (calor) producida durante este breve proceso, sin posibilidades de reignición del arco.

El valor $1.8 \times \sqrt{2}$ corresponde al máximo valor de asimetría posible en la red para la primera fase en interrumpir, que representa la condición más crítica.

Las líneas correspondientes a cada valor de corriente nominal de los fusibles marcan la corriente de paso I_D máxima (correspondiente a la corriente de fusión I_s) en función de la corriente de cortocircuito prospectiva L_k (valor ms o eficaz).

Por ejemplo, para una corriente prospectiva de cortocircuito $I_k = 20 \text{ kA}$ ms en caso de no existir un fusible limitador de corriente, se presentaría una corriente de paso $I_D = 1.8 \times \sqrt{2} \times 20 \text{ kA} = 50.9 \text{ kA}$ pico. Con un fusible de 23 A se limita este valor a solo $I_d \cong I_s = 4 \text{ kA}$ pico, con un tiempo de operación menor a 10 milisegundos.

Es evidente que para corrientes bajas, para las cuales el tiempo de fusión es largo (incluso más de un ciclo), el fusible no actúa como limitador de corriente. Los fusibles presentarán las características de limitación de corriente a partir de un valor de corriente circulante tal que I_D pico sea igual a I_s . A partir de este nivel de corriente de umbral, el fusible, operará como limitador.

El punto donde se une la línea correspondiente a I_s de cada fusible con la recta A-A define sobre el eje de las abscisas (eje X) el valor de corriente de cortocircuito a partir del cual el fusible opera como limitador de corriente. Si la corriente de cortocircuito es menor, el fusible no operará como limitador. Por ejemplo, un fusible de 75 A, operará como limitador a partir de aproximadamente 2000 A de corto circuito.

Corriente nominal

La corriente nominal de un fusible corresponde al valor máximo de corriente que el fusible puede conducir por tiempo indefinido sin llegar a la fusión y que genera una cantidad de calor tal que el fusible puede disipar satisfactoriamente.

Capacidad interruptiva (I_1) (corriente máxima de interrupción).

La capacidad interruptiva (corriente máxima de interrupción) I_1 corresponde a la máxima intensidad de corriente de cortocircuito que un fusible es capaz de interrumpir con seguridad y es del orden de varias decenas de kA.

La capacidad interruptiva (corriente máxima de interrupción) de los fusibles ® está por encima de las corrientes de cortocircuito comúnmente disponibles en las redes eléctricas. Se recomienda sin embargo verificar la corriente o la potencia de cortocircuito de la red al hacer la selección de un fusible.

Cuando se especifica la potencia de cortocircuito en lugar de la corriente, la relación entre ellas se deduce de la siguiente fórmula

$$P \text{ corto circuito} = \text{kV} \times \text{kA corto circuito} \times \sqrt{3}.$$

Corriente mínima de interrupción (3)

Para valores por encima de I_n , los tiempos de fusión son muy largos y van disminuyendo a medida que la corriente es mayor. En este rango, la capacidad de

disipación de calor es menor que la cantidad de calor generado en el interior por lo que se presentan esfuerzos térmicos severos que pueden dañar al fusible.

A medida que la corriente es mayor, los tiempos de fusión son más reducidos y se llega a un punto tal que la fusión ocurre en un lapso de tiempo relativamente corto, antes de que se presenten los esfuerzos térmicos y daños al fusible.

A este valor de corriente se le define como la corriente mínima de interrupción I_3 y corresponde por lo tanto al límite inferior de la gama de corrientes que el fusible puede interrumpir satisfactoriamente.

Considerando lo anterior, en las curvas corriente-tiempo se define para cada tipo de fusible un valor de corriente mínima de interrupción (I_3) por debajo del cual no es recomendable la operación durante lapsos prolongados, puesto que la corriente (sobrecorriente) no tiene una magnitud suficientemente alta para producir la fusión en forma franca y definida, pero produce un excesivo calentamiento, modificando las características de los elementos fusibles y produciendo daños térmicos al cuerpo del fusible.

Por lo tanto los fusibles limitadores de corriente no deben operar durante tiempos prolongados en el rango de corrientes superiores a la corriente nominal (I_n) e inferiores a la corriente mínima de interrupción (I_3) por los motivos expuestos. Sin embargo, en el caso de corrientes altas, superiores a I_3 , es decir, en la gama de las corrientes de cortocircuito, la operación del fusible es rápida, definida y predecible.

Aún cuando el proceso de fusión está basado en leyes y principios físicos conocidos, cuando se presentan corrientes superiores a I_n (sobrecorrientes) durante lapsos mayores al tiempo de respuesta correspondiente a I_3 (T_{I3}) o bien sobrecorrientes del tipo intermitente, se presentan dificultades en su análisis y evaluación, ya que depende de su magnitud y duración, como de los períodos entre esta sobrecorriente, durante los cuales el fusible retorna a un régimen normal o incluso al estado frío.

Si una sobre corriente permanece durante un tiempo relativamente largo para después cesar, puede iniciarse la fusión o llegar al estado de amalgamamiento con una alta elevación de temperatura debido a la disipación de energía durante ese lapso, modificando por lo tanto en forma sustancial las características de los elementos fusible, los cuales al verse sometidos posteriormente a un nuevo régimen de sobrecorriente o a un corto circuito, responderán de manera diferente a la característica normal, produciendo en el primer caso calentamientos o interrupciones inexplicables y en el segundo una respuesta fuera de especificación.

Considerando las curvas características corriente-tiempo de los fusibles para la gama de corrientes nominales disponibles, se observa que la corriente mínima de interrupción I_3 (inicio de la línea punteada) para fusibles con corrientes nominales

hasta de 63 A, es aproximadamente 2.5 veces la corriente nominal I_n del fusible. Para corrientes nominales mayores a 63 A, la corriente mínima de interrupción Y_3 es del orden de 3 veces la corriente nominal I_n del fusible, mientras que para fusibles de corrientes nominales de 200 A t mayores corresponde a 4 veces la corriente nominal I_n .

Selección de la corriente nominal

Para evitar la operación del fusible en el rango de sobrecarga, se selecciona la corriente nominal del fusible con un factor de sobredimensionamiento de acuerdo al equipo a proteger, que por ejemplo, en el caso de transformadores es de 1.6 a 2 veces la corriente nominal de circuito. Así el fusible podrá soportar las corrientes de magnetización (inrush) y operar aún cuando el transformador trabaje en régimen de sobrecarga sin que el fusible se vea sometido a tal régimen, debido a que la capacidad térmica del transformador es mucho mayor que la del fusible.

Aplicando este factor se podrá coordinar la protección con otros dispositivos tales como relevadores de protección con otros dispositivos tales como relevadores de protección de sobrecorriente, falla de fase, etc., y elementos de protección en el lado de baja tensión, por ejemplo, fusibles, interruptores termomagnéticos y otras protecciones. Cualquier corriente superior a Y_3 , será interrumpida en el tiempo no mayor al de 10 a 100 seg., según la curva correspondiente.

Curvas características corriente-tiempo

Las gráficas de las figuras 10 y 11 corresponde a las curvas de comportamiento corriente-tiempo de los fusibles ® y representan las curvas de respuesta a partir del estado frío, sin carga previa (preloading), a temperatura ambiente de 20C, con un margen de tolerancia de +20% según prescriben las normas IEC 2821 y NOMX-J-149 para tiempo de operación mayores a 0.01 seg.

La gráfica en la figura 12 corresponde a la característica I^2t integral de Joule aplicable para tiempos de operación menores a 0.1 seg.

Tensión de Operación

De especial importancia es la tensión de interrupción o tensión de maniobra que se genera durante el proceso de extinción del arco, al interactuar la alta resistencia de este e interrumpir corriente con alto grado de inductancia. La tensión transitoria durante la interrupción no debe exceder los niveles de aislamiento, generalmente coordinador en la red, ya que provocaría problemas principalmente en el aislamiento en otros componentes del sistema, entre otros, apartarrayos colocados del lado de la línea. Por esta razón es importante emplear fusibles de una tensión nominal de acuerdo a la tensión de la red.

Al emplear un fusible de menor tensión nominal respecto a la tensión de la red se presentaran problemas para manejar los gradientes de crecimiento de la tensión,

mientras que uno de mayor tensión nominal y consecuentemente de mayor tensión de interrupción, causaría un mayor gradiente de crecimiento de tensión y consecuentemente originaría problemas en los aislamientos de otros equipos del sistema.

En la tabla 25 se enlistan las tensiones de interrupción de arco máximas admisibles para fusibles de alta tensión conforme a lo estipulado por las normas IEC 282.1, VDE 0670 parte 4 y NOM-J-149.

Los fusibles pueden instalarse en redes trifásicas cuya tensión de servicio no exceda la tensión nominal del fusible. En redes monofásicas la tensión de servicio no debe ser mayor al 87% de la tensión nominal de fusible.

En otros casos, la selección de la tensión del fusible debe ser tal que la tensión máxima de interrupción (tensión de maniobra) no rebase los máximos establecidos para la red (ver tabla 25)

Aplicación con desconectores eléctricos para operación con carga

Empleando los fusibles limitadores de corriente en combinación con desconectores eléctricos bajo carga de operación en grupo tripolar con disparo automático y disparo auxiliar, se obtiene un equipo de conexión y desconexión económico y confiable.

En este caso, los valores de la corriente mínima de interrupción I_3 pueden considerarse más bajos (de 1.8 a 2 veces la corriente nominal I_n del fusible). Esto se debe a la respuesta prematura del perno percutor del fusible que en el caso de ser empleado en desconectores bajo carga, provoca el disparo del mecanismo auxiliar y la apertura de las tres fases simultáneamente.

De esta manera al reaccionar y actuar el primer fusible, opera el desconector abriendo los tres polos, interrumpiendo la corriente de las fases restantes y que de otra manera no habría sido interrumpida sino hasta que los fusibles respectivos hubiesen actuado, quizás después de varios minutos u horas y sometidos a esfuerzos térmicos indebidos y provocando eventualmente daños al equipo protegido y evitando así mismo operación a dos fases.

Durante la interrupción de las fases restantes, el desconector no está sujeto a grandes esfuerzos debido a que solamente interrumpe la corriente de carga nominal a la tensión de la red, o en caso de que alguno de los otros fusibles hubiese iniciado su proceso de fusión, las pequeñas corrientes de arqueo, quedando así desconectada y aislada la falla.

De acuerdo con las normas IEC y VDE para la condición extrema de operación de un desconector bajo carga sin fusibles se especifica un factor de potencia = 0.7 inductivo ($\text{Cos}\phi = 0.7$). Sin embargo, en condiciones extremas de cortocircuito en

las terminales del secundario de transformadores por ejemplo, el valor de $\cos\phi$ puede ser considerablemente menor, del orden de 0.1.

Sin embargo empleando una combinación de fusibles con un desconectador de operación con carga, este solamente tendrá que desconectar un valor mucho menor de corriente debido a la característica de limitación de corriente de los fusibles y con un factor de potencia dentro de su rango nominal gracias a la alta resistencia del arco en el fusible.

La utilización de fusibles con perno percusor en combinación con desconectadores eléctricos bajo carga se recomienda por sus excelentes características y comportamiento en el caso de cortocircuito de terminales del secundario de transformadores.

SELECCIÓN DE FUSIBLES

Al seleccionar fusibles limitadores de corriente es necesario considerar siempre los siguientes factores.

- Tensión nominal de la red.
- Capacidad interruptiva
- altitud de la instalación
- Corriente nominal del fusible
- Coordinación con otras protecciones
- Servicio (interior o intemperie)
- Dimensiones
- Disponibilidad de refacciones, servicio y asistencia técnica
- Seguridad y confiabilidad

La selección de fusibles debe hacerse de acuerdo al equipo a proteger, ya que los criterios difieren para cada aplicación. Para mayor referencia consultar puntos 4.6 a 4.9 de este manual.

La selectividad y coordinación de protecciones se logra manteniendo una relación 1:1.6 entre las corrientes nominales de los fusibles, siendo el más pequeño el conectado el lado más próximo a la carga y el mayor del lado de la alimentación, asegurando así que el menor opere primero, interrumpiendo y aislando la falla.

En el caso de protección a transformadores, para establecer la selectividad y coordinación con protecciones del lado de baja tensión es necesario referirse a las curvas características corriente-tiempo de los fusibles de alta tensión y de los dispositivos y/o fusibles del lado de baja tensión. Para mayor información consultar la sección 4.6 de este manual.

En algunas ocasiones para transformadores grandes, es necesario recurrir a una configuración de dos fusibles conectados en paralelo por fase para lograr el valor

requerido de corriente nominal, para estos casos, favor de consultar la sección 4.9 de este manual.

Para protección de motores se requiere conocer el tiempo de arranque, la corriente máxima de arranque y la frecuencia de los arranques del motor para seleccionar el fusible adecuado. Consultar sección 4.7.

La protección de capacitores o bancos de capacitores reviste especial importancia, en función del creciente uso que estos tienen para mantener el factor de potencia dentro de los límites aceptables y del relativo grado de dificultad para su adecuada protección, ya que las corrientes de conexión llegan en muchos casos a niveles muy cercanos a los de cortocircuito. Consultar sección 4.8 de este manual para una correcta aplicación.

Todos los datos correspondientes a tensión, corriente y capacidad interruptiva proporcionados en este manual están referidos a alturas de instalación hasta 1000 metros sobre el nivel del mar y temperatura ambiente hasta 40 C.

En cualquier caso una vez seleccionado el fusible adecuado par su aplicación, considere los factores de corrección por altitud de instalación incluidos en la tabla 26, tanto en la corriente nominal del fusible como en la reducción de la capacidad interruptiva y de la tensión nominal.

Si calcula la corrección por altitud en corriente nominal, no utilice la corrección en elevación de temperatura y viceversa.

En algunos casos deberá considerarse adicionalmente un factor de corrección por temperatura, en aquellos casos en que los fusibles estén instalados dentro de gabinetes o tableros con poca ventilación y/o a altas temperaturas, conforme a la tabla 27 que está de acuerdo a factores de IEC 282.1, ANSI c37.40 y NMX-J-149.

Guía de sección

ÁMBAR ofrece fusibles en sus subestaciones compactas además fusibles de repuesto como refacción en los tipos DRS, para las tensiones, corrientes, capacidades interruptivas y dimensiones que se mencionan en las tablas 28 y 29 y en la figura 38.

De acuerdo a las normas DIM 43265, IEC 282.1 y NMX-J-149 se ofrecen las siguientes dimensiones con perno percutor.

Para referirse a la disponibilidad de fusibles en las diferentes tensiones y corrientes nominales, consultar las tablas 30, 31, 32 y 33 de este manual.

RECOMENDACIONES PARA PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES

La selección de fusibles para la protección de transformadores de diferentes tensiones y capacidades debe hacerse conforme a las condiciones específicas de cada caso particular. La selección de la corriente nominal (I_n) de los fusibles reviste especial importancia y requiere de cierto conocimiento de los fenómenos que ocurren durante la interrupción y de la forma de coordinar las diferentes protecciones, para lo cual deberán considerarse las siguientes recomendaciones.

1. El valor de I_n debe ser mayor a $I_{n \text{ min}}$, y menor $I_{n \text{ max}}$.

$$I_{n \text{ min}} < I_n < I_{n \text{ max}}$$

Como regla general y para un cálculo rápido se utiliza un factor entre 1.6 y 2.0 veces la corriente nominal del transformador para obtener el valor I_n .

2. $I_{n \text{ min}}$ se calcula de manera que la corriente inrush del transformador no afecte al fusible provocando su fusión o daño. Se consideran también otras protecciones colocadas antes del fusible, a fin de que exista coordinación y selectividad. Se recomienda consultar las curvas características corriente-tiempo y seleccionar el fusible conforme a los valores de las corrientes inrush, sobrecarga, etc:

3. $I_{n \text{ max}}$ está determinado por las protecciones (fusibles o relevadores) del lado secundario de manera que exista coordinación y selectividad con la protección en el primario, de tal forma que al ocurrir una falla en el lado del secundario, sean las protecciones conectadas en este las que operen primero, antes de que el fusible del lado del primario responda, para evitar interrupciones innecesarias.

4. Por razones de selectividad con otras protecciones o fusibles colocados antes del fusible $I_{n \text{ min}}$ debe ser lo más baja posible para permitir la subordinación de la característica corriente-tiempo del fusible, con las características de las otras protecciones por ejemplo de un relevador de sobrecorriente en el cable alimentador ajustado para un tiempo de disparo corto, de manera que el fusible opere primero cuando se presenten corrientes de cortocircuito, como se muestra en la figura.

5. El punto de cruce entre las curvas de fusible y del relevador de sobrecorriente (X en la figura 14) debe escogerse lo suficientemente a la derecha de la curva del transformador o sobrecorrientes lleguen a disparar al fusible o someterlo a régimen de sobrecarga. El punto X debe quedar localizado debajo del punto I_3, T_3 , de manera que se asegure que en caso de presentarse sobrecorrientes, estas sean detectadas por el relevador correspondiente y actúa la protección, evitando que los fusibles se sometan a tal régimen.

6. Para lograr la coordinación entre los fusibles de alta tensión con los fusibles en el lado de baja tensión, la corriente nominal del fusible debe ser lo

suficientemente alta para permitir que los fusibles del lado de baja tensión operen antes que los de alta tensión. sin embargo, el punto cuatro anterior tiene prioridad.

7. El valor de I_n para fusibles de alta tensión de acuerdo al inciso 6, depende si el lado secundario está sobreprotegido (fusibles de baja graduación) de manera que los fusibles secundarios operen como protección contra sobrecarga o si está subprotegido (fusibles de alta graduación), en cuyo caso se permite una sobrecarga del transformador. En este caso se debe prevenir que esta sobrecarga, reflejada en el primario, cause la operación de los fusibles de alta tensión y los someta a un régimen de sobrecorriente prolongado.

8. El valor de I_n no debe ser demasiado alto, para permitir el tiempo de operación más corto posible en caso de cortocircuito en las terminales del secundario.

RECOMENDACIONES PARA PROTECCIÓN DE MOTORES

La protección de motores de media tensión entraña algunos problemas tales como las elevadas corrientes de arranque, el tiempo de arranque, la frecuencia de arranques y las corrientes en condiciones de sobrecarga mecánica e incluso bloqueo.

Al planear y diseñar un esquema de protección para motores de media tensión, deben considerarse básicamente las siguientes cuatro condiciones.

- Condiciones de arranque normal
- Condiciones de operación normal
- Condiciones de arranque anormal y sobrecarga tales como:
 - Arranque prolongado
 - Rotor bloqueado
 - Sobrecorriente por sobrecarga mecánica.
- Condiciones de cortocircuito.

Un adecuado esquema de protección debe supervisar continuamente las condiciones de operación y detectar condiciones de arranque anormal, sobrecarga y cortocircuito y producir la desconexión del motor, permitiendo la operación en condiciones de arranque y operación normales.

La conexión y desconexión de la alimentación a motores se realiza por lo general mediante contactores, los cuales están diseñados para interrumpir corrientes del orden de su corriente nominal, por lo tanto, corrientes de un orden mayor deben ser interrumpidas por otros dispositivos como fusibles por ejemplo.

Usualmente los contactores se seleccionan de manera que su corriente nominal comprende la corriente de arranque y rotor bloqueado del motor. Los niveles de corriente de cortocircuito exceden la capacidad de interrupción del contactor y

requieren por lo tanto de fusibles o interruptores de potencia que lleven a cabo la tarea de interrumpirlas.

Generalmente la protección contra la condición de sobrecarga se proporciona mediante un esquema de sobrecorriente o de sobrecarga, compuesto de transformadores de corriente y el relevador de protección correspondiente mientras que la protección contra la condición de corto circuito se logra mediante fusibles limitadores de corriente.

El relevador de sobrecarga por su parte es un dispositivo que genera una imagen térmica del motor, es decir, reconstruye a partir de los datos de corriente y tiempo monitoreados en forma continua, la condición de temperatura en el motor y, a través de ajuste, para interrumpir 1 circuito a través del contactor, al excederse ciertos límites preestablecidos.

En ocasiones se emplean sensores de temperatura ubicados en el interior del motor, los cuales a través de un relevador externo, pueden emplearse para disparar el contactor.

De acuerdo a lo anterior, un esquema típico como el mostrado en la figura 1.5 considera un relevador de sobrecarga, el cual actúa en conjunto con el contactor, interrumpiendo el circuito de alimentación al motor en caso de presentarse una condición de sobrecarga y fusibles para la interrupción de corrientes de cortocircuito.

Consideraciones para la selección de fusibles en motores

La condición de arranque normal llega a tomar hasta 7 u 8 veces la corriente de operación a plena carga del rotor durante un tiempo de arranque determinado.

El relevador de protección o el fusible no deben operar cuando las condiciones a) y b) estén dentro de los parámetros (tiempo y corriente) normales y operar bajo las condiciones c) y d), al superarse los parámetros normales de operación interrumpiendo el circuito.

La condición de rotor bloqueado implica niveles de corriente del orden o mayores a la corriente de arranque. Si esta condición persiste por un tiempo mayor a un determinado tiempo previamente calculado y calibrado, el relevador de sobrecarga debe actuar.

El fusible no debe actuar bajo esta condición, al menos que por falla del relevador éste no actuase y solamente después de un período de tiempo adicional.

Una condición de cortocircuito implica corrientes más elevadas que no podrían ser interrumpidas por el contactor (aún cuando el relevador de sobrecarga las detecte y ordene el disparo). Es ahí donde el fusible debe operar en un tiempo más corto que el que tomaría el relevador para actuar.

Queda por lo tanto implícito que debe haber una coordinación entre las curvas de operación corriente-tiempo del fusible y del relevador para que este último actúe en la gama de corrientes entre la considerada de operación normal y la nominal del contactor y el fusible para las corrientes por encima de la corriente nominal del contactor.

El fusible adecuado para diferentes condiciones de operación se selecciona empleando las gráficas de las figuras 16, 19 y 20 para lo cual es necesario conocer los siguientes datos:

- a) Corriente nominal del motor
- b) Corriente de arranque del motor
- c) Tiempo normal de arranque
- d) Número de arranques por hora

La gráfica de la figura 18 cubre los casos de tiempos de arranque no mayores a 6 segundos, para una cantidad de arranques por hora entre 2 y 30, la gráfica de la figura 19 cubre los casos de tiempos de arranque hasta 15 segundos, para un número de arranques por hora entre 2 y 30, mientras que la gráfica de la figura 20 cubre los casos de tiempos de arranque hasta 60 segundos, para una frecuencia de 2 a 10 arranques por hora.

Para seleccionar el fusible más adecuado para una aplicación determinada, utilice la gráfica correspondiente según el tiempo de arranque. Encuentre la corriente de arranque del eje de las abscisas y proyecte una línea vertical a partir de este valor. En el punto de cruce con la línea correspondiente al número de arranques por hora, trace una línea horizontal hacia el eje de las ordenadas. Encontrará la corriente nominal recomendada para el fusible en el recuadro de la izquierda.

En el caso de que los fusibles sean empleados en combinación con contactores de vacío para la protección de motores de media tensión, lo que es usual en instalaciones industriales, debe recordarse que los contactores están diseñados para interrumpir corrientes del orden de su corriente nominal. La protección contra corrientes de cortocircuito y la correspondiente apertura del circuito para aislar la falla, la realizan los fusibles limitadores de corriente.

Para evitar que se flameen o se peguen los contactos del contactor, la corriente de fusión máxima $I_{s\ max}$ del fusible debe ser siempre menor o igual a la corriente dinámica que puede soportar el contactor.

La corriente de fusión máxima $I_{s\ max}$ del fusible se determina de la gráfica de características de limitación de corriente de los fusibles (figura 7 de este manual) en base a la corriente de cortocircuito máxima disponible como se indica en la figura 16.

En caso de requerir asesoría por parte de para la selección de fusibles para la protección contra cortocircuito de motores, se requieren cuando menos de los siguientes datos:

- * Corriente nominal del motor
- * Corriente de arranque del motor
- * Tiempo normal de arranque
- * Número de arranques por hora

Coordinación de protecciones para la protección de motores

La gráfica de la figura 17 muestra las características del motor (corriente de arranque tiempo de arranque y corriente nominal), la curva del cable alimentador y las curvas de los elementos de protección, fusibles, relevador de sobrecarga y relevador de falla a tierra.

Esta gráfica tiene propósitos explicativos por lo que cualquier caso específico deberá considerarse con los datos de fabricación y tolerancias y considerar las curvas de operación en frío y en caliente de los respectivos elementos de protección.

De acuerdo a la aplicación específica del motor y conocidas sus características, se selecciona y se define la curva del relevador de sobrecarga o de sobrecorriente, para proporcionar la máxima protección térmica a este, dando como resultado la curva A-A en la gráfica.

La curva característica corriente-tiempo del fusible seleccionado (usando las gráficas de las figuras 18, 19 y 20) se muestra en la gráfica de la figura 17 (curva B-B), dejando suficiente holgura a la derecha de la corriente de arranque del motor (punto 1).

Debe verificarse que no exista una carga térmica excesiva sobre los fusibles en condiciones normales de operación del motor, por observación directa de la gráfica, verificando que haya holgura necesaria entre la curva del fusible y las condiciones críticas del motor (arranque y toro bloqueado) y por condiciones específicas de instalación, tales como operación en algunos lugares con poca ventilación (tableros totalmente cerrados o herméticos, cercanía a hornos o calderas, etc) lo cual da lugar a esfuerzos térmicos considerables sobre los fusibles con posibilidades de daño prematuro o de operación inadecuada.

Como regla general, la corriente nominal del fusible nunca debe ser inferior a la corriente nominal a plena carga del motor, aún cuando la selección del fusible empleando las gráficas de la figura 16, 17 y 18 así haya resultado. En este caso debe emplearse un fusible de mayor corriente nominal o verificar si los datos a partir de los cuales se realizó la selección son correctos. Debe verificarse también que la corriente de arranque del motor no cause la operación del fusible, dando como resultado su desconexión.

La corriente mínima de interrupción I_3 de los fusibles seleccionados debe ser la más baja posible y quedar por debajo del valor de cruce entre la curva del relevador y del fusible (punto X) para evitar que los fusibles sean sometidos a condiciones de sobrecarga (corriente menores a I_3), ya que el relevador y el contactor operarán antes y en caso de haberse iniciado la fusión y extinción del arco dentro del fusible. Este proceso se interrumpirá por la apertura del contactor antes de que los fusibles se vean sobrecargados térmicamente.

Dado que el motor, la subestación y otros equipos asociados, así como el cable alimentador deben quedar protegidos por el esquema de protección, es evidente que la curva del cable (curva C-C) debe quedar a la derecha de los puntos A, X y B.

Por lo tanto, en caso de emplearse fusibles de una corriente nominal mayor, la curva B-B y el punto X se desplazarán a la derecha, por lo que de ser necesario reemplace el cable por uno de mayor sección transversal.

A fin de asegurar selectividad en la protección, cualquier fusible ubicado en el circuito antes del fusible de protección del motor, deberá tener una corriente nominal al menos 1.6 veces la corriente del fusible del motor.

RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN DE CAPACITORES POR MEDIO DE FUSIBLE

La conexión de un capacitor sobre la red o la conexión en paralelo de bancos de capacitores reviste características problemáticas, ya que las corrientes transitorias que se presentan inmediatamente después de la conexión pueden llegar a niveles muy cercanos a los de cortocircuito.

La intensidad y duración de estas corrientes transitorias depende en gran medida de la potencia de cortocircuito y de la impedancia de la red, de la capacidad del banco, la inductancia serie y la frecuencia natural, así como del instante de la conexión, con respecto a la onda senoidal de la tensión de alimentación (Figura 21)

La corriente a través de un capacitor está dada por la ecuación:

$$Y = \omega C d/t dt.$$

En el momento de la conexión, se presenta una forma de onda de la corriente como se muestra en la figura 21, según el instante en que esta se realiza. Como puede observarse, la peor condición se manifiesta cuando la conexión se realiza en el momento en que la tensión está en su valor cresta.

En este caso la corriente llega a un valor máximo cuya magnitud está limitada por la impedancia de la red y la inductancia o resistencia que pudiese tener el propio capacitor. La duración de la curva exponencial decreciente dependerá a su vez de la constante de tiempo resultante, mientras que la frecuencia natural del arreglo definirá la frecuencia natural del arreglo definirá la frecuencia de la onda de corriente durante el período transitorio.

Es recomendable el empleo de bobinas de reactancia en serie con los capacitores, para reducir la intensidad y el gradiente de las corrientes transitorias.

Aún por el uso de estos dispositivos amortiguadores, la determinación de la corriente nominal (I_n) de los fusibles para la protección de bancos de capacitores debe hacerse sobre la base de un valor del orden de 2 a 4 veces la corriente nominal I_{nc} del capacitor o banco, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$I_n = 4xI_{nc} = \frac{4xkVAR}{\sqrt{3xkV}} = 2.31 \frac{kVAR}{kV}$$

De esta manera se evitará el daño a los fusibles en el momento de la conexión y/o desconexión de los capacitores debido a las corrientes transitorias, así como el envejecimiento por degradación que pudiera presentarse debido a la continua exposición a corrientes de niveles altos, si se empleara un fusible de baja graduación.

Se recomienda así mismo que los casos en que sea posible, proteger individualmente cada capacitor, en lugar de proteger todo un banco, debido a que en caso de fallar un capacitor, los fusibles correspondientes operarán, continuando en servicio todos los demás capacitores.

Empleando fusibles para todo un banco, se interrumpirá la operación de este en caso de falla de un solo capacitor, hasta que se localice y aisle el capacitor dañado.

Los niveles de corriente en caso de capacitores individuales son menores, reduciendo la posibilidad de operación de los fusibles.

Para casos de conexión de bancos en paralelo, se recomienda obtener datos específicos de la red y de los bancos de capacitores y consultar con la planta a fin de calcular las características de los fusibles para cada caso específico.

Para los casos de bancos de capacitores automáticos que requieran conexión y desconexión constante para una compensación continua (automática) del factor de potencia, se recomienda emplear interruptores de potencia en lugar de desconectores eléctricos de operación con carga.

FUSIBLES EN PARALELO PARA PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES.

Para el cálculo de la corriente nominal I_n de un fusible, la relación entre esta y la corriente de carga máxima del transformador I_{max} en condiciones normales de operación, debe guardar una relación de 1.6 a 2.0, con objeto de evitar que la corriente de magnetización (inrush) y condiciones de sobrecarga del transformador provoquen que el fusible opere dentro del régimen de sobrecarga para el cual el fusible no está diseñado.

Debe recordarse que los fusibles limitadores de corriente son elementos de protección contra cortocircuito.

En algunas ocasiones, para la protección de grandes transformadores, motores u otras cargas, la corriente de carga normal es de tales valores que no existe un fusible con la corriente nominal suficiente, haciendo en principio imposible la utilización de fusibles como elementos de protección, sin caer dentro del régimen de sobrecarga de estos si no se respeta el factor antes mencionado.

La solución en estos casos consiste en conectar fusibles en paralelo para incrementar la corriente nominal de un solo fusible y obtener así un rango mayor y una operación segura.

Sin embargo, para el empleo de esta configuración deben considerarse algunas limitaciones y tomar en cuenta ciertos criterios y precauciones.

Funcionamiento de la configuración de dos por fase en desconectores eléctricos.

Cuando el resultado de la corriente nominal I_n del fusible en función de la corriente de carga arroja un valor mayor al rango de corrientes disponibles, se podrá aplicar la configuración de dos fusibles por fase bajo las consideraciones y recomendaciones de un desconector eléctrico con carga, servicio interior, apertura y cierre rápidos con disparo automático y disparo auxiliar, preparado para recibir dos fusibles en cada fase.

Este desconector tiene como característica la de incluir un mecanismo de doble balancín, que le permite detectar el disparo de cualquiera de los seis percutores de los fusibles correspondientes, es decir el desconector está preparado para detectar el disparo de cualquier fusible y actuar el mecanismo de apertura.

En la práctica, el disparo de los fusibles conectados en paralelo, es casi simultáneo, cuando la corriente de cortocircuito es mayor a los 10 kA, ya que como se desprende de las curvas características y considerando que la corriente de los fusibles está balanceada, estos responden con una corriente aproximadamente del 50% cada uno, en un tiempo de 10 ms o menos.

Esto se debe a que el aumento de temperatura hasta llegar al punto de fusión se realiza en tan solo unos cuantos milisegundos (durante la primera parte del

semiciclo de la onda de corriente) para el primer fusible en reaccionar, disparando el perno percutor. En ese momento, el segundo fusible, cuya fusión también se ha iniciado, pero todavía en condiciones de conducción, acelerará su proceso de fusión, ya que ahora el 100% de la corriente circula por el y se encargará de la extinción del arco, en un tiempo menor al tiempo de reacción y apertura del desconectador (del orden de 100 ms), de manera que este opera y abre una vez que la corriente de cortocircuito haya sido interrumpida por los fusibles.

Sin embargo, en la gama inferior de corrientes, los tiempos de reacción de los fusibles son más largos y al operar el primer fusible, el desconectador puede abrir antes de que el segundo haya operado.

Si la corriente circulante en el momento de la desconexión no excede la corriente nominal del desconectador, este operará dentro de sus rangos nominales. Pero si la corriente excede la corriente nominal de interrupción del desconectador, este se verá sometido a esfuerzos fuera de especificación y resultar dañado.

Por otra parte conviene recordar que no es recomendable la operación de los fusibles en el rango comprendido entre la corriente nominal I_n y la corriente mínima de interrupción I_3 y por lo tanto debe evitarse. Para esto deben proveerse las protecciones correspondientes en el lado secundario convenientemente coordinadas con los fusibles limitadores o mediante relevadores de sobrecorriente o sobrecarga, también coordinador.

Ejemplo de Análisis.

Considérese un transformador de 3000 kVA en una red de 13.8 kV, con una corriente de cortocircuito disponible de 20 kA.

La corriente del transformador a su capacidad nominal será:

$$I_1 = kVA / \sqrt{3}kV = 125.51A$$

La corriente mínima nominal del fusible requerido será:

$$I_{n \text{ min.}} = 2 \times I_1 = 251 A$$

Al seleccionar este valor quedan consideradas para la mayoría de los casos, la corriente de magnetización (inrush) del transformador y posibles sobrecargas de este, evitando así cualquier problema con los fusibles.

Al buscar en la tabla de selección de fusibles para 13.8 kV (tabla 31), encontramos que el fusible más grande que existe para este nivel de tensión es de 200 A, que sería inadecuado. Se selecciona por lo tanto un arreglo de dos por fase, de 125 A nominales cada uno ($2 \times 125 = 250 A$).

En esta configuración y consultando las curvas características correspondientes, se obtienen los siguientes resultados de operación comparativos entre un hipotético fusible de 250 A y el arreglo de 2 x 125 A (véase tabla 22)

Obsérvese como para el caso de corriente de 1000 A el tiempo de reacción del segundo fusible es mayor que el tiempo mínimo de reacción del desconectador (del orden de 0.1 s) por lo cual, este operaría antes que el segundo fusible y tendría que interrumpir corrientes mayores que su corriente nominal si el desconectador empleado es de 400 a 630 A.

Para corrientes de 2000 A, el segundo fusible ya reacciona antes de que opere el desconectador, pero aún así debe considerarse un factor de seguridad, ya que por el momento, no se han tomado en cuenta en el análisis las tolerancias de las curvas corriente-tiempo que alcanzan hasta un $\pm 20\%$.

Para corrientes mayores a 2000 A en adelante en este ejemplo, la operación puede considerarse segura.

En conclusión, la gama de corrientes que por su magnitud pueden causar daños a los fusibles están comprendidas entre la nominal I_n ($2 \times 125 = 250$ A) y la corriente mínima de interrupción I_3 ($2 \times 3 \times 125 = 750$ A), condición que hay que evitar.

Por otra parte, la gama de corrientes que no pueden ser interrumpidas por el desconectador están comprendidas entre su corriente nominal, 400 o 630 A según el caso y 2000 A que como se determinó, marca la frontera a partir de la cual la acción de los fusibles es más rápida que la reacción del desconectador.

Por lo tanto las recomendaciones son:

1. Emplear un desconectador eléctrico con una corriente nominal y de interrupción acorde a la corriente nominal de los fusibles empleados, en este caso 630 a.
2. Consultar las protecciones con el lado secundario para asegurar que operen los fusibles del secundario antes que en el primario en condiciones de sobrecarga (a partir de 250 A en el primario).
3. Instalar un dispositivo amortiguador/retardador DW-845 en el desconectador para incrementar artificialmente el tiempo de respuesta del mecanismo de apertura automática.
4. Alternativamente al punto 3, empleando un desconectador sin disparo automático por fusibles, se emplean contactos auxiliares asociados al mecanismo de disparo de los fusibles y los cuales a través de un relevador de tiempo, operan la bobina de disparo.

5. En caso de disponer de un relevador de sobrecorriente operando sobre unas bobinas de disparo en desconectores con arreglo de dos fusibles por fase, la curva de operación debe coordinarse con fusibles por fase, quedando subordinada la curva del relevador a la de los fusibles para corrientes que excedan la capacidad de interrupción del desconector, es decir, que los fusibles deberán operar primero.

En los casos 3 y 4, el tiempo mínimo de retardo ($T_{d\ min}$) deberá ser mayor que el tiempo de respuesta del segundo fusible correspondiente a I_3 ($t_{I\ 3}$), en el caso del ejemplo, $t_{d\ min} > 0.9\ a$.

La figura 23 muestra de una manera general el concepto de coordinación que debe considerarse entre los fusibles limitadores, las protecciones en el secundario, el relevador de sobrecorriente y el retardo de tiempo.

Del ejemplo tratado se concluye lo siguiente:

a) La protección contra sobrecorrientes provocadas por sobrecargas en el transformador será proporcionada por los fusibles y/o protección del lado secundario.

b) La protección por sobrecorriente no provocada por sobrecarga en el secundario del transformador queda cubierta por el relevador de sobrecorriente y cuyo ajuste deberá ser tal que corrientes superiores a la corriente máxima de interrupción del desconector (I_1), los fusibles

c) El retardo de tiempo en la operación del mecanismo de disparo permite que en el eventual caso de que se presenten condiciones de sobrecarga en el transformador que provoquen la reacción de los fusibles, el desconector abra inmediatamente después de que ambos fusibles hayan operado e interrumpido la corriente.

d) En la gama de corrientes comprendidas entre la corriente de interrupción del desconector I_3 (630 A) y I_3 (759 A), operaran los fusibles en el rango de sobrecarga en caso de que no opere la protección del secundario. Las probabilidades de esto son muy remotas si se selecciona y coordina bien la protección del secundario.

e) Si para el caso ejemplificado se empleara un desconector eléctrico de 1250 A, el valor de I_1 se desplazará hacia la derecha en la gráfica, abriendo el margen para el ajuste del relevador de sobrecorriente, sin quedar ninguna gama de corrientes descubierta.

f) La corriente máxima de cortocircuito disponible (prospectiva) no debe exceder de la corriente máxima de interrupción de cada fusible individual.

g) Se deberá verificar que la corriente de cortocircuito limitada por los fusibles ($2 \times I_s$) en función de la corriente de cortocircuito, según la gráfica de la figura 4, no exceda los valores de corriente momentánea y de corta duración del desconectador y otros elementos del circuito (barras, cables, etc.)

h) Para uso con desconectadores eléctricos, los límites para emplear la configuración de los fusibles, pro fases son:

Para desconectadores de 630 A nominales:

$$2 \times 125 \text{ A} = 250 \text{ A.}$$

Para desconectadores de 1250 A nominales:

$$2 \times 200 \text{ A} = 400 \text{ A}$$

Esta limitación podrá ser menos restrictiva si se dispone de una adecuada protección en el secundario que interrumpa con seguridad cualquier sobrecarga mayor a la corriente nominal de la combinación de fusibles en un tiempo menor a aproximadamente 5 seg. Sin embargo el límite extremo lo impone el criterio establecido en el punto G.

Funcionamiento de la Configuración dos por Fase en Portafusibles Independientes.

Cuando los fusibles se instalan en configuración de dos por fase en forma independiente, es decir no asociados a un desconectador de operación con carga, el análisis se simplifica, puesto que las únicas limitaciones son:

a) Evitar la operación dentro del régimen de sobrecarga, es decir en la gama de corrientes comprendida entre $2 \times I_n$ y $2 \times 3 \times I_n$ mediante otras protecciones en serie.

b) La corriente máxima de interrupción I_1 no aumenta al doble sino que permanece en el mismo valor que para cada fusible.

c) Considerando la corriente de cortocircuito máxima en el punto de instalación de los fusibles, asegúrese que la corriente de paso máxima ($2 \times I_s$) no excede los valores de corriente momentánea soportable por las bases portafusible y otros elementos de circuito (barras, conductores, etc.).

d) Deberá proveerse un medio de interrupción de corrientes en el rango de sobrecarga, ya sea mediante un interruptor de potencia, operado mediante el disparo de un relevador de sobrecorriente o empleando fusibles de propósito general con curva de operación rápida en la zona de bajas corrientes.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS CELDAS

GENERALES

Las Subestaciones compactas están formadas por celdas que unidas entre sí forman un arreglo o subestación. Las celdas están formadas por postes fabricados en lámina de acero calibre 12 y por tapas en calibre 14.

Las celdas son fácilmente acoplables entre sí por medio de tornillería lo que permite formar prácticamente cualquier arreglo. La tabla 36 muestra todas las opciones existentes, así como códigos y dimensiones de frente de las mismas. Las dimensiones comunes se muestran en la tabla 37.

La tabla 38 se presente la estructura de códigos para todas las celdas incluidas en el programa de fabricación. Favor de tomar nota que no todas las combinaciones son posibles.

Tabla 36
Celdas Básicas, Códigos, Descripción, Observaciones y Dimensiones.

| Celda Básica | Descripción | Observaciones | Cod. | Dimensiones | | |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------|-------------|------|------|
| | | | | 13.8 | 23.0 | 34.5 |
| Medición | Medición Normal | Medición Lateral | MN | 1000 | | |
| | Medición Normal c Cuchilla | Medición Lateral (1) | MC | 1200 | 1400 | 1600 |
| | Medición Central 2 Cuchillas | Medición | MD | 1200 | | |
| Acometidas | Acometida Normal | Para Acometida Lateral | AN | 500 | 500 | 700 |
| | Acometida Normal c/1 Cuch | Para Acometida Lateral (1) | AC | 700 | 700 | 1200 |
| | Acometida Central c/2 Cuch | Con Cuchilla Horizontal (1) | AD | 1200 | 1400 | 1600 |
| | Acometida Central c/1 Cuch | Con Cuchillas Vertical (1) | AE | 1000 | 1150 | 1600 |
| Cuchilla Operación Sin Carga | Cuchilla de Paso | Cuchilla Normal | CN | 500 | 500 | 700 |
| | Cuchilla de Pasa y Prueba | Con tres cuchillas | CP | 1200 | 1400 | 1600 |
| | Transfer Operación s/Carga | Con Cuchilla doble tiro | CT | 1200 | 1200 | - |
| Seccionador Operación Con Carga Con | Seccionador con bus inferior | Para acoplar a otras celdas | IP | | | |
| | Seccionador sin bus inferior | Para derivar a otras subs. | ID | 1000 | 1150 | 1600 |
| | Seccionador Futuro | Preparado para futuro | IF | | | |
| | Transf Operación c/carga | 2 Seccionadores con carga | IT | 1200 | 1200 | |
| Otros | Separadora | De un metro de frente | SE | 1000 | 1000 | 1000 |
| | Transición | Para pasar de principal a | TR | 500 | 500 | 700 |
| | Esquina | dererеча | ES | - | - | - |
| | Acoplamiento Lateral | | UL | 500 | 500 | 700 |
| | Acoplamiento Posterior | | UP | - | - | - |
| | Tapa Lateral | | TA | - | - | - |

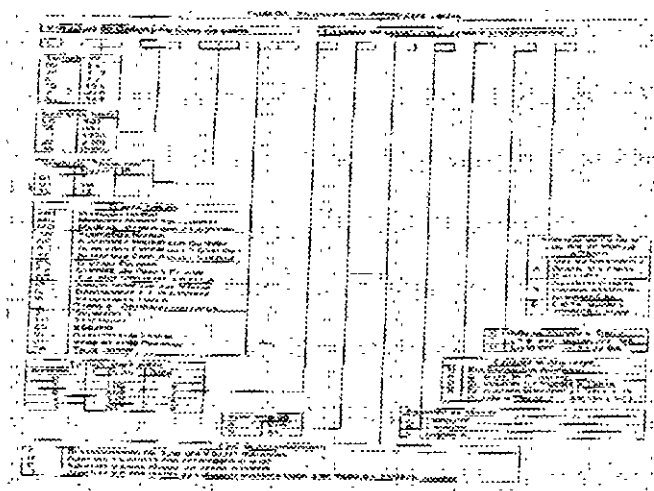
Notas a la tabla 36:

- a) Las celdas marcadas con la nota (1) se ofrecen sólo en arreglos armados en fábrica
- b) Los códigos se refieren sólo a la descripción de las celdas, el programa de fabricación completo así como la estructura de códigos se muestra en la tabla 24.
- c) Cualquier celda no mencionada, favor de consultarnos. La celda marcada con N.D. no se fabrica.

d) Las descripciones completas y dibujos de cada celda se muestran más adelante.

Tabla 37 Dimensiones en Común

| | NEMA | 13.8 | | 23.0 | | 34.5 | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 3R | 1 | 3R | 1 | 3R |
| ALTURA | | 1800 | 1900 | 2100 | 2200 | 2600 | 2700 |
| PROFUNDIDAD | | 1200 | 1400 | 1400 | 1600 | 1600 | 1800 |
| PROF. (SOLO IT) | | 1400 | 1600 | 1600 | 1800 | 2000 | 2000 |



MEDICIÓN

El gabinete está diseñado para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y contiene:

- Puerta abatible al frente
- Cierre de presión en la puerta tipo "levante y jale" con portacandado
- Mirillas de cristal inastillable
- Aisladores, tipo A
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda

Figura 24

| Tensión kV | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|---------------|---------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | A | B | | C | |
| | 400 A | 630 A | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| 7.2 | C 07 04 XX MN | C 07 04 XX MN | 1000 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX MN | C 15 04 XX MN | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX MN | C 20 04 XX MN | 1400 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX MN | C 30 04 XX MN | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: Sustituir la XX por 01 para el caso de NEMA 1, por 03 para el caso de 3R o por 12 para NEMA 12 (a prueba de polvo).

MEDICIÓN CON CUCHILLA

Diseñada para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora además de un juego de cuchillas desconectadoras de operación en aire, operación en grupo tripolar, sin carga, de tiro sencillo, con mecanismos para la operación de la misma desde el exterior, además de la cuchilla, la celda está provista de:

- Puerta abatible al frente
- Cierre de presión en la puerta tipo "levante y jale" con portacandado
- Mirillas de cristal inastillable
- Aisladores, tipo A
- Portacandado para las posiciones de abierto – cerrado
- Bloqueo mecánico con el interruptor principal para imposibilitar la apertura de la cuchilla de operación sin carga, si el interruptor principal está cerrado, evitando así posibles accidentes en la operación protegiendo al personal
- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de la cuchilla
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda.

Figura 25

| Tensión KV | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|----------------------|----------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 XX MC ON ??? | C 07 06 XX MC ON ??? | 1200 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX MC ON ??? | C 15 06 XX MC ON ??? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX MC ON ??? | C 20 06 XX MC ON ??? | 1400 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX MC ON ??? | C 30 06 XX MC ON ??? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, por 12 para NEMA 12

2.- Sustituir ??? por las letras combinadas referidas en la tabla 38 pag. 59.

MEDICION CENTRAL DE DOS CUCHILLAS

Diseñada para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora cuando la acometida es central para derivar a ambos lados de la celda. Además de dos juegos de cuchillas desconectadoras de operación en aire, operación en grupo

tripolar, sin carga, de tiro sencillo, con mecanismo para la operación de la misma desde el exterior, además de las cuchillas, la celda está provista de:

- Puerta abatible al frente
- Cierre de presión en la puerta tipo "levante y jale" con portacandado
- Mirillas de cristal inastillable
- Aisladores, tipo A.
- Portacandado para las posiciones de abierto –cerrado
- Bloqueo mecánico con los interruptores principales para imposibilitar la apertura de las cuchillas de operación sin carga, si los interruptores principales están cerrados, evitando así posibles accidentes en la operación protegiendo al personal.
- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de las cuchillas
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 o 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda.

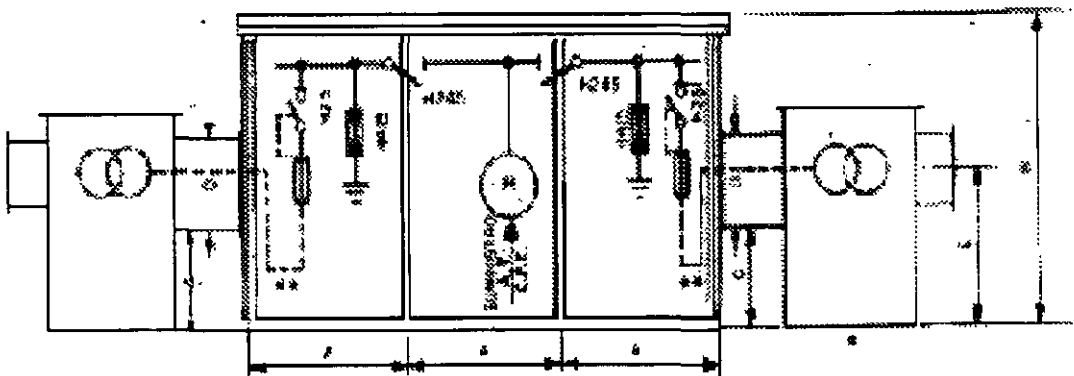


Fig. 26

| Tensión kV | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|---------------|---------------------|---------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | A | B | | C | |
| | 400 A | 630 A | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| 7.2 | C 07 04 XX MD ????? | C 07 06 XX MD ????? | 1200 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX MD ????? | C 15 06 XX MD ????? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX MD ????? | C 20 06 XX MD ????? | 1400 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX MD ????? | C 30 06 XX MD ????? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
 2.- Sustituir ????? por las letras combinadas referidas en a tabla 38 página 59.

ACOMETIDA

La celda de acometida se usa principalmente en Subestaciones compactas derivadas de una Subestación receptora principal o bien en el caso en el que la compañía suministradora de energía eléctrica realizará la medición de consumo eléctrico en el lado de baja tensión.

Diseñada para recibir en forma subterránea los cables de energía haciéndolos pasar a través de clemas de madera situadas en la parte izquierda o derecha (dependiendo del arreglo) del gabinete, soportando así el peso de los cables y poder conectar al bus principal de la Subestación, incluye:

- Aisladores, tipo A.
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda
- Clemas de madera especialmente diseñadas para soportar los cables de energía.

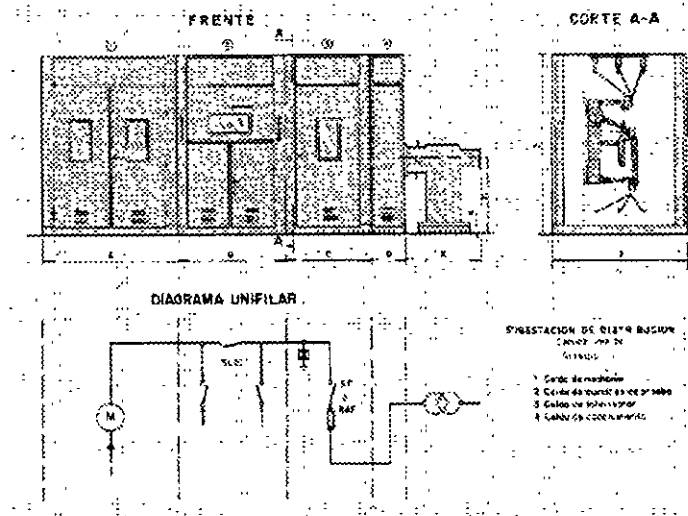


Fig. 27

| Tensión kV | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|---------------|---------------|---------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | A | B | | C | |
| | 400 A | 630 A | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| 7.2 | C 07 04 XX AN | C 07 06 XX AN | 500 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX AN | C 15 06 XX AN | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX AN | C 20 06 XX AN | 500 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX AN | C 30 06 XX AN | 700 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: Sustituir la XX por 01 para el caso de NEMA 1, por 03 para el caso de 3R o por 12 para NEMA 12 (a prueba de polvo).

ACOMETIDA CON CUCHILLA

Cuando el espacio del cuarto es muy reducido, se sugiere que las funciones de acometida y de cuchilla de paso sean combinadas en una sola celda. Dichas funciones se cumplen con esta celda diseñada para recibir en forma subterránea los cables de energía haciéndolos pasar a través de clemas de madera situadas en la parte izquierda o derecha (dependiendo del arreglo) del gabinete, soportando así el peso de los cables y poder conectar al bus principal de la Subestación, incluye:

- Aisladores, tipo A.
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda
- Clemas de madera especialmente diseñadas para soportar los cables de energía.

Fig. 28

| Tensión kV | Código Corriente | | Dimensiones en mm | | | | |
|---------------|---------------------|---------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 XX AC ????? | C 07 06 XX AC ????? | 700 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX AC ????? | C 15 06 XX AC ????? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX AC ????? | C 20 06 XX AC ????? | 700 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX AC ????? | C 30 06 XX AC ????? | 1200 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

- Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, por 12 para NEMA 12
 2.- Sustituir ????? por las letras combinadas referidas en la tabla 38 página 59.

ACOMETIDA CENTRAL CON DOS CUCHILLAS DE PASO

Diseñada hacer las funciones de acometida además de dos juegos de cuchillas desconectoras de operación en aire, operación en grupo tripolar, sin carga, de tiro sencillo, con mecanismo para la operación de las mismas desde el exterior, además de las cuchillas, la celda está provista de:

- Aisladores, tipo A.
- Portacandado para las posiciones de abierto –cerrado
- Bloqueo mecánico con el interruptor para imposibilitar la apertura de la cuchilla de operación sin carga, si el interruptor principal está cerrado, evitando así posibles accidentes en la operación protegiendo al personal.
- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de la cuchilla
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 o 630 a.

- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda.
- Clemas de madera especialmente diseñadas para soportar los cables de energía

Fig. 29

| Tensión kV | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|---------------|---------------------|---------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | A | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| | 400 A | 630 A | | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 XX AD ????? | C 07 06 XX AD ????? | 1200 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX AD ????? | C 15 06 XX AD ????? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX AD ????? | C 20 06 XX AD ????? | 1400 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX AD ????? | C 30 06 XX AD ????? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

- Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3r, POR 12 para NEMA 12
 2.- Sustituir ????? por las letras combinadas referidas en a tabla 38 página 59.

ACOMETIDA CENTRAL CON CUCHILLA DE PASO

Diseñada para alojar un juego de cuchillas desconectadoras de operación en aire, un tiro, operación en grupo tripolar, sin carga, de tiro sencillo, con mecanismo para la operación de la misma desde el exterior, para los casos en que la acometida es central y se derivan los círculos hacia los lados. En este caso la cuchilla se monta verticalmente y de frente y es operada por un mecanismo de disco. Además de la cuchilla, la celda está provista de:

- Bloqueo mecánico con el interruptor principal para imposibilitar la apertura de la cuchilla de operación sin carga, si el interruptor principal está cerrado, evitando así posibles accidentes en la operación protegiendo al personal.
- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de la cuchilla
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 o 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda.

El accionamiento directo es a través de una palanca similar a la del seccionador de operación con carga.

Fig. 30

| Tensión kV | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|---------------|---------------------|---------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | A | N 1 | | N 3R | |
| | 400 A | 630 A | | B | C | | |
| 7.2 | C 07 04 XX AE ????? | C 07 06 XX AE ????? | 1000 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX AE ????? | C 15 06 XX AE ????? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX AE ????? | C 20 06 XX AE ????? | 1150 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX AE ????? | C 30 06 XX AE ????? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

- Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
2.- Sustituir ????? por las letras combinadas referidas en a tabla 38 página 59.

CUCHILLA DE PASO

Diseñada para alojar un juego de cuchillas desconectadoras de operación en aire, operación en grupo tripolar, sin carga, de tiro sencillo, tipo DTP marca DRIWISA con mecanismo para la operación de la misma desde el exterior, además de la cuchilla, la celda está provista de:

- Portacandado para las posiciones de abierto –cerrado
- Bloqueo mecánico con el interruptor principal para imposibilitar la apertura de la cuchilla de operación sin carga, si el interruptor principal está cerrado, evitando así posibles accidentes en la operación protegiendo al personal.
- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de la cuchilla
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 o 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda.

Fig. 31

| Tensión kV | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|---------------|---------------------|---------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | A | N 1 | | N 3R | |
| | 400 A | 630 A | | B | C | | |
| 7.2 | C 07 04 XX CN ????? | C 07 06 XX CN ????? | 500 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX CN ????? | C 15 06 XX CN ????? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX CN ????? | C 20 06 XX CN ????? | 500 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX CN ????? | C 30 06 XX CN ????? | 700 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

- Notas: 1 - Sustituir XX por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
2.- Sustituir ????? por las letras combinadas referidas en a tabla 38 página 59.

CUCHILLA DE PASO Y PRUEBA

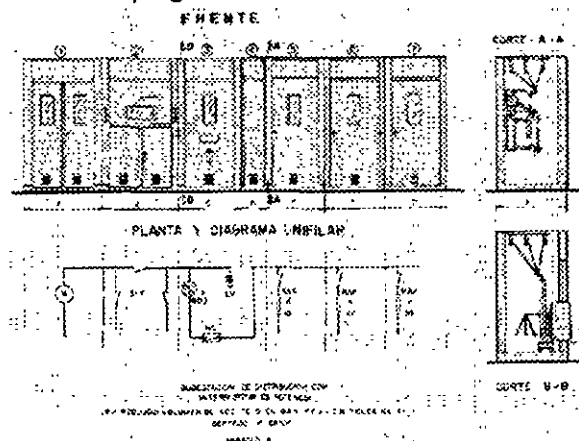
Celda fabricada para alojar tres cuchillas de operación en aire, sin carga, en grupo tripolar, dispuestas de tal forma que una de ellas funciona como cuchillas de paso y las otras dos como un by-pass para efectos de verificación de parte de la compañía suministradora. Además de las tres cuchillas, esta celda contiene:

- Puerta abatible al frente
- Cierre de presión en la puerta tipo "levante y jale" con portacandado
- Portacandado en los accionamientos de las cuchillas para las posiciones de abierto –cerrado
- Bloqueo mecánico con los interruptores principales para imposibilitar la apertura de la cuchilla de operación sin carga, si el interruptor principal está cerrado, evitando así posibles accidentes en la operación protegiendo al personal.
- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de las cuchillas
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 o 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda.

Fig. 32

| Tensión kV | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | A | B | C | | |
| | 400 A | 630 A | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| 7.2 | C 07 04 XX CP ??? | C 07 06 XX CP ??? | 1200 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX CP ??? | C 15 06 XX CP ??? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX CP ??? | C 20 06 XX CP ??? | 1400 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX CP ??? | C 30 06 XX CP ??? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: 1 - Sustituir XX por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
 2.- Sustituir ??? por las letras combinadas referidas en a tabla 38 página 59.



TRANSFERENCIA MANUAL OPERACIÓN SIN CARGA

Diseñada para alojar un juego de cuchillas desconectadoras de operación en aire, doble tiro, operación en grupo tripolar, sin carga, de tiro sencillo, con mecanismo para la operación de la misma desde el exterior, además de la cuchilla, la celda está provista de:

- Portacandado para las posiciones de abierto –cerrado
- Bloqueo mecánico con el interruptor principal para imposibilitar la apertura de la cuchilla de operación sin carga, si el interruptor principal está cerrado, evitando así posibles accidentes en la operación protegiendo al personal.
- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de la cuchilla
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 o 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda.

Esta celda se utiliza principalmente cuando el usuario goza de una doble acometida, una normal y una de emergencia, para poder efectuar el cambio de alimentación fácilmente

Fig. 33

| | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|---------------|---------------|---------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| Tensión kV | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 XX CT | C 07 04 XX CT | 1200 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX CT | C 15 04 XX CT | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX CT | C 20 04 XX CT | 1200 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | N.D | N.D. | | | | | |

- Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
 2.- Sustituir ??? por las letras combinadas referidas en a tabla 38 página 59.

CUCHILLA DE PASO CON ACCIONAMIENTO RÁPIDO

Diseñada para alojar un juego de cuchillas desconectadoras de operación en aire, operación en grupo tripolar, sin carga, de tiro sencillo y accionamiento rápido, con mecanismo para la operación de la misma desde el exterior.

A diferencia de la cuchilla de accionamiento normal, esta cuchilla tiene un mecanismo de resorte basculante, gracias al cual, se asegura que las posiciones finales (abierto y cerrado) serán siempre alcanzadas. Bajo ninguna circunstancia el aparato se detendrá en una posición intermedia o hará una falsa conexión. Por

lo tanto quedan garantizadas las características de niveles de aislamiento y de conducción en las posiciones abierto y cerrado respectivamente.

Los componentes, dimensiones y demás características son similares a aquellas descritas en la celda de cuchilla de paso.

TABLA 39
Celda con cuchilla de accionamiento rápido nema 1

| T | Código | |
|------|----------------|----------------|
| KV | 400 A | 630 A |
| 7.2 | C070401CNONBKN | C070601CNONBKN |
| 13.8 | C150401CNONBKN | C150601CNONBKN |
| 23.0 | C200401CNONBKN | C200601CNONBKN |
| 34.5 | C300401CNONBKN | C300601CNONBKN |

TABLA 40
Celda con cuchilla de accionamiento rápido nema 3r

| T | Código | |
|------|----------------|----------------|
| KV | 400 A | 630 A |
| 7.2 | C070403CNONBKN | C070603CNONBKN |
| 13.8 | C150403CNONBKN | C150603CNONBKN |
| 23.0 | C200403CNONBKN | C200603CNONBKN |
| 34.5 | C300403CNONBKN | C300603CNONBKN |

ACOMETIDA CON CUCHILLA DE ACCIONAMIENTO RÁPIDO

Reuniendo las funciones de acometida y de la cuchilla de accionamiento rápido en una sola celda, la seguridad hacia el personal operativo y en el sistema eléctrico está garantizada con esta celda.

Los componentes, dimensiones y demás características son similares a aquellas descritas en la celda de acometida con cuchilla de paso.

TABLA 41
Celda de acometida con cuchilla de accionamiento rápido nema 1

| T | Código | |
|------|----------------|----------------|
| KV | 400 A | 630 A |
| 7.2 | C070401ACONBKN | C070601ACONBKN |
| 13.8 | C150401ACONBKN | C150601ACONBKN |
| 23.0 | C200401ACONBKN | C200601ACONBKN |
| 34.5 | C300401ACONBKN | C300601ACONBKN |

TABLA 42

Celda de acometida con cuchilla de accionamiento rápido nema 3r

| T | Código | |
|------|----------------|----------------|
| Kv | 400 A | 630 A |
| 7.2 | C070403ACONBKN | C070603ACONBKN |
| 13.8 | C150403ACONBKN | C150603ACONBKN |
| 23.0 | C200403ACONBKN | C200603ACONBKN |
| 34.5 | C300403ACONBKN | C300603ACONBKN |

ACOMETIDA CENTRAL CON CUCHILLA DE ACCIONAMIENTO RÁPIDO

TABLA 43

Celda de acometida central con cuchilla de accionamiento rápido nema 1

| T | Código | |
|------|----------------|----------------|
| KV | 400 A | 630 A |
| 7.2 | C070401AEONBKN | C070601AEONBKN |
| 13.8 | C150401AEONBKN | C150601AEONBKN |
| 23.0 | C200401AEONBKN | C200601AEONBKN |
| 34.5 | C300401AEONBKN | C300601AEONBKN |

TABLA 44

Celda de acometida central con cuchilla de accionamiento rápido nema 3R

| T | Código | |
|------|----------------|----------------|
| Kv | 400 A | 630 A |
| 7.2 | C070403AEONBKN | C070603AEONBKN |
| 13.8 | C150403AEONBKN | C150603AEONBKN |
| 23.0 | C200403AEONBKN | C200603AEONBKN |
| 34.5 | C300403AEONBKN | C300603AEONBKN |

INTERRUPTOR CON PORTAFUSIBLES

Diseñada para alojar un interruptor (desconectador) con carga, en aire, de operación en grupo tripolar, con accionamiento de apertura y cierre rápidos por medio de un mecanismo de energía almacenada. Construido sobre un bastidor de acero galvanizado anticorrosivo, usando aisladores clase A.

Además de cumplir con la función indispensable de interruptor el servicio aun bajo condiciones de carga, los fusibles integrados a la base portafusible del interruptor protegen al transformador contra falla por corto circuito.

El interruptor está provisto de disparo simultáneo de las tres fases en caso de falla de uno de cualquiera de los tres fusibles, evitando así la operación eléctrica en una o dos fases.

El gabinete cuenta además con:

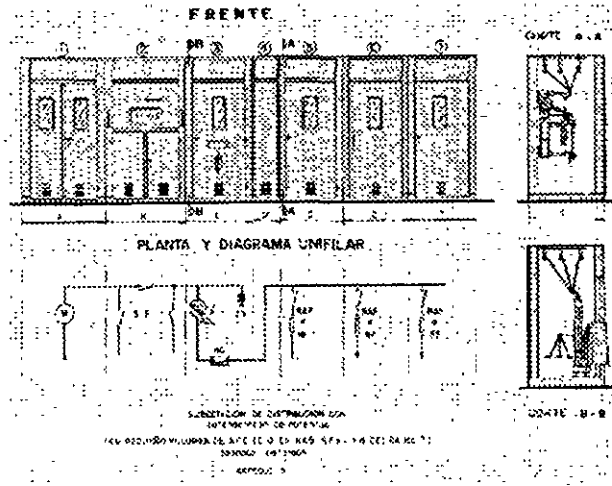
- Mecanismos de apertura y cierre tipo disco para a operación del interruptor desde el frente de la celda.
- Bloqueo mecánico en la puerta con el interruptor para imposibilitar la apertura de la misma si el interruptor está cerrado, evitando así posibles accidentes en la operación para a protección el personal.
- Puerta abatible al frente.
- Cierre de presión en la puerta tipo "levante y jale" con portacandado.
- Mirillas de cristal inastillable.
- Aisladores, tipo A.
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda.
- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de la cuchilla.

Dependiendo del voltaje y de la corriente nominal, la disponibilidad de interruptores con distintas bases portafusibles es muy variada. Para la misma corriente, un fusible de mayor tamaño gozará de una mayor capacidad de corto circuito.

TABLA 45

Combinaciones Disponibles de Interruptor con Base Portafusible

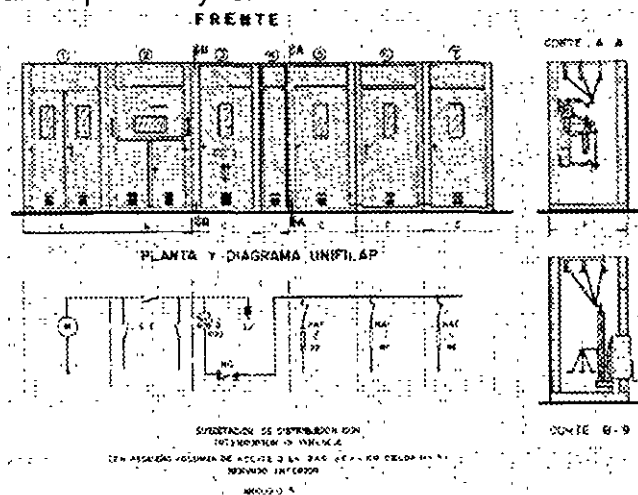
| Tensión Nom. (Kv.) | 1 nom (A.) | Tamaño de Fusible | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|-------------------|---|---|---|------|---|---|---|
| | | Sencillo | | | | Dual | | | |
| | | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 7.2 | 400 | X | X | | | | | | |
| 7.2 | 630 | X | X | | | X | X | X | |
| 13.8 | 400 | | X | | | | | | |
| 13.8 | 630 | | X | | | | X | X | |
| 23.0 | 400 | | | | | | | | |
| 23.0 | 630 | | | | X | | | X | |
| 34.5 | 400 | | | | X | | | | |
| 34.5 | 630 | | | | X | | | | |



INTERRUPTORES CON PORTAFUSIBLES Y APARTARRAYOS

Debido a la conveniencia de proteger las instalaciones del usuario contra descargas atmosféricas, se ha diseñado la celda de interruptor principal con portafusibles y apartarrayos.

Esta celda incluye todas las características de la del interruptor con portafusibles además de integrar 3 apartarrayos.



INTERRUPTOR CON PORTAFUSIBLES Y DISPARO AUTOMÁTICO

Utilizando desconectadores con portafusibles y equipados con bobina de disparo, puede completarse un esquema de protección que abarque no sólo las corrientes de corto circuito, sino que también contra sobrecargas mediante la utilización de transformadores de corriente y un relevador de sobrecorriente (51) o de sobrecarga.

Las condiciones en las que se permite la operación del desconectador eléctrico con bobina de disparo son:

- Interrupción de corrientes de carga, desde pequeñas (por ejemplo, el transformador en vacío) hasta la corriente nominal del equipo (400, 630 o 1250 a.)
- Interrupción de sobrecorriente mediante el disparo de la bobina a través de un relevador de sobrecorriente con característica de tiempo (dispositivo 51), siempre y cuando estas no excedan la corriente nominal del equipo (400, 630 o 1250 a.)
- Interrupción de corrientes de falla a tierra en sistemas sólidamente aterrizados, empleando relevadores de falla a tierra (dispositivo 51N), combinado con la protección de los fusibles limitadores de corriente nominal del equipo (400, 630 o 1250 a.)
- Desconexión por secuencia inversa de fases, utilizando un relevador de secuencia de fases (dispositivo 47).
- Desconexión en caso de desbalanceo o falla de fase, empleando un relevador de falla de fase (dispositivo 46), siempre y cuando el desbalanceo no se deba a un cortocircuito o falla a tierra.
- Desconexión por sobrevoltaje o bajo voltaje, empleando un relevador de sobre/bajo voltaje (dispositivos 59 y 27 respectivamente).

NOTA:

Los números de dispositivo para los diferentes relevadores de protección descritos están basados en la norma ANSI C.37.100

La celda de interruptor con base Portafusible y disparo automático hace posible que todas las funciones de protección descritas puedan llevarse a cabo con la ayuda de los relevadores y transformadores corriente (no incluidos en la celda).

AMBAR pone a su disposición todos los relevadores anteriores en las marcas ABB*, G.E.*, O BASLER*, montados en su Subestación junto con los transformadores de corriente requeridos.

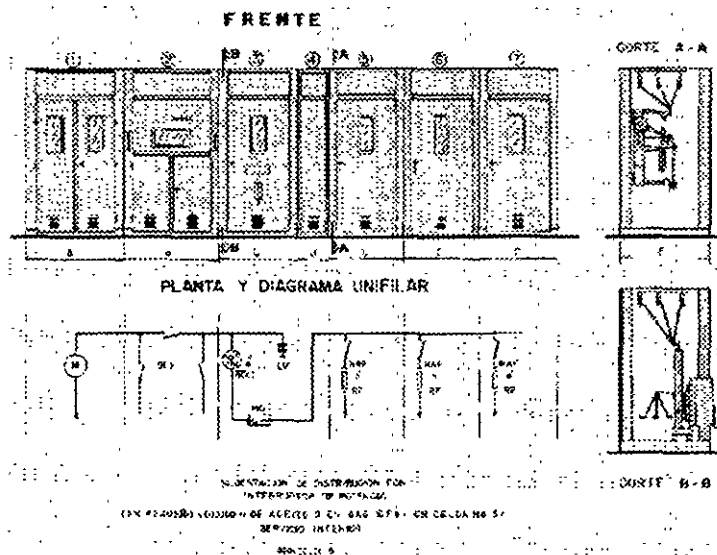


TABLA 46
EJEMPLO DE COMBINACIONES MÁS COMUNES
PARA CELDAS CON INTERRUPTORES Y BUS INFERIOR

| TNom (Kv) | InoM (A) | NEMA | Tamaño Fusible | Apartarrayo | Cuchilla de Puesta a Tierra | Disparo Automático | Código |
|-----------|----------|------|----------------|-------------|-----------------------------|--------------------|---------------------------|
| 7.2 | 400 | 1 | Sin | X | | | C 07 04 01 \| P O N CKN |
| 7.2 | 400 | 1 | 2 | X | | | C 07 04 01 \| P O A CKN |
| 7.2 | 400 | 1 | 4 | X | X | | C 07 04 01 \| P 4 A CKN TA |
| 7.2 | 400 | 1 | 4 | X | | | C 07 04 01 \| P 4 A CKN |
| 7.2 | 630 | 1 | 8 | X | | | C 07 06 01 \| P 8 A CKN |
| 7.2 | 630 | 1 | 8 | X | | X | C 07 06 01 \| P 8 A DKP |
| 13.8 | 400 | 1 | Sin | | | | C 15 04 01 \| P O N CKN |
| 13.8 | 400 | 1 | 2 | X | | | C 15 04 01 \| P O A CKN |
| 13.8 | 400 | 1 | 4 | X | X | | C 15 04 01 \| P 4 A CKN TA |
| 13.8 | 400 | 1 | 4 | X | | | C 15 04 01 \| P 4 A CKN |
| 13.8 | 630 | 1 | 8 | X | | | C 15 06 01 \| P 8 A CKN |
| 13.8 | 630 | 1 | 8 | X | | X | C 15 06 01 \| P 8 A DKP |
| 23.0 | 400 | 1 | Sin | | | | C 20 04 01 \| P O N CKN |
| 23.0 | 400 | 1 | 2 | X | | | C 20 04 01 \| P O A CKN |
| 23.0 | 400 | 1 | 4 | X | X | | C 20 04 01 \| P 4 A CKN TA |
| 23.0 | 400 | 1 | 4 | X | | | C 20 04 01 \| P 4 A CKN |
| 23.0 | 630 | 1 | 8 | X | | | C 20 06 01 \| P 8 A CKN |
| 23.0 | 630 | 1 | 8 | X | | X | C 20 06 01 \| P 8 A DKP |
| 34.5 | 400 | 1 | Sin | | | | C 30 04 01 \| P O N CKN |
| 34.5 | 400 | 1 | 2 | X | | | C 30 04 01 \| P O A CKN |
| 34.5 | 400 | 1 | 5 | X | X | | C 30 04 01 \| P 5 A CKN TA |
| 34.5 | 400 | 1 | 5 | X | | | C 30 04 01 \| P 5 A CKN |
| 34.5 | 630 | 1 | 9 | X | | | C 30 06 01 \| P 9 A CKN |

INTERRUPTOR CON BUS INFERIOR Y PORTAFUSIBLE

Fig. 34

| Tensión kV | Código Corriente | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | 400 A | 630 A | A | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| 7.2 | C 07 04 WW IP X Y ????? | C 07 06 WW IP X Y ????? | 1000 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 WW IP X Y ????? | C 15 06 WW IP X Y ????? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 WW IP X Y ????? | C 20 06 WW IP X Y ????? | 1150 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 WW IP X Y ????? | C 30 06 WW IP X Y ????? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

- Notas: 1.- Sustituir WW por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
- 2.- Sustituir X por el tamaño del fusible. (0 sin fusible) o bien (1,2,3,4,5,6,7,8,9)
- 3.- Sustituir Y por A en caso de llevar apartarrayos, N en caso de no llevar

- 4.- Sustituir ????? por las letras combinadas referidas en a tabla 38 página 59.

INTERRUPTOR SIN BUS INFERIOR CON PORTAFUSIBLE

Fig. 35

| | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| Tensión Kv | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 WW ID X Y ????? | C 07 06 WW ID X Y ????? | 1000 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 WW ID X Y ????? | C 15 06 WW ID X Y ????? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 WW ID X Y ????? | C 20 06 WW ID X Y ????? | 1150 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 WW ID X Y ????? | C 30 06 WW ID X Y ????? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

- Notas: 1.- Sustituir WW por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
- 2.- Sustituir X por el tamaño del fusible. (0 sin fusible) o bien (1,2,3,4,5,6,7,8,9)
- 3.- Sustituir Y por A en caso de llevar apartarrayos, N en caso de no llevar
- 4.- Sustituir ????? por las letras combinadas referidas en a tabla 38 página 59.

INTERRUPTOR FUTURO

Celda diseñada para alojar un interruptor que a futuro será instalado para los casos donde no se tiene seguridad de la proporción en que crecerá la Subestación. Esta celda tiene listo l bastidor para contar fácilmente el interruptor que será instalado más adelante. Además de:

- Mecanismo de apertura y cierre tipo disco ara la operación del interruptor desde el frente.
- Bloqueo mecánico en la puerta con el interruptor para imposibilitar la apertura de la misma si el interruptor está cerrado, evitando así posibles accidentes en la operación para a protección el personal.
- Puerta abatible ala frente. Cierre de presión en la puerta tipo "levante y jale" con portacandado.
- Mirillas de cristal inastillable, aisladores tipo A.
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda

- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de la cuchilla.

Fig. 34

| | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|---------------|---------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| Tensión Kv | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 WW IF | C 07 06 WW IF | 1000 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 WW IF | C 15 06 WW IF | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 WW IF | C 20 06 WW IF | 1150 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 WW IF | C 30 06 WW IF | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: 1.- Sustituir WW por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12

TRANSFER MANUAL OPERACIÓN CON CARGA

Diseñada para alojar dos juegos de desconectores de operación en aire, doble tiro, operación en grupo tripolar, con carga, de tiro sencillo, con mecanismos para la operación de la misma desde el exterior, además de los seccionadores, la celda esta provista de:

- Portacandado para las posiciones de abierto – cerrado
- Leyendas informativas al frente de la celda para la correcta operación de la cuchilla
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad PARA 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda

Esta celda se utiliza principalmente cuando el usuario goza de una doble acometida, una normal y una de emergencia, para poder efectuar el cambio de alimentación fácilmente.

Cabe hacer mención que esta es la única celda con mayor profundidad que la normal, por lo que cuando es ensamblada junto con otra celda, la celda se ensambla hacia atrás permitiendo un frente alineado a todo lo largo de la subestación

Fig. 37

| | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| Tensión Kv | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 WW IT X Y ????? | C 07 06 WW IT X Y ????? | 1200 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 WW IT X Y ????? | C 15 06 WW IT X Y ????? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 WW IT X Y ????? | C 20 06 WW IT X Y ????? | 1200 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 WW IT X Y ????? | C 30 06 WW IT X Y ????? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

- Notas: 1.- Sustituir WW por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
- 2.- Sustituir X por el tamaño del fusible. (0 sin fusible) o bien (1,2,3,4,5,6,7,8,9)
- 3.- Sustituir Y por A en caso de llevar apartarrayos, N en caso de no llevar
- 4.- Sustituir ????? por las letras combinadas referidas en la tabla 38 página 59.

INTERRUPTOR CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA

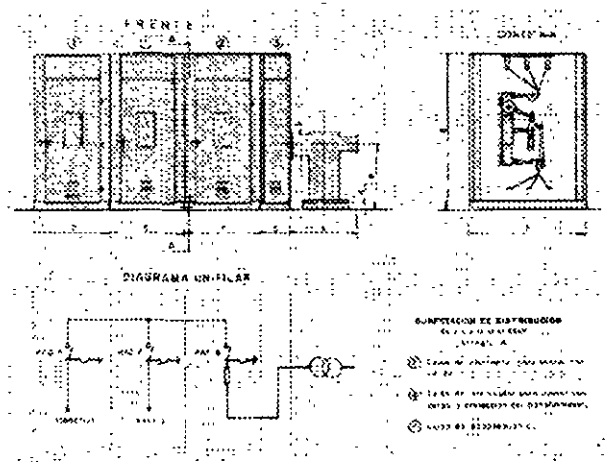
Esta celda además de incluir el interruptor con base Portafusible y todas las características y aditamentos de esa celda, incluye una cuchilla de puesta a tierra utilizada como elemento para conectar tierra barras colectoras, circuitos derivados, capacitores y cualquier otro equipo e manera segura y firme, y que hayan sido previamente desconectados de la red de alimentación por medio e interruptores. Esta celda se recomienda ampliamente por proporcionar un medio más seguro y confiable de puesta a tierra que la utilización de cables y pinzas utilizados para el mismo efecto. De esta manera se asegura que el personal que labores en estas áreas este adecuadamente protegido, reduciendo la posibilidad de recibir una descarga a través de alguna parte de la instalación que haya permanecido energizada con potencial debido a cargas eléctricas acumuladas, por ejemplo en capacitores, cables subterráneos y líneas largas. Además la puerta no puede ser abierta si la subestación no está aterrizada.

Fig. 38

| | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| Tensión Kv | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 WW IX Y Z ???T? | C 07 06 WW IX Y Z ???T? | 1000 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 WW IX Y Z ???T? | C 15 06 WW IX Y Z ???T? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 WW IX Y Z ???T? | C 20 06 WW IX Y Z ???T? | 1150 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 WW IX Y Z ???T? | C 30 06 WW IX X Z ???T? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

- Notas: 1.- Sustituir WW por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
- 2.- Sustituir X por P para bus inferior, D sin bus inferior
- 3.- Sustituir Y por el tamaño del fusible (0 sin fusible) o bien (1,2,3,4,5,6,7,8,9)
- 4.- Sustituir Z para A en caso de llevar apartarrayos. N en caso de no llevar.

5.- Sustituir ???T? por las letras combinadas referidas en la tabla 38 página 59.



INTERRUPTOR SIN BASE PORTAFUSIBLE

Cuando la intención del interruptor es únicamente la de seccionar o desconectar un circuito con carga donde o exista un transformador a proteger contra corto circuito, esta celda es la aplicable

Fig. 39

| Tensión Kv | Código Corriente | | Dimensiones en mm | | | | |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------|------|------|------|
| | 400 A | 630 A | A | B | C | | |
| 7.2 | C 07 04 WW IX O Z ????? | C 07 06 WW IX O Z ????? | 1000 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 WW IX O Z ????? | C 15 06 WW IX O Z ????? | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 WW IX O Z ????? | C 20 06 WW IX O Z ????? | 1150 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 WW IX O Z ????? | C 30 06 WW IX O Z ????? | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

- Notas: 1.- Sustituir WW por 01 para NEMA 1, por 03 para NEMA 3R, POR 12 para NEMA 12
 2.- Sustituir X por P para bus inferior, D sin bus inferior.
 3.- Sustituir Z por A en caso de llevar apartarrayos, N en caso de no llevar
 4.- Sustituir ????? por las letras combinadas referidas en la tabla 38 página 59.

CELDA SEPARADORA POR METRO

Esta celda se utiliza cuando dos o más transformadores serán acoplados en la parte posterior e la Subestación, ya que, sería imposible por efectos de espacio, colocar 2 interruptores protegiendo transformadores uno junto al otro ya que los transformadores miden lateralmente más que el frente de las celdas del interruptor.

Esta celda incluye:

- Aisladores, tipo A
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda

Fig. 40

| Tensión Kv | Código Corriente | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|------------------|---------------|-------------------|------|------|------|------|
| | 400 A | 630 A | A | B | C | | |
| 7.2 | C 07 04 XX SE | C 07 04 XX SE | 1000 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX SE | C 15 04 XX SE | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX SE | C 20 04 XX SE | 1000 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX SE | C 30 04 XX SE | 1000 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para el caso de NEMA 1, por 03 para el caso 3R o por 12 para NEMA 12 (a prueba de polvo)

CELDA DE TRANSICIÓN

Diseñada para cambiar la trayectoria del bus principal y poder conectar adecuadamente los interruptores derivados, cuando estos están incorporados en el mismo tablero que el interruptor principal:

La celda contiene:

- Aisladores, tipo A.
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda

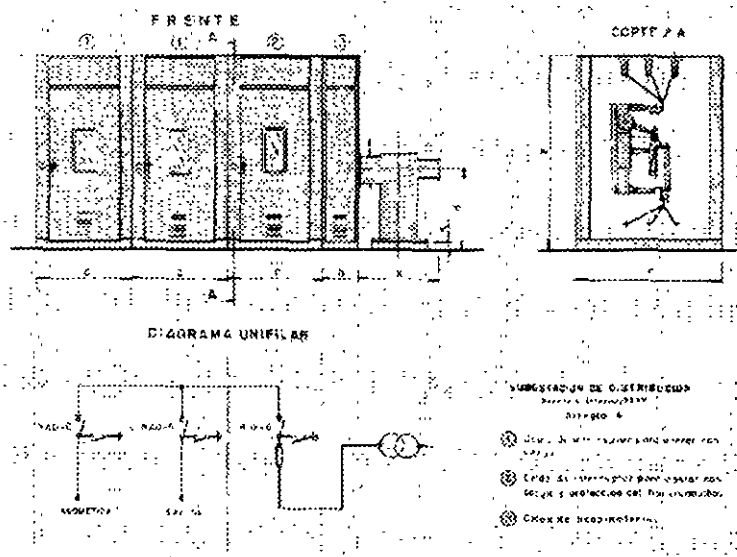


Fig. 41

| Tensión Kv | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|---------------|---------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 XX TR | C 07 04 XX TR | 500 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX TR | C 15 04 XX TR | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX TR | C 20 04 XX TR | 500 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX TR | C 30 04 XX TR | 700 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para el caso de NEMA 1, por 03 para el caso 3R o por 12 para NEMA 12 (a prueba de polvo)

ESQUINA

En algunos casos por necesidades de acomodo de equipo, es necesario que la subestación se acomodada en un arreglo en "L" o en "U", para estos casos AMBAR ha diseñado la celda "esquina" que facilita estos arreglos. La celda tiene de ancho de fondo lo mismo que los arreglos standard, pudiendo hacer ampliaciones fácilmente. Esta celda contiene:

- Aisladores, tipo A, colocados a 45 grados
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda

Fig. 42

| Tensión kV | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|---------------|---------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 XX ES | C 07 04 XX ES | 1200 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX ES | C 15 04 XX ES | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX ES | C 20 04 XX ES | 1400 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX ES | C 30 04 XX ES | 1600 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para el caso de NEMA 1, por 03 para el caso 3R o por 12 para NEMA 12 (a prueba de polvo)

ACOPLAMIENTO LATERAL

Diseñada para cambiar a trayectoria del bus principal y poder conectar adecuadamente el transformador que va directamente acoplado a la Subestación. La Celda contiene:

- Aisladores, tipo A.
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.
- Bus de tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo de la celda

Para efectos de producción, será indispensable el que nos sean informados las dimensiones de las gargantas el lado de alta tensión del transformador que será acoplado

Fig. 43

| | Código | | Dimensiones en mm | | | | |
|------------|---------------|---------------|-------------------|------|------|------|------|
| | Corriente | | | N 1 | N 3R | N 1 | N 3R |
| Tensión kV | 400 A | 630 A | A | B | | C | |
| 7.2 | C 07 04 XX LL | C 07 04 XX UL | 500 | 1800 | 1900 | 1200 | 1400 |
| 13.8 | C 15 04 XX LL | C 15 04 XX UL | | | | | |
| 23.0 | C 20 04 XX LL | C 20 04 XX UL | 500 | 2100 | 2200 | 1400 | 1600 |
| 34.5 | C 30 04 XX LL | C 30 04 XX UL | 700 | 2600 | 2700 | 1600 | 1800 |

Notas: 1.- Sustituir XX por 01 para el caso de NEMA 1, por 03 para el caso 3R o por 12 para NEMA 12 (a prueba de polvo)

ACOPLAMIENTO POSTERIOR

En los casos den los que los transformadores serán acoplados en forma posterior a la Subestación, es necesario dejar provisiones para que el mismo sea conectado fácilmente. El equipo consta de:

- Aisladores, tipo A.
- Bus principal de cobre electrolítico de alta conductividad para 400 a 630 a.

TABLA 46

PREPARACIÓN PARA ACOPLAMIENTO

POSTERIOR NEMA 1

| T | Código | |
|------|---------------|---------------|
| K V | 400 A | 630 A |
| 7.2 | C 07 04 01 UP | C 07 06 01 UP |
| 13.8 | C 15 04 01 UP | C 15 06 01 UP |
| 23.0 | C 20 04 01 UP | C 20 06 01 UP |
| 34.5 | C 30 04 01 UP | C 30 06 01 UP |

TABLA 47

PREPARACIÓN PARA ACOPLAMIENTO
POSTERIOR NEMA 3R

| T KV | Código | |
|---------|---------------|---------------|
| | 400 A | 630 A |
| 7.2 | C 07 04 01 UP | C 07 06 01 UP |
| 13.8 | C 15 04 01 UP | C 15 06 01 UP |
| 23.0 | C 20 04 01 UP | C 20 06 01 UP |
| 34.5 | C 30 04 01 UP | C 30 06 01 UP |

5.- DESCRIPCIÓN DE LOS ARREGLOS DE LAS SUBESTACIONES

Generales

Los arreglos son subestaciones unitarias compactas con distintas celdas unidas entre si por tornillería tropicalizada, estos equipos están listos para ser montados directamente a piso.

El código de selección de los arreglos básicos se describe a continuación en la tabla 48.

Los básicos están descritos en forma tabular en la tabla 49, además se incluyen dimensiones totales de frente se mencionan los modelos de cuchillas, seccionadores y apartarrayos incluidos.

En las siguientes páginas se describen a detalle cada uno de los arreglos mencionando los códigos respectivos.

Notas:

1. Sustituir las letras WW por (07 para 7.2 para 13.8, 20 para 23 y 30 para 34.5 kV
2. Sustituir las letras XX por (01 para NEMA 1, 03 para NEMA 3R y .12 para NEMA 12)
3. Sustituir la letra Y por el tamaño del fusible (4 para tensiones iguales o menores a 23.0 kV y 5 para tensión de 34,5 kV)

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de otro circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para la tapa, acopiadas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente.

Compuesta por las siguientes celdas, vista de frente de (izquierda a derecha o derecha izquierda)

- 1 Celda C WW 04 XX MC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIVISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de

corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.

Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.

- 1 Celda C WW 04 XX ID YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.

Tres apartarrays autovalvulares

Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.

- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WWW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente.

Compuesta por las siguientes celdas, vista de frente de (izquierda a derecha o derecha izquierda)

- 1 Celda C WW 04 XX MC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (rms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 1 Celda C WW 04 XX IP YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo

tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.

Con tres apartarrayos autovalvulares y bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda

Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.

- 1 Celda C WW 04 XX UL de acoplamiento a transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada de aisladores tipo A.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre sí por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente.

Compuesta por las siguientes celdas, vista de frente de (izquierda a derecha o derecha izquierda)

- 1 Celda C WW 04 XX MC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 2 Celda C WW 04 XX ID YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04 Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.

Tres apartarrayos autovalvulares

Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.

- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre sí por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente.

Compuesta por las siguientes celdas, vista de frente de (izquierda a derecha o derecha izquierda)

- 1 Celda C WW 04 XX MC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 1 Celda C WW 04 XX ID YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04 Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Tres apartarrayos autovalvulares
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 1 Celda C WW 04 XX IP YN CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a. de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tipo de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible

para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.

- 1 Celda C WW 04 XX UL de acoplamiento a transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre sí por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente.

Compuesta por las siguientes celdas, vista de frente de (izquierda a derecha o derecha izquierda)

- 1 Celda C WW 04 XX MC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 1 Celda C WW 04 XX IP YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Con tres apartarrayos autovalvulares y bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 1 Celda C WW 04 XX TR de transición de interruptor principal a interruptores derivados compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores

tipo A.

- 2 Celda C WW 04 XX ID YN CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA® tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a. de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tipo, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión con acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 1 Celda C WW 04 XX UL de acoplamiento de transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente.

Compuesta por las siguientes celdas, vista de frente de (izquierda a derecha o derecha izquierda)

- 1 Celda C WW 04 XX MC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 1 Celda C WW 04 XX IP YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible

para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.

Con tres apartarrayos autovalvulares y bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.

Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.

- 1 Celda C WW 04 XX TR de transición de interruptor principal a interruptores derivados compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.
- 1 Celda C WW 04 XX ID YN CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA® tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a. de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tipo, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión con acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 1 Celda C WW 04 XX IP YN CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a. de 20 kV (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente con mirilla de cristal inastillable y manija de presión de acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 1 Celda C WW 04 XX UL de acoplamiento de transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada

en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente. Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX MD ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 2 Celda C WW 04 XX ID YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Tres apartarrayos autovalvulares y bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente. Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX MD ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga

marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.

- 2 Celda C WW 04 XX IP YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Tres apartarrayos autovalvulares y bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 2 Celda C WW 04 XX UL de acoplamiento a transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente. Compuesta por las siguientes celdas, vista de frente de (izquierda a derecha o derecha izquierda).

- 1 Celda C WW 04 XX AC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 1 Celda C WW 04 XX ID YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA

(ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.

Tres apartarrayos autovalvulares.

Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.

2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre sí por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente. Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX AC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 1 Celda C WW 04 XX ID YN CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Tres apartarrayos autovalvulares y bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador

- está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente. Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX AC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 1 Celda C WW 04 XX IP YN CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 1 Celda C WW 04 XX UL de acoplamiento de transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de

(7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre sí por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente. Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX AC ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 2 Celda C WW 04 XX IP YN CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 1 Celda C WW 04 XX UL de acoplamiento a transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre sí por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática

horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente.
Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW_04_XX AD ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 2 Celda C WW 04 XX ID YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Tres apartarrayos autovalvulares.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C.WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente.
Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX AD ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.

Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.

- 2 Celda C WW 04 XX IP YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Con tres apartarrayos autovalvulares y bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 2 Celda C WW 04 XX UL de acoplamiento a transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente. Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX AE ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 2 Celda C WW 04 XX ID YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible

para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.

Tres apartarrayos autovalvulares.

Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.

- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente. Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX AE ON AJN para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y una cuchilla de paso de operación sin carga marca DRIWISA tipo DTP WW/040 AJN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, operación en grupo tripolar, un tiro, de accionamiento manual con palanca de operación desde el exterior de la celda y portacandados en la posición abierto y cerrado.
Provista de bloque mecánico entre el desconectador y la cuchilla para evitar el accionamiento de esta cuando el desconectador este cerrado.
- 2 Celda C WW 04 XX IP YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Con tres apartarrayos autovalvulares y bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 2 Celda L WW 04 XX UL de acoplamiento a transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.

2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente. Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX AN para acometida por medio de cable a través de clemas de madera
- 1 Celda C WW 04 XX ID YA CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Tres apartarrayos autovalvulares.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA

Subestación eléctrica tipo compacta marca AMBAR® servicio (Interior o exterior), grado de protección NEMA (1, 3R, 12) con bus principal de cobre electrolítico de (1/4 x 1 1/2" para 400 amperes o de 1/4 x 2" para 630 amperes), tensión nominal de (7.2, 13.8, 23.0 o 34.5 kV), 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, para soportar esfuerzos de corto circuito de 500 mVA simétricos en la tensión nominal, con bus de cobre para tierra a todo lo largo de la subestación. Construida en secciones de lámina rolada en frío calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, acopladas entre si por medio de tornillería tropicalizada, la operación de los equipos se hace por el frente sin abrir la puerta, las cuales son embizagradas provistas de manijas de presión con portacandados. Mirillas de cristal inastillable para observar al interior de la subestación. El acabado será en pintura de aplicación electrostática

horneada previo desengrase, fosfatizado y sello crómico por inmersión en caliente.
Compuesta por las siguientes celdas

- 1 Celda C WW 04 XX AN para acometer por medio de cable a través de clemas de madera.
- 2 Celda C WW 04 XX IP YN CKN para alojar un desconectador de operación con carga marca DRIWISA tipo LDTPWW/04Y CKN de 3 x 400 a de 20 kA (ms) de corriente momentánea asimétrica, en aire, de operación en grupo tripolar, un tiro, de apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada, con disparo auxiliar por medio del perno percutor del fusible para el disparo tripolar en caso de falla de una fase. Mando derecho. Con base portafusible tamaño 4 para 23.0 kV y menores y tamaño 5 para 34.5 kV. Operado desde el frente con mecanismo de disco.
Bus de cobre en la parte inferior para acoplamiento a la siguiente celda.
Puerta abatible al frente, con mirilla de cristal inastillable y manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador está en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- 1 Celda C WW 04 XX UL de acoplamiento a transformador compuesta por bus de cobre electrolítico soportada en aisladores tipo A.
- 2 Juegos de tapas laterales en lámina calibre 14, código C WW 04 YY TA



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

ANÁLISIS DE ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS

ANÁLISIS DE ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO

ING. ARTURO MORALES COLLANTES

ANALISIS DE ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO

Los estudios de corto circuito como se ha indicado anteriormente tienen varios objetivos, y el método empleado para una solución en particular depende de varias cosas como son el tamaño del sistema bajo estudio, los resultados esperados y la aplicación de estos. En particular para las instalaciones industriales y los sistemas de distribución se pueden emplear métodos relativamente simples y fáciles de aprender y rápidos en su concepción que permitan al Ingeniero o al diseñador resolver un problema con un cierto grado de aproximación sin emplear mucho tiempo y esfuerzo.

“Los valores máximos calculados de las corrientes de corto circuito son usados para seleccionar dispositivos de una capacidad interruptiva adecuada, checar la capacidad de los componentes del sistema para resistir esfuerzos mecánicos y térmicos y para determinar la coordinación tiempo-corriente de los relevadores de protección. Los valores mínimos son usados para establecer la sensibilidad requerida de los relevadores de protección”. [3]

FUENTES DE CORRIENTE DE FALLA.

Las corrientes que fluyen durante una falla provienen de las máquinas eléctricas rotatorias. Para una planta industrial se pueden dividir en cuatro categorías:

- Generadores síncronos.
- Motores y condensadores síncronos.
- Máquinas de inducción.
- Sistema de suministro de energía eléctrica.

Generadores síncronos.

“Si un cortocircuito ocurre en las terminales de un generador síncrono, la corriente de corto circuito empieza desde un valor alto y decae hasta un valor de estado estable después de haber transcurrido un periodo de tiempo desde el inicio del cortocircuito. Como un generador síncrono continúa siendo movido por su primotor y tiene su campo externamente excitado, el valor de estado estable de la corriente de falla persistirá a menos que sea interrumpida por algún medio de desconexión. Para representar esta característica, uno puede usar un circuito equivalente consistente de una fuente de voltaje constante en serie con una impedancia que varía con el tiempo. Esta impedancia variable consiste principalmente de reactancia.

Para propósitos de cálculo de corrientes de falla, las normas industriales han establecido tres nombres específicos para los valores de esta reactancia

variable, llamada reactancia subtransitoria, reactancia transitoria, y reactancia síncrona.

$X''d$ = reactancia subtransitoria; determina la corriente durante el primer ciclo después de haber ocurrido la falla. En aproximadamente 0.1 seg. la reactancia se incrementa a:

$X'd$ = reactancia transitoria; considerada para determinar la corriente después de varios ciclos a 60 Hz. En cerca de $\frac{1}{2}$ a 2 seg. la reactancia se incrementa a:

X_d = reactancia síncrona; este es el valor que determina la corriente que fluye después que la condición de estado estable es alcanzada.

Como la mayoría de los dispositivos para protección contra fallas, tales como interruptores y fusibles, operan adecuadamente antes que las condiciones de estado estable sean alcanzadas, la reactancia síncrona del generador es rara vez usada en el cálculo de las corrientes de falla para aplicarse en esos dispositivos." [3]

Motores y condensadores síncronos.

"Los motores síncronos suministran corriente a una falla casi de la misma forma que los generadores síncronos. Cuando una falla ocasiona que el voltaje del sistema caiga, el motor síncrono recibe menos potencia del sistema para mover su carga. Al mismo tiempo el voltaje interno causa que una corriente fluya hacia la falla en el sistema. La inercia del motor y su carga actúan como un primotor y con el campo de excitación sostenido, el motor actúa como un generador que suministra corriente de falla. Esta corriente de falla disminuye conforme decae el campo magnético de la máquina.

El circuito equivalente para el generador es utilizado para motores síncronos. Nuevamente, una fuente de voltaje constante y las mismas tres reactancias $X''d$, $X'd$ y X_d son usadas para establecer valores de corriente a tres puntos de tiempo.

Los condensadores síncronos son tratados en la misma forma que los motores síncronos." [3]

Máquinas de inducción.

"Un motor de inducción tipo jaula de ardilla contribuirá con corriente de falla a un circuito fallado. Esta es generada por la inercia moviendo al motor en la presencia de un flujo de campo producido por inducción del estator en vez de un devanado de campo de corriente directa. La contribución de corriente de un motor de inducción a una falla en sus terminales se reduce y desaparece completamente

después de unos ciclos, pues el flujo inducido disminuye al perder la fuente de voltaje causada por una falla en las terminales del motor.

Como el campo de excitación no es sostenido, no hay valor de estado estable de la corriente de falla como en el caso de las máquinas síncronas. Nuevamente, el mismo circuito equivalente es usado, pero los valores de reactancia transitoria y síncrona se aproximan a infinito. Como una consecuencia, a los motores de inducción se les asigna sólo un valor de reactancia subtransitoria X''_d . Este valor es muy cercano al valor de reactancia de rotor bloqueado.

Para cálculo de fallas un generador de inducción puede ser tratado en la misma forma que un motor de inducción. Motores de inducción de rotor devanado normalmente operando con sus anillos del rotor cortocircuitados contribuirán con corrientes de falla en la misma forma que los motores de inducción tipo jaula de ardilla. Ocasionalmente motores grandes de rotor devanado operando con alguna resistencia externa mantenida en sus circuitos del rotor puede tener constantes de tiempo de cortocircuito lo suficientemente bajas para que su contribución a la falla no sea significativa y pueda ser despreciada. Una investigación específica debe ser hecha para determinar cuando debe despreciarse la contribución de un motor de rotor devanado." [3]

Sistema externo de suministro de energía.

"Los generadores remotos del sistema de suministro de energía eléctrica son una fuente de corriente de cortocircuito, a menudo transmitida a través de un transformador. El circuito equivalente del generador puede ser usado para representar este sistema. Los generadores del sistema eléctrico están usualmente lejos de las plantas industriales. La corriente de contribución a una falla en una planta remota representa simplemente un pequeño incremento en la corriente de carga de las grandes centrales generadoras, y esta contribución de corriente tiende a permanecer constante. El sistema eléctrico es por lo tanto usualmente representado en la planta por una impedancia equivalente de un solo valor referida al punto de conexión." [3]

METODOS DE SOLUCION DE ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO

Los estudios de corto circuito tienen como objetivo la determinación de la capacidad interruptiva de diversos puntos de las instalaciones eléctricas y consecuentemente sus equipos de protección, generar la herramienta indispensable para la coordinación de las protecciones eléctricas de la instalación, efectuar estudios de sobretensiones y sistemas de tierra de las mismas instalaciones, etc..

Los métodos empleados para la solución particular de los diferentes tipos de falla, dependen fundamentalmente de la complejidad del sistema bajo estudio, de los resultados esperados y las características de aplicación de estos; en particular



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

METODO DIRECTO

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS

MÉTODO DIRECTO

ING. ARTURO MORALES COLLANTES

para las instalaciones industriales y los sistemas de distribución se pueden emplear métodos relativamente simples, fáciles de aplicar y rápidos en su concepción que permiten al Ingeniero o al diseñador resolver un problema con un cierto grado de aproximación sin emplear mucho tiempo y esfuerzo.

Los métodos mas comúnmente empleados son:

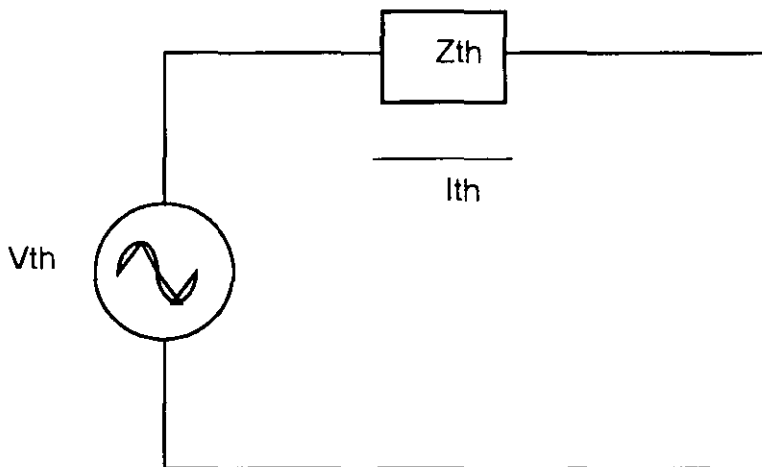
- Método directo
- Método de MVAs
- Método de Bus Infinito
- Método de Nodos
- Método de Mallas

METODO DIRECTO

Consiste en la determinación de la falla por simplificación directa del sistema para las condiciones de falla correspondientes, resolviendo cada caso mediante la aplicación del teorema de Tevenin; dicho método puede ser resuelto aplicando las impedancias en ohms, por unidad o por ciento.

Se trata de calcular una falla en la cual todas las impedancias están referidas a una misma base con el fin de poder efectuar todas las combinaciones y reducciones necesarias, para llegar a representar todo el sistema por medio de una impedancia única equivalente entre la fuente y la falla.

Consideremos el circuito reducido de acuerdo al teorema de Thevenin mostrado en la figura siguiente:



Circuito equivalente de Thevenin simplificado para una falla.

En donde $I_{th} = V_{th}/Z_{th}$

La solución de un problema de esta naturaleza podrá llevarse a cabo por el método Ohmico o aplicando el sistema por unidad o en porcentaje.

Para comprender mejor la aplicación de este método de solución consideremos el siguiente ejemplo:

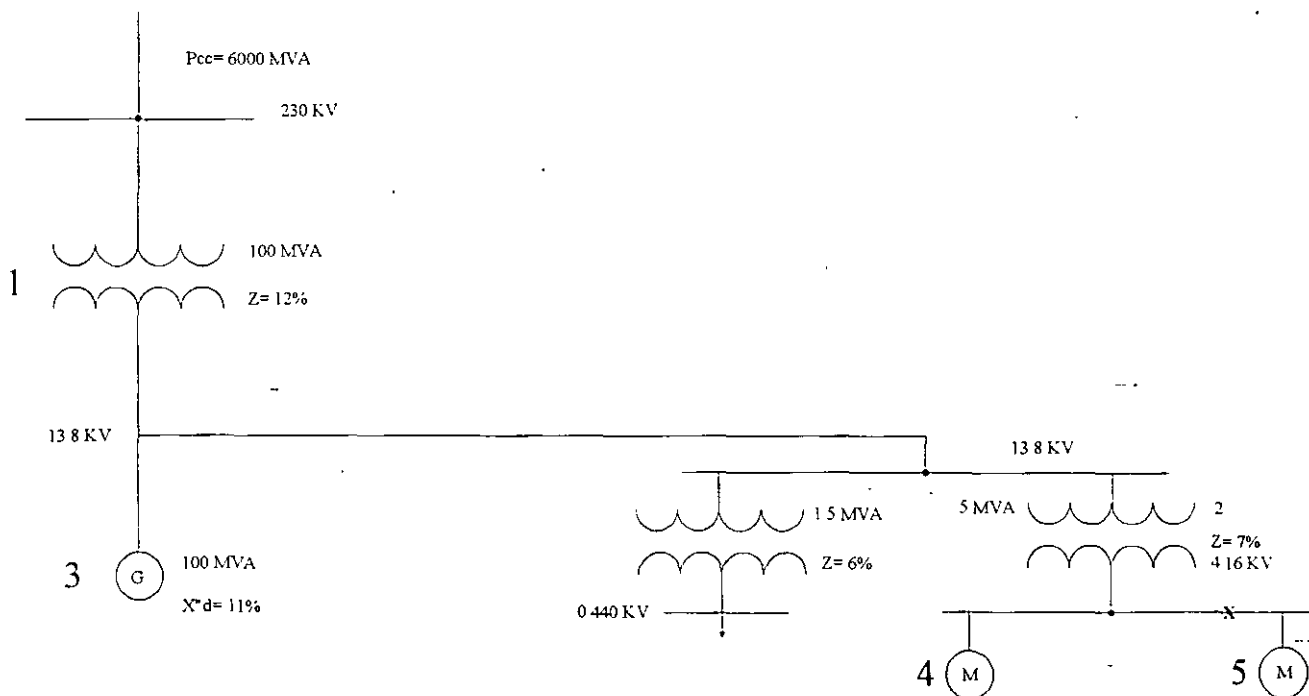
EJEMPLO:

Usando el método directo, calcular la potencia y corriente para un corto circuito tráfico para el sistema mostrado en la figura siguiente, considerando la falla en las barras de 13.8 y 4.16 KV si se supone que los motores operan a 0.85 de factor de potencia

La solución se realizará aplicando el método directo empleando valores en por unidad.

Tomando como valores base 100 MVA y 230, 13.8 y 4.16 kV, los valores en pu serán:

$$X_s = 100/6000 = .01666 \text{ pu}$$



$$Z_{t1} = .12 \text{ pu}$$

$$Z_{t2} = .07 * 1 * 100/5 = 1.4 \text{ pu}$$

$$Z_{g3} = .11 * 1 * 1 = .11$$

$$Z_{m4} = .2 \text{ pu}$$

$$Z_{m5} = .199 \text{ pu}$$

Motor de 3000 HP

$$\text{MVA} = (.746 * \text{HP}) / \cos \phi = (0.746 * 3000) / .85 = 2.633$$

$$X_{m1} = \text{kV}^2 / \text{MVA} = 4.16^2 / 2.633 = 6.5726 \text{ ohm}$$

Para los motores de 250 HP el motor equivalente es:

$$\text{MVA} = (0.746 * 10 * 250) / .85 = 2.194$$

$$X_{m2} = 4.16^2 / 2.194 = 7.888 \text{ ohm}$$

La impedancia base es:

$$Z_b = \text{kV}^2 / \text{MVA} = 4.16^2 / 100 = .173056 \text{ ohm}$$

Las impedancias son:

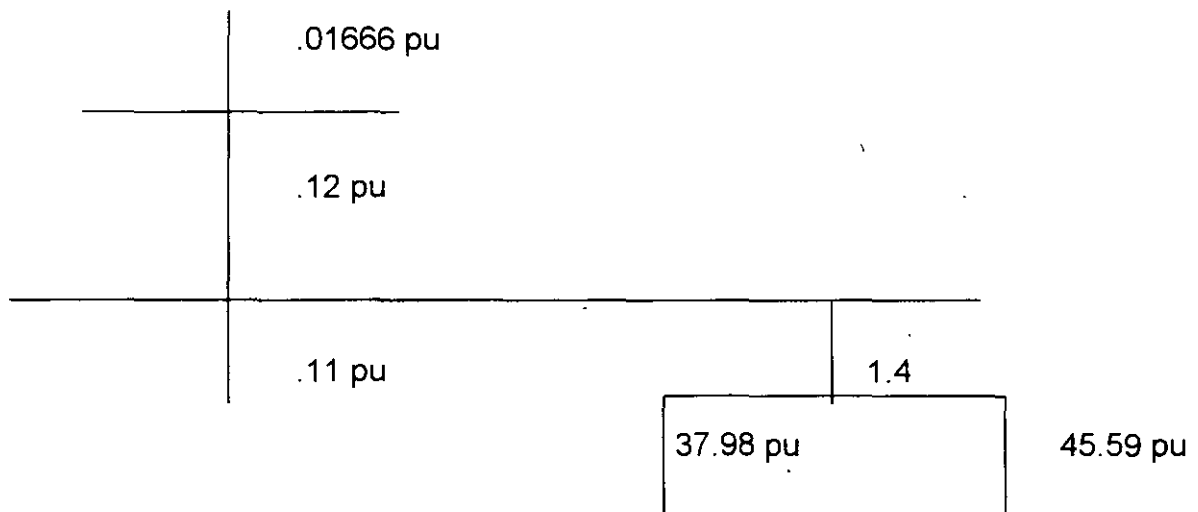
Para el motor de 3000 HP (2.633 MVA)

$$X_{m1b} = X_{m1} / Z_b = 6.5726 / .173056 = 37.9577 \text{ pu}$$

Para los 10 motores de 2500 HP (equivalente) o sea 2.194 MVA

$$X_{m2b} = X_{m2} / Z_b = 7.888 / .173056 = 45.5 \text{ p.u.}$$

Despreciando la carga del transformador de 4.160 a 440 volts , el diagrama de impedancias de los elementos del sistema tratado será:



Para falla en el bus de 230 kV la impedancia equivalente del sistema y la corriente en pus son:

$$Z_{e1} = .01657 \text{ pu} \quad I_f = 60.35 \text{ pu} \quad 15,149 \text{ A}$$

Para falla en 13.8 kV:

$$Z_{e2} = .1345 \text{ pu} \quad I_f = 7.43 \text{ pu} \quad 31,085 \text{ A}$$

Para falla en 4.160 kV

$$Z_{e3} = 1.3726 \text{ pu} \quad I_f = .7285 \text{ pu} \quad 10,110 \text{ A}$$



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

METODO DE LOS MVA

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

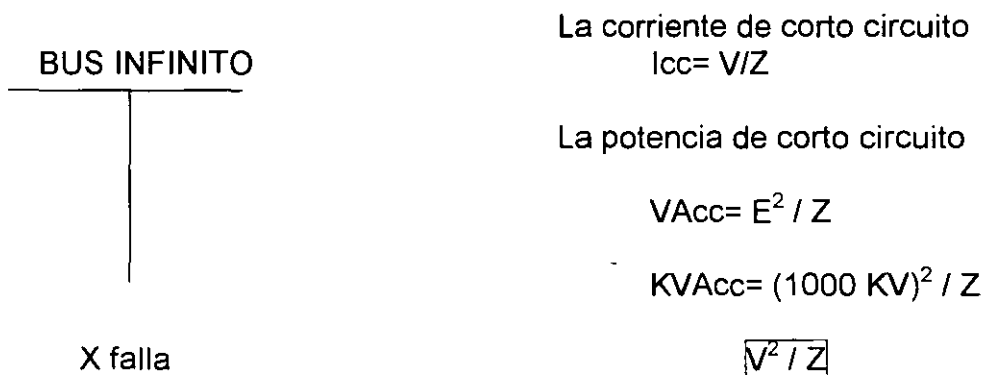
INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS

MÉTODO DE LOS MVA

ING. ARTURO MORALES COLLANTES

EL METODO DE LOS MVA

Un método que reúne alguna de las características anteriores y que se puede considerar un cierto modo novedoso y relativamente nuevo es el conocido como METODO DE LOS MVA que básicamente es una modificación del método ohmico en el cual la impedancia de un circuito es la suma de las impedancias de sus componentes, y en virtud de que por definición la admitancia es la reciproca de la impedancia se tiene que la reciproca de la admitancia del sistema es la suma de las reciprocas de las admitancias componentes. También por definición, la admitancia de un circuito o componente es la máxima corriente o KVA, a voltaje unitario que circula a través del circuito o componente a un corto circuito o falla cuando es alimentada de una fuente de capacidad infinita. Para comprender mejor esto considérese la siguiente figura:



Además que:

$$Y = 1 / Z_{ohms}$$

$$KVA_{Acc} = 1000 \times (KV)^2 \times Y$$

$$MVA_{Acc} = (KV)^2 \times Y$$

$$\boxed{MVA_{Acc} = MVA / Z \text{ p.u.}}$$

Siendo:

Y = admitancia del circuito

Zohms = impedancia en ohms

Zp.u. = impedancia en por unidad

KV = voltaje de línea a línea

KVA_{Acc} = KVA de corto circuito

MVA_{Acc} = MVA de corto circuito

Prácticamente el método de los MVA se usa separando el circuito en sus componentes y calculando cada componente con su propio bus infinito, para lo

cual se pasa del diagrama unifilar del sistema en estudio a un diagrama de impedancias y al diagrama de MVA, la conversión del diagrama unifilar el diagrama de MVA resulta muy simple ya que solo es aritmética.

La primer componente del sistema normalmente es la capacidad interruptiva del sistema bajo estudio en MVA y el resto de componentes del diagrama en MVA se obtiene, como se indicó antes, dividiendo la potencia del elemento expresada en MVA entre su impedancia expresada en por unidad. Para ilustrar esto considérese el sistema elemental siguiente:

DIAGRAMA UNIFILAR

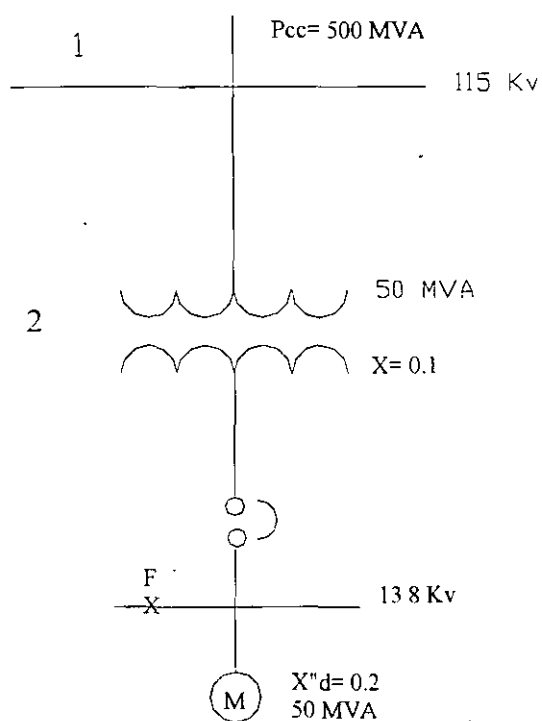


DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS

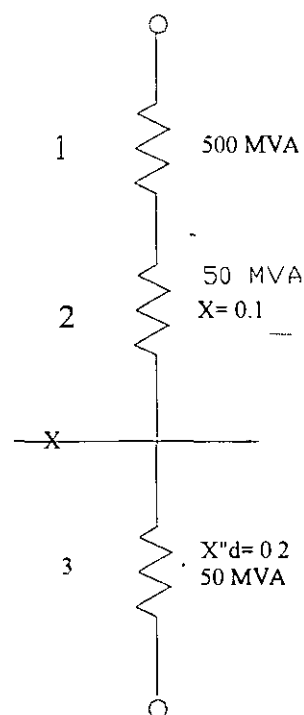
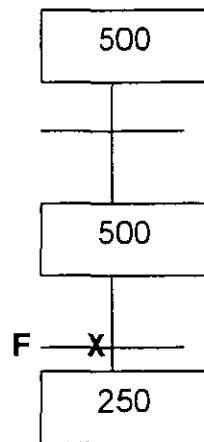


DIAGRAMA DE LOS MVA



Es decir que los MVA de corto circuito de cada componente se obtienen de dividir su propia potencia entre sus impedancias expresadas en por unidad.

Si en el diagrama de impedancias anterior se supone ocurre una falla en el punto F entonces fluiría la corriente de las componentes 1 y 2 (en serie) y de la componente 3 que estará en paralelo así que la pregunta es ahora ¿Cómo combinar las MVA en serie? Y ¿Cómo en paralelo? La respuesta es bastante simple partiendo de la base que los elementos se pueden representar como admitancias como se indicó antes, de manera que para combinar en serie dos elementos.

$$MVA_{\square} = [(MVA_1) \times (MVA_2)] / (MVA_1) + (MVA_2)$$

Y en paralelo:

$$MVA_{1+2} = MVA_1 + MVA_2$$

Es decir que la combinación en serie de los MVA es como combinar en paralelo resistencias y combinar en paralelo es como combinar resistencias en serie.

Para el sistema que se está usando como ejemplo la combinación de los elementos 1 y 2 que se encuentran en serie es:

$$MVA_{12} = \frac{MVA_1 \times MVA_2}{MVA_1 + MVA_2} = \frac{500 \times 500}{500 + 500} = 250$$

Y los MVA de corto circuito se obtienen como la combinación en paralelo de MVA_{12} y MVA_3 es decir:

$$MVA_{acc} = MVA_{12} + MVA_3 = 250 + 250 = 500$$

Si se desea conocer la corriente de corto circuito simétrica en el punto de falla a partir de la potencia del corto circuito se tiene que para el bus de 13.8 KV.

$$I_{cc} = \frac{MVA \times 1000}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{500 \times 1000}{\sqrt{3} \times 13.8} = 20918.48 \text{ A.}$$

Del sistema elemental analizado antes se puede resumir que el método de los MVA consiste en lo siguiente:

1. Partir de un diagrama unifilar del sistema por estudiar en donde se indiquen en cada elemento (numerado) su potencia en MVA y su impedancia en por unidad.
2. Se convierten todos los componentes del diagrama unifilar del sistema a sus MVA de corto circuito, para lo cual se divide para cada componente sus MVA entre su reactancia en por unidad

$$MVAcc = \frac{MVA}{X(p.u.)}$$

3. Obsérvese que a diferencia de otros métodos hasta este punto, el método de los MVA no requiere de una base común en MVA o KVA y tampoco es necesario cambiar las impedancias de base.
4. Para combinar los MVA que aparecen en lo que se ha llamado el diagrama de los MVA se siguen las reglas siguientes:

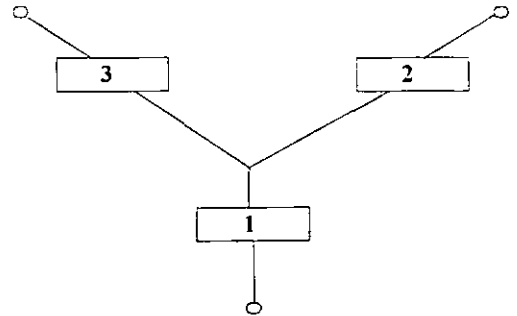
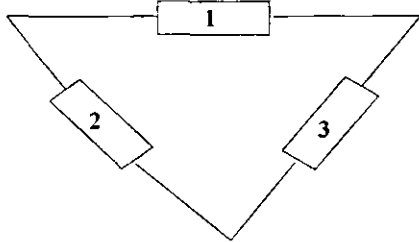
- Elementos en serie se combinan como si fueran resistencias en paralelo, es decir si se trata de dos elementos en paralelo, por ejemplo:

$$MVA_{12} = \frac{MVA_1 \times MVA_2}{MVA_1 + MVA_2}$$

- Elementos en paralelo se combinan como si se tratara de resistencias en serie es decir, si se trata por ejemplo de dos elementos en paralelo

$$MVA_{1+2} = MVA_1 + MVA_2$$

Cuando los elementos se encuentran en una combinación delta y se desea convertir a una estrella se aplica la regla siguiente:



Si se designan como Y los MVA en la conexión estrella y D los MVA en la conexión delta la conversión se obtiene con las relaciones que se indican a continuación:

$$y_1 = S/D_1$$

$$y_2 = S/D_2$$

$$y_3 = S/D_3$$

Siendo:

$$S = (D_1 \times D_2) + (D_2 \times D_3) + (D_3 \times D_1)$$

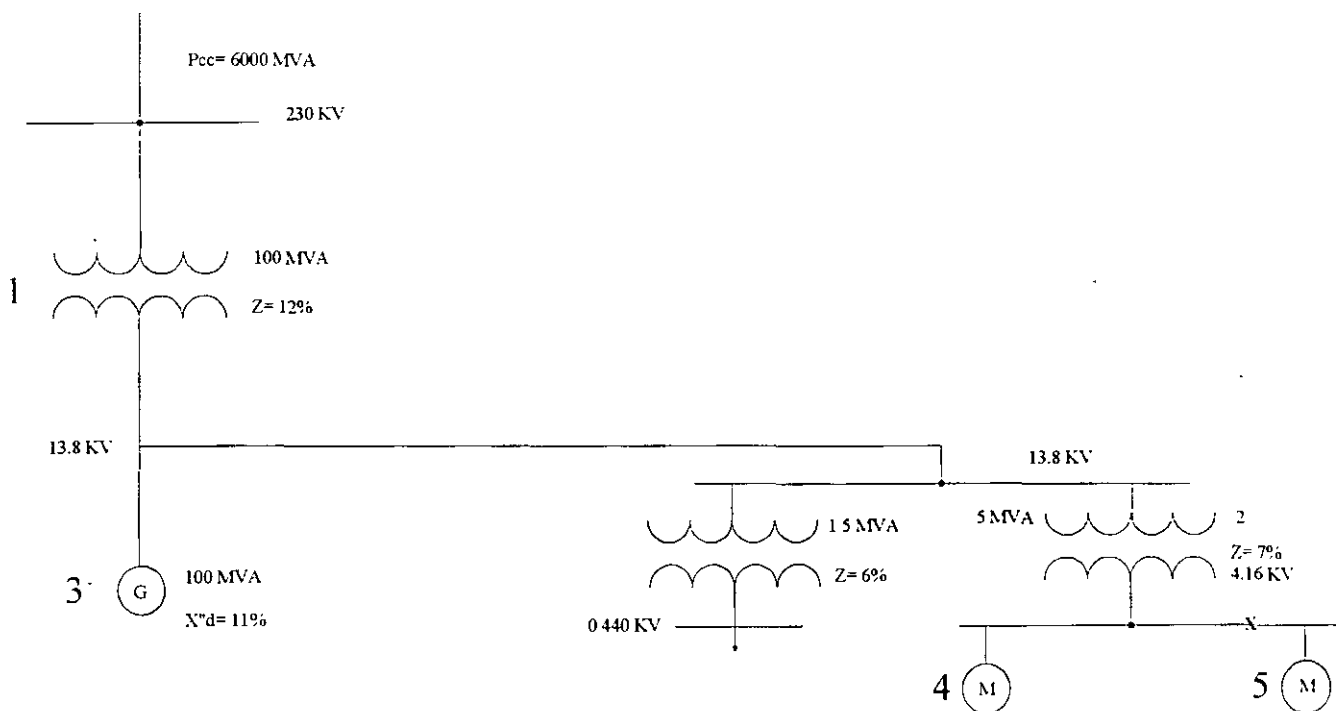
5. Si se desea calcular la corriente de corto circuito en el punto de falla se aplica la expresión:

$$I_{cc} = \frac{MVA \times 1000}{\sqrt{3} \times KV}$$

Donde MVA representa los MVA equivalentes en el punto de la falla y KV es la tensión en el mismo punto.

EJEMPLO:

Usando el método de los MVA calcular la potencia y corriente para un corto circuito trifásico para el sistema mostrado en la figura, considerando la falla en la barra de 4.16 KV si se supone que los motores operan a 0.85 de factor de potencia



SOLUCIÓN:

Los elementos se numeran arbitrariamente y no se considera en esta numeración al transformador de 1.5 MVA por no tener influencia para la falla considerada.

Obteniendo los MVA en corto circuito para cada elemento; para los motores es necesario convertir primero su potencia a MVA

Motor de 3000 HP

$$\text{MVA} = \frac{0.746 \times \text{HP}}{\text{Cos } \varphi} = \frac{0.746 \times 3000}{0.85} = 2.633$$

Para los motores de 250 HP el motor equivalente es:

$$\text{MVA} = \frac{0.746 \times 10 \times 250}{0.85} = 2.194$$

Las reactancias son:

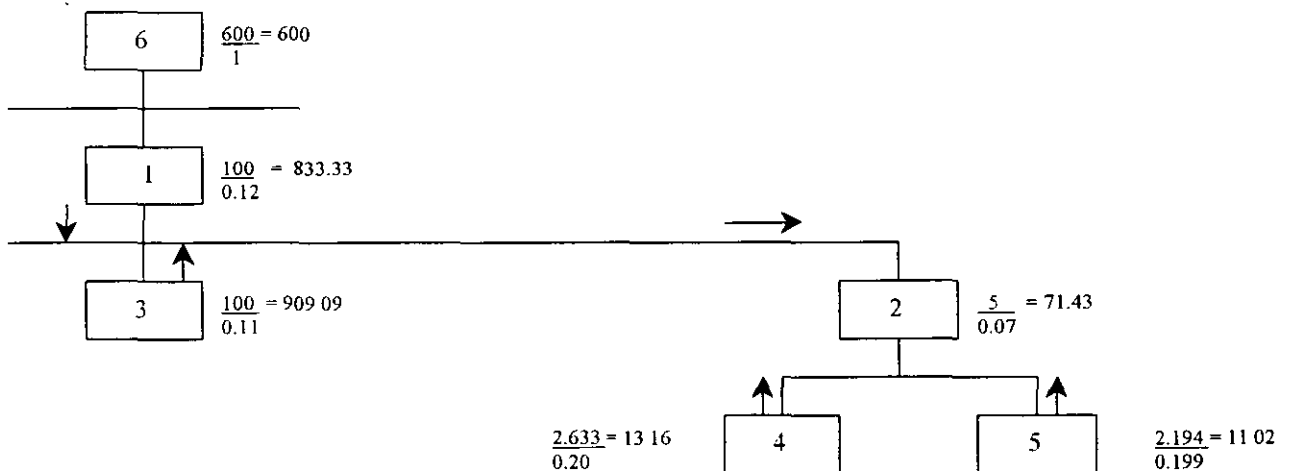
Para el motor de 3000 HP (2.633 MVA)

$$X_M = \frac{IN/5IN}{2.633} \times 100 = 7.6\% / MVA = 0.20 \text{ p.u.}$$

Para el motor de 2500 HP (equivalente) o sea 2.194 MVA

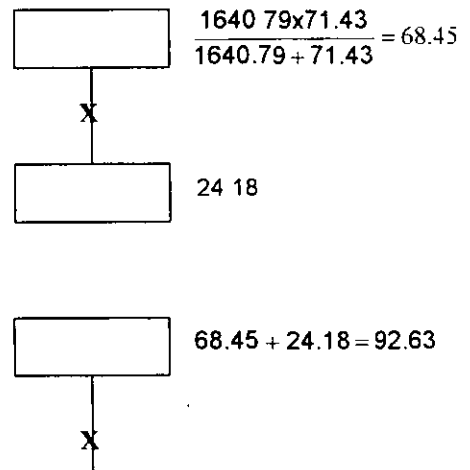
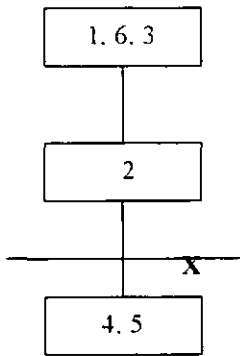
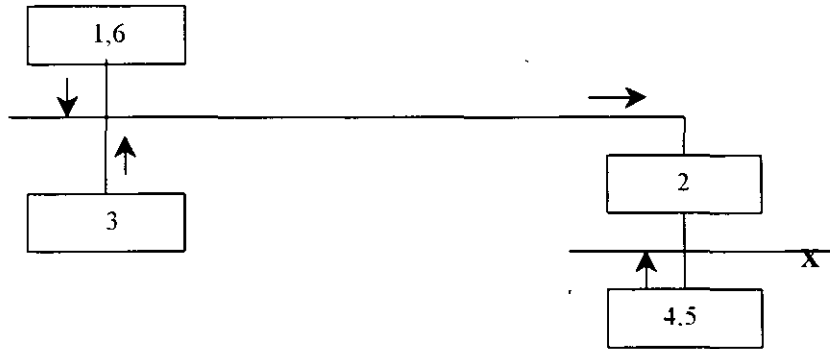
$$X_M = \frac{IN/5IN}{2.194} \times 100 = 9.116\% / MVA = 0.199 \text{ p.u.}$$

El diagrama de MVA es entonces:



Haciendo las combinaciones:

$$MVA_{16} = \frac{MVA_1 \times MVA_6}{MVA_1 + MVA_6} = \frac{6000 \times 833.33}{6000 + 833.33} = 731.70$$



$$MVA_{4,5} = 13.16 + 11.02 = 24.18$$

$$731.70 + 909.09 = 1640.79$$

$$\frac{1640.79 \times 71.43}{1640.79 + 71.43} = 68.45$$

Por lo que la corriente de corto circuito es:

$$I_{cc} = \frac{92.63}{\sqrt{3} \times 4.16} = 12.85 \text{ KA}$$



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

METODO DEL BUS INFINITO

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS

MÉTODO DE BUS INFINITO

ING. ARTURO MORALES COLLANTES

METODO DEL BUS INFINITO

Este método constituye un caso particular del método general de estudios de corto circuito por el método de las componentes simétricas en el que se considera solo la falla trifásica o sea que solo interviene en el estudio el diagrama de secuencia positiva.

En principio se supone que el corto circuito en la instalación es alimentado por una fuente infinita que incluye a la red y alas distintas plantas generadoras del sistema, constituyendo esto a la parte activa siendo la parte pasiva las impedancias de los distintos elementos.

El procedimiento de cálculo es el indicado antes, o sea que:

- a) Se parte de un diagrama unifilar en donde se representan a los elementos del sistema con sus datos de potencia, tensión e impedancia.
- b) Se refieren las impedancias a valores base de potencia y tensión de sus propios equipos
- c) Se hace la reducción de impedancias por combinaciones serie-paralelo y transformaciones delta-estrella o estrella-delta cuando sea necesario, hasta obtener una impedancia equivalente entre la fuente y el punto de falla seleccionado.
- d) Las corrientes y potencia de corto circuito en el punto de falla se calculan como:

$$I_{cc} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3} \cdot kV_{base} \cdot Z_{eq}(pu)}$$

donde: I_{cc} = Corriente de corto circuito simétrica en amperes o KA.

KVA_{base} = Base de potencia seleccionada para el estudio

kV_{base} = Base de tensión en el punto de falla seleccionado

Z_{eq} (p.u.) = Impedancia equivalente entre la fuente y el punto de falla expresada en por unidad (p.u.)

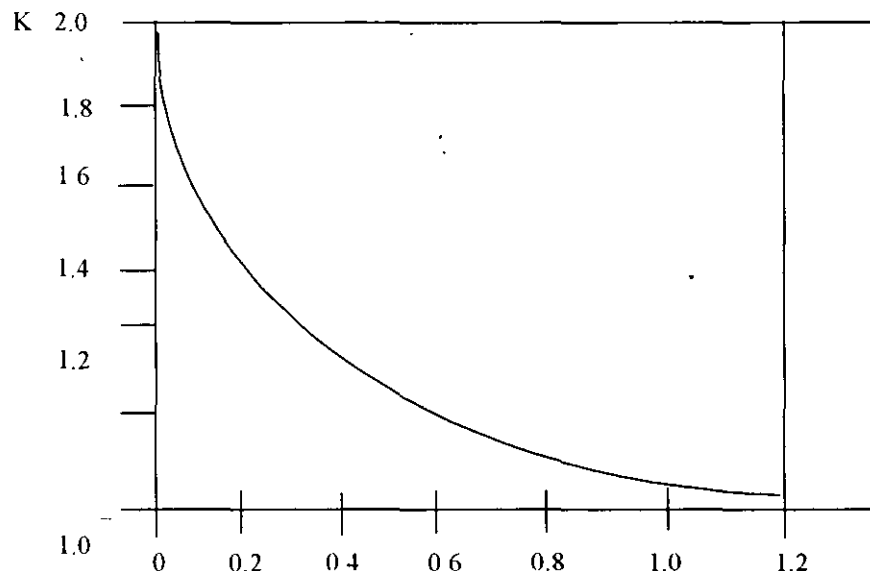
La corriente de corto circuito asimétrica se puede calcular como:

$$I_{ccA} = K I_{cc}$$

Siendo K un factor de asimetría que depende de la relación R/X para el sistema en estudio

Al respecto se pueden hacer los siguientes comentarios:

- a) Se puede emplear el factor K para el menor de relación R/X.
- b) El factor se forma con la relación R/X de la red resultante o equivalente $ZK = RK + jXK$ en el punto de falla en cuyo caso la corriente de corto circuito asimétrica se puede
- c) calcular como $1.5K$ o sea que el mínimo valor sería 1.15 y normalmente el máximo no excede de 1.8.
- d) El valor máximo de $K= 2.0$ se obtiene solo cuando $R= 0$ que equivaldría a una falla en las terminales del generador, pero aún en estos casos se ha demostrado que en generadores con potencias inferiores a 100 MVA el factor de asimetría máximo es 1.8 y lo mismo ocurre en grupos generador-transformador conectados en bloque cuando ocurre un corto circuito en el lado de alta tensión del generador (en este caso se puede considerar exactamente $K= 1.9$)

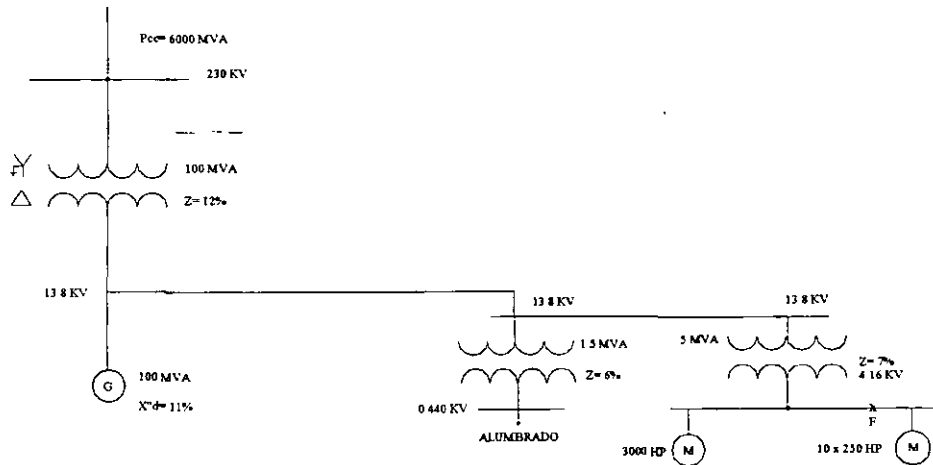


La potencia de corto circuito en el punto de falla se puede calcular como:

$$P_{cc} = \frac{KV_{Abase}}{Z_{eq}} \text{ (p.u.)}$$

EJEMPLO.-

Por el método del bus infinito calcular las corrientes de corto circuito para el sistema mostrado en la siguiente figura



SOLUCION:

Calculando Las reactancias de los distintos elementos constitutivos de la red.

Impedancia equivalente de la red de 230 KV con una potencia de corto circuito de 6000 MVA.

$$Z_s = 100/6000 = 0.0166 \text{ \%/MVA}$$

Transformador de 100 MVA

$$Z_T = Z\%/S_b = 12/100 = 0.12 \text{ \%/MVA}$$

Generador G

$$Z_G = X_d''/100 = 11/100 = 0.11\%/MVA$$

Transformador de 5 MVA 13.8/4.16 KV

$$Z_T = 7/5 = 1.4\%/MVA$$

Transformador de 1.5 MVA 13.8/0.440 KV

$$Z_T = 6/1.5 = 4\%/MVA$$

Motor de inducción de 3000 HP.

$$X_M = I_n/I_A/S_b \times 100$$

I_A = Corriente de arranque del motor, se puede tomar como:

$$I_A = 5I_n,$$

I_n = corriente nominal
 S_b = potencia nominal en MVA

Considerando que operan a 0.85 de factor de potencia.

$$S_b = \frac{(0.746 \times \text{HP})}{\text{Cos}\phi} = \frac{(0.746 \times 3000)}{0.85} = 2632.94 \text{ KVA}$$

$$= 2.632 \text{ MVA}$$

$$K_M = \frac{(I_n/5I_n)}{2.632} \times 100 = 7.6\%/MV$$

Para los 10 motores de 250 HP cada uno se puede tomar para los propósitos del estudio de corto circuito un motor equivalente de:

$$10 \times 250 = 2500 \text{ HP.}$$

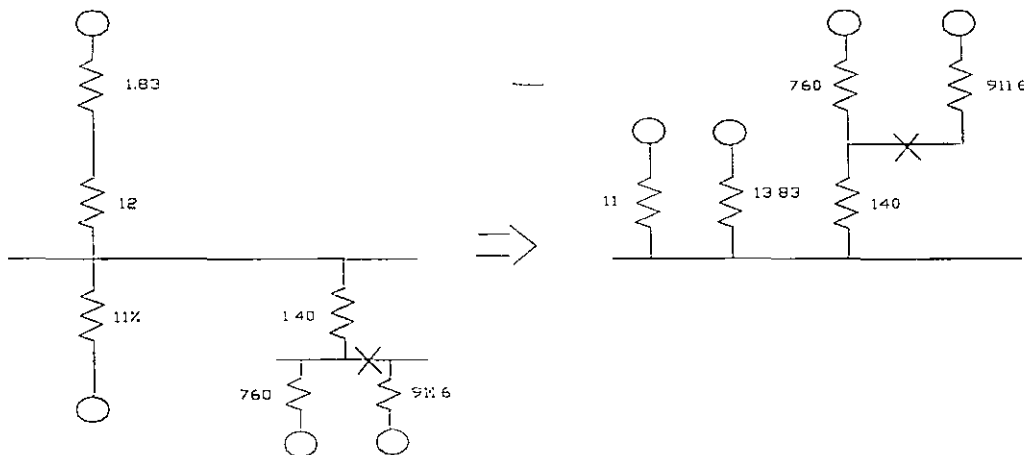
Que considerando un factor de potencia de 0.85 tendrán una potencia nominal de:

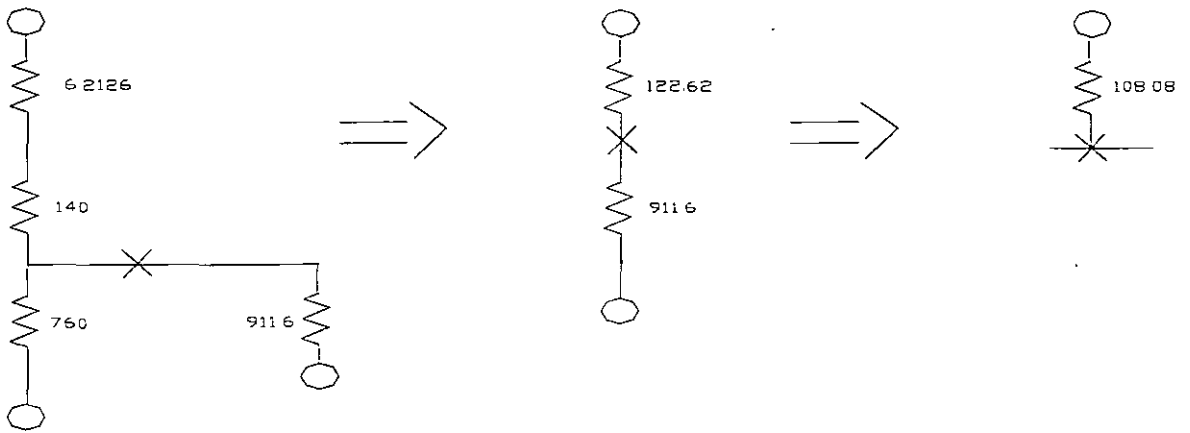
$$S_b = \frac{0.746 \times 2500}{0.85} = 2194.11 \text{ KVA}$$

$$= 2.194 \text{ MVA}$$

$$K_M = \frac{(I_n/5I_n)}{2.194} \times 100 = 9.116 \%/MV$$

El diagrama de impedancias para la localización de la falla es el siguiente: (refiriendo los valores calculados a una base de 100 MVA).





La corriente de corto circuito simétrica:

$$I_{cc} = 100,000 / (\sqrt{3} \cdot 4.16 \cdot 1.0808) = 12.8506 \text{ kA}$$

La potencia de corto circuito simétrica:

$$S = 100,000 / 1.0808 = 92.59 \text{ MVA}$$



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

ASIMETRÍA DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS

ASIMETRÍA DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

ING. ARTURO MORALES COLLANTES

5 ASIMETRÍA DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

En el capítulo 4 se estudió una de las características de las corrientes de cortocircuito que es la disminución de su amplitud debido a la variación de la reactancia de las máquinas síncronas. Toca ahora revisar la característica de la asimetría en las corrientes de falla, la cual se analiza suponiendo que la amplitud de la corriente de falla es constante, en otras palabras, considerando que la reactancia de las máquinas no varía.

5.1 ASPECTO CUALITATIVO.

El voltaje del sistema y la corriente de falla son ondas sinusoidales, defasadas por el ángulo de la impedancia existente entre la fuente y el punto de falla. Puesto que la resistencia es generalmente despreciable comparada con la reactancia, la corriente de falla estará atrasada del voltaje por casi 90° . Los sistemas con voltajes inferiores a 600 volts tienen mayor porcentaje de resistencia, por lo que la corriente de falla estará atrás del voltaje un ángulo menor a 90° .

Si ocurre un cortocircuito en un sistema que solo contiene reactancias inductivas y la onda de voltaje está en su valor pico, la corriente de falla empieza en cero y traza una onda sinusoidal que es simétrica con respecto al eje de las abscisas, tal como se observa en la figura 5.1.

Si el cortocircuito ocurre cuando la onda de voltaje está en cero (y siguen valores positivos), la corriente de cortocircuito empieza en cero (debido a que antes de la falla no hay corriente), pero no podrá seguir una onda sinusoidal simétrica, porque la corriente debe estar atrasada 90° del voltaje. Esto solo puede suceder si la corriente está desplazada del eje de las abscisas como se muestra en la figura 5.2.

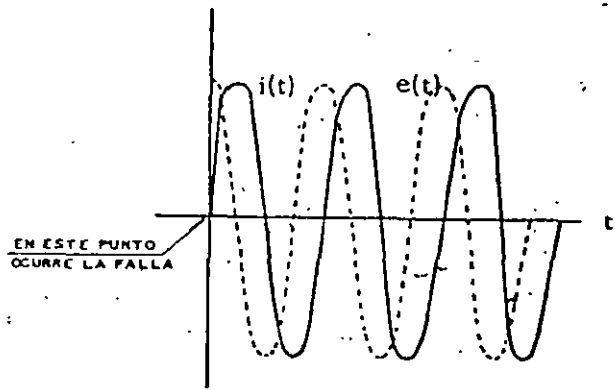


Figura 5.1 Corriente de falla simétrica.

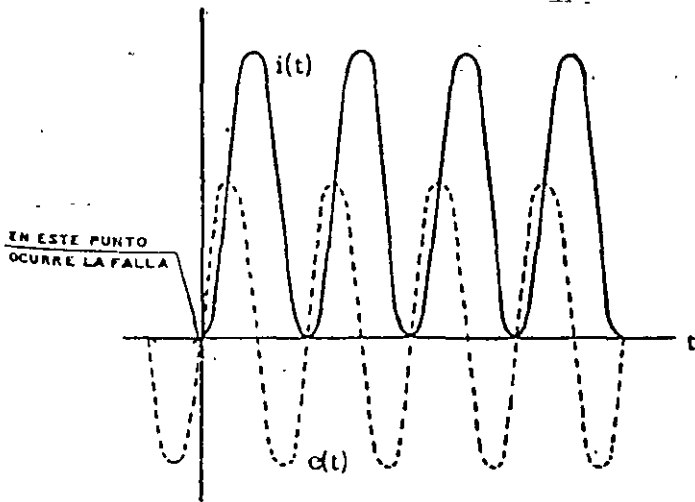


Figura 5.2 Corriente de falla asimétrica.

Los dos casos anteriores son extremos; el primero muestra una corriente completamente simétrica, y el segundo, una corriente completamente asimétrica. Si la falla ocurre en cualquier punto de la onda de voltaje entre cero y su valor pico, la corriente de falla será asimétrica en un grado intermedio.

Las corrientes asimétricas se analizan en términos de dos componentes: una corriente simétrica o componente de c.a. y una componente de c.d. (figura 5.3). La componente de c.a. alcanza su valor máximo en el momento de inicio de la falla y la componente de c.d. toma un valor simétrico para garantizar que su suma sea cero y cumpla con el requisito físico de corriente cero en el inicio de la falla.

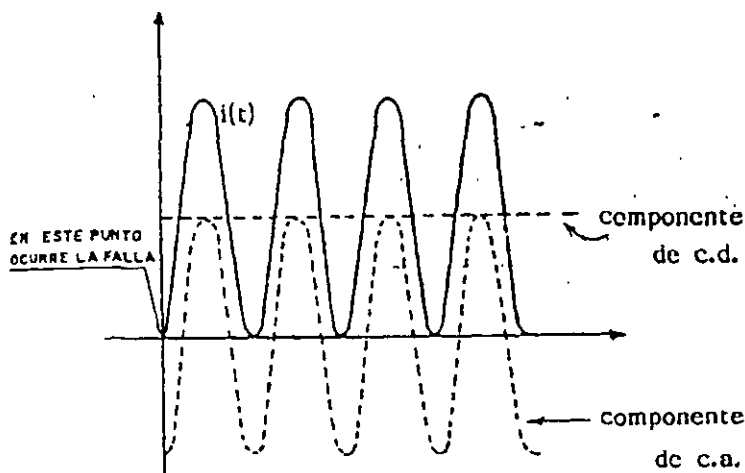


Figura 5.3 Componentes de una corriente asimétrica.

En un sistema ideal con resistencia cero, la componente de c.d. permanece constante. Sin embargo, en un sistema real donde la resistencia está presente, la componente de c.d. decae a cero y su energía es disipada como pérdidas por efecto Joule (figura 5.4.). El decremento de esta componente es función de la resistencia y la reactancia del sistema.

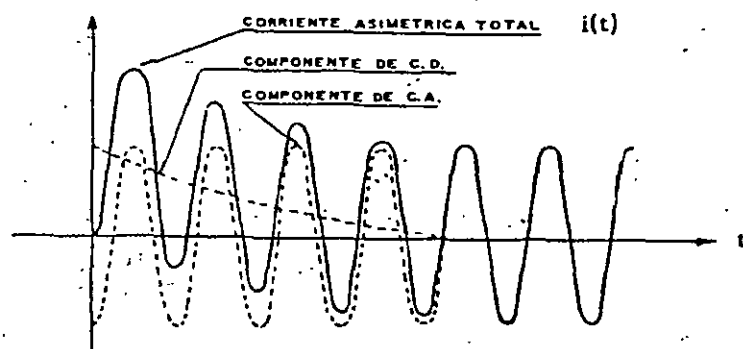


Figura 5.4 La componente de c.d. decae a cero en un sistema real.

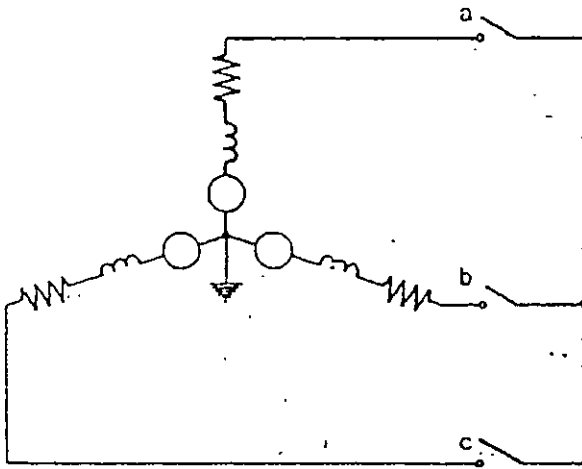
5.2. ASPECTO CUANTITATIVO.

Con el objeto de evaluar el grado de asimetría de la corriente de cortocircuito en las terminales de un generador, se parte del comportamiento del circuito R-L equivalente cuando se le aplica una tensión alterna, considerando constantes la resistencia y la inductancia (ver figura 5.5).

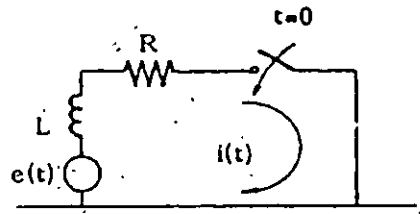
La tensión $e(t)$ en las terminales del generador en vacío antes de la falla está dada por:

$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \alpha)$$

Como t es igual a cero en el momento de ocurrir la falla (y aplicar la tensión), entonces α determina el valor de la tensión $e(t)$



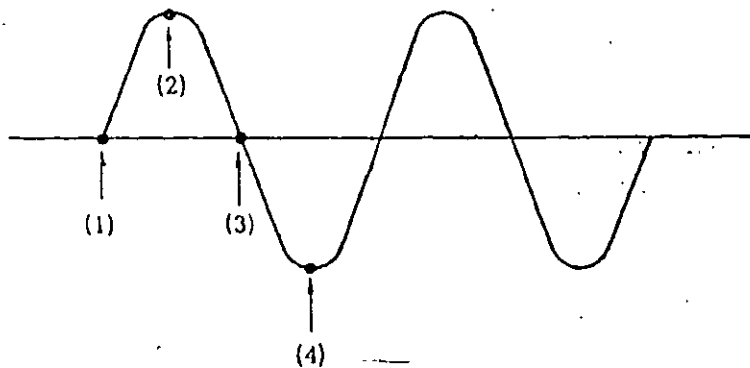
(a) - Circuito trifásico



(b) - Circuito monofásico equiv.

Figura 5.5 Simulación de una falla trifásica en las terminales de un generador.

al cerrar el circuito. La figura 5.6 muestra algunos casos típicos.



- | | |
|------------------------|---------------|
| (1) $\alpha = 0,$ | $e(0) = 0$ |
| (2) $\alpha = \pi/2,$ | $e(0) = E_m$ |
| (3) $\alpha = \pi,$ | $e(0) = 0$ |
| (4) $\alpha = 3\pi/2,$ | $e(0) = -E_m$ |

Figura 5.6 El ángulo de fase α determina $e(0)$.

Aplicando la ley de voltajes de Kirchhoff al circuito monofásico equivalente se tiene:

$$E_m \sin(\omega t + \alpha) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

Ecuación diferencial que tiene como solución:

$$i(t) = I_m \left[\sin(\omega t + \alpha - \theta) - e^{-(R/L)t} \sin(\alpha - \theta) \right] \quad (5.1)$$

donde:

$$I_m = E_m / |Z|$$

$$|Z| = \left[R^2 + (\omega L)^2 \right]^{1/2}$$

$$\theta = \tan^{-1}(\omega L/R).$$

La solución dada por la ecuación (5.1) se puede expresar como la suma de las componentes siguientes:

1.- Componente de c.a. o corriente simétrica

$$i_{ca} = I_m \sin(\omega t + \alpha - \theta) \quad (5.2)$$

2.- Componente de c.d. (respuesta natural del circuito)

$$i_{cd} = - I_m e^{-(R/L)t} \sin(\alpha - \theta) \quad (5.3)$$

La componente de c.d. es una exponencial decreciente y la de c.a. es una onda sinusoidal simétrica. Si el valor de i_{ca} no es cero en $t=0$, aparece la componente de c.d. con igual magnitud y signo contrario, para satisfacer el requisito físico de que la corriente en el instante de producirse el cortocircuito sea cero:

$$i(0) = i_{ca}(0) + i_{cd}(0) = 0 \quad (5.4)$$

Un caso particular de interés se presenta cuando no hay asimetría en la corriente de cortocircuito, esto es, cuando la componente c.d. es nula. De la ecuación (5.3) se observa, que esto sucede si el circuito se cierra, o mejor dicho, si el cortocircuito ocurre en un punto de la onda de voltaje tal, que:

$$\text{sen}(\alpha - \theta) = 0$$

Es decir, cuando:

$$(\alpha - \theta) = 0 \rightarrow \alpha = \theta \quad (5.5)$$

$$(\alpha - \theta) = \pi \rightarrow \alpha = \pi + \theta$$

Si se considera que la resistencia es despreciable, el ángulo θ es próximo a 90° ó $\pi/2$. En estas condiciones, no habrá componente de c.d. si el cortocircuito ocurre cuando la onda de voltaje está en su valor pico, ya que si $\theta = \pi/2$, entonces:

$$\alpha = \pi/2 \quad (\text{punto 2 de la figura 5.6})$$

$$\alpha = 3\pi/2 \quad (\text{punto 4 de la figura 5.6})$$

resultados que concuerdan con lo explicado en la sección anterior.

Otro caso particular, el más importante, es aquél en el que la corriente tiene una asimetría máxima. De la ecuación (5.3) se observa, que esto ocurre si:

$$\text{sen}(\alpha - \theta) = \pm 1$$

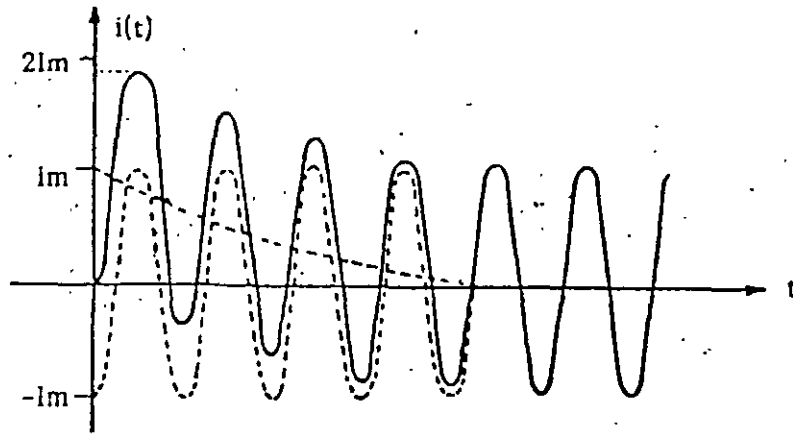


Figura 5.7. Corriente de falla total con asimetría máxima.

Resumiendo, para los casos anteriormente explicados y sus dos variantes, se tiene:

TABLA 5.1
Casos de asimetría máxima y nula de la corriente de falla

| Punto de la onda | $\alpha(*)$ | $(\alpha - \theta)$ | $-\text{sen}(\alpha - \theta)$ | Caso |
|------------------|-------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1 | 0 | $3\pi/2$ | +1 | Máxima Asimetría (pos) |
| 2 | $\pi/2$ | 0 | 0 | Asimetría Nula |
| 3 | π | $\pi/2$ | -1 | Máxima Asimetría (neg) |
| 4 | $3\pi/2$ | π | 0 | Asimetría Nula |

(*) Considerando que $\theta = \pi/2$.

Si con los conceptos vistos hasta el momento, se observa nuevamente la figura 4.2, definitivamente que ahora se tendrá un conocimiento más completo de lo que representan estos oscilogramas.

5.3 FACTOR DE ASIMETRIA.

Para la selección de un interruptor es necesario conocer el valor de la corriente de falla inicial y la corriente de falla en el momento de apertura del circuito, para asegurar que el interruptor tiene la capacidad suficiente para soportar los esfuerzos dinámicos y térmicos asociados con estas dos corrientes.

Una forma de determinar la corriente de falla en estos dos momentos es usar las ecuaciones (5.2) y (5.3) para el instante deseado y sumar las dos componentes, tal como se indica en el ejemplo 4.1.

Un procedimiento más práctico es utilizar el llamado "factor de asimetría" el cual se define como:

$$K_a = \frac{I_{asim} (rms)}{I_{sim} (rms)} \quad (5.8)$$

el cual permite conocer el valor eficaz ó rms de la corriente asimétrica, a partir del valor eficaz o rms de la corriente simétrica ó componente de c.a.

$$I_{asim} (rms) = K_a \left[I_{sim} (rms) \right] \quad (5.9)$$

A continuación se deduce la expresión para calcular este factor.

Recordando la ecuación (5.1) que proporciona la expresión de la corriente de falla total, se tiene:

$$i(t) = I_m \left(\sin (\omega t + \alpha - \theta) - e^{-\frac{R}{L}t} \sin (\alpha - \theta) \right) \quad (5.1)$$

Si se supone que la asimetría máxima positiva se presenta en al menos una de las fases, entonces $(\alpha - \theta) = 3\pi/2$, con lo que la ecuación (5.1) se transforma en:

$$i(t) = I_m \left(\sin \omega t \cos(\alpha - \theta) + \sin(\alpha - \theta) \cos \omega t - e^{-(R/L)t} \sin(\alpha - \theta) \right)$$

$$i(t) = I_m \left(-\cos \omega t + e^{-(R/L)t} \right) \quad (5.10)$$

El objetivo es encontrar el valor eficaz o rms de la corriente de falla total o asimétrica $i(t)$ en cada ciclo. Por lo tanto:

$$I_{asim} (rms) = \sqrt{I_{ca}(rms)^2 + I_{cd}(rms)^2} \quad (5.11)$$

El valor eficaz de cada componente es:

$$I_{ca} (rms) = I_{sim} (rms) = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad (5.12)$$

$$I_{cd} (rms) = I_m e^{-(R/L)t} \quad (5.13)$$

Sustituyendo las ecuaciones (5.12) y (5.13) en (5.11):

$$\begin{aligned} I_{asim} (rms) &= \sqrt{\left(\frac{I_m}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(I_m e^{-(R/L)t}\right)^2} \\ &= I_m \sqrt{\frac{1}{2} + e^{-(2R/L)t}} \end{aligned} \quad (5.14)$$

Despejando de (5.12) el valor de I_m y sustituyendo en (5.14), se tiene:

$$I_{asim} (rms) = \sqrt{2} \cdot I_{sim} (rms) \sqrt{\frac{1}{2} + e^{-(2R/L)t}}$$

$$I_{asim} (rms) = I_{sim} (rms) \sqrt{1 + 2e^{-(2R/L)t}} \quad (5.15)$$

Comparando las ecuaciones (5.15) y (5.9) se concluye que el factor de asimetría en cualquier instante, está dado por:

$$K_a = \frac{\sqrt{1 + 2e^{-(2R/L)t}}}{\sqrt{3}} \quad (3 \sqrt{1/3}) \quad (5.16)$$

factor que tiene un valor máximo teórico igual a:

$$K_a (\max) = \sqrt{1 + 2e^0} = \sqrt{3} = 1.732$$

5.4 RELACION X/R.

El factor de asimetría en los momentos iniciales depende del valor que tenga la onda de voltaje en el instante de ocurrir la falla, pero varios ciclos después, la asimetría depende básicamente del exponente $-(2R/L)t$, el cual es función de la relación X/R:

$$\begin{aligned} -\frac{2R}{L} t &= -\frac{2\omega R}{\omega L} t = -\frac{2\omega R}{X} t \\ &= -\left(\frac{2\omega}{X/R}\right) t \end{aligned} \quad (5.18)$$

Cuando la relación X/R (vista desde el punto de falla) tiene un valor grande, el exponente es pequeño y el decaimiento de la componente de c.d. es lento; pero si X/R es pequeña, el decaimiento es rápido.

La tabla 5.2 contiene valores típicos de la relación X/R.

TABLA 5.2
Valores típicos de la relación X/R

| Tipo de circuito | Rango |
|---|------------|
| (1) Máquinas síncronas conectadas al bus directamente. | 40 - 120 |
| (2) Máquinas síncronas conectadas al bus a través de transformadores de 100 MVA ó más | 40 - 60 |
| (3) Máquinas síncronas conectadas a través de transformadores de 25 a 100 MVA | 30 - 50 |
| (4) Máquinas síncronas remotas conectadas a través de transformadores de 100 MVA ó más y dónde los transformadores proporcionan el 90 % ó más de la reactancia equivalente. | 30 - 50 |
| (5) Máquinas síncronas remotas conectadas a través de transformadores de 10 a 100 MVA y dónde los transformadores proporcionan el 90 % ó más de la reactancia equivalente. | 15 - 40 |
| (6) Máquinas síncronas remotas conectadas a través de otros tipos de circuitos como transformadores de 10 MVA o menores, líneas de transmisión, alimentadores de distribución, etc. | 15 ó menos |

Referencia: Norma ANSI/IEEE C37.010-1979.

Un procedimiento sencillo para determinar el factor de asimetría, es el usado en la norma ANSI C37.010, el cual utiliza la figura 5.8. Este método requiere:

- conocer la relación X/R en el punto de falla.
- El tiempo en ciclos en el que se desea evaluar el factor de asimetría.

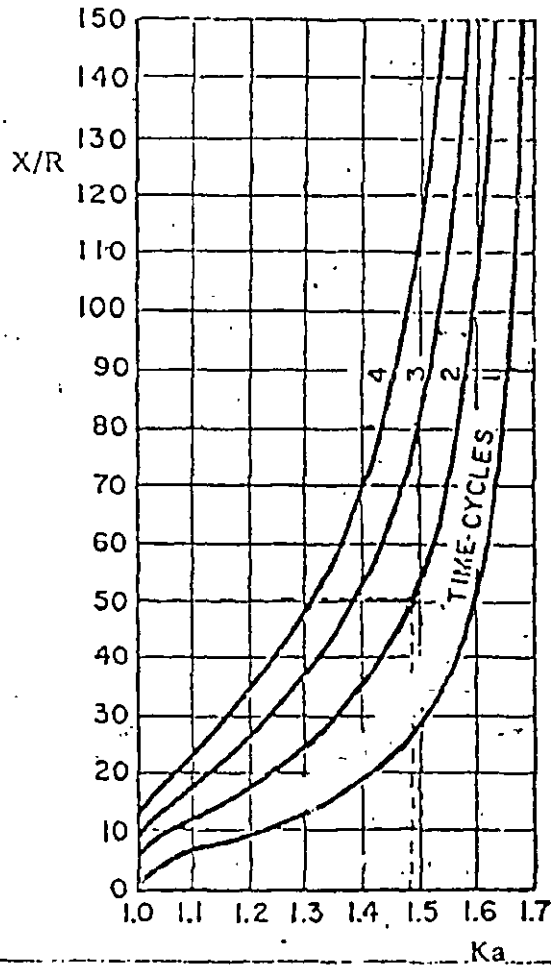
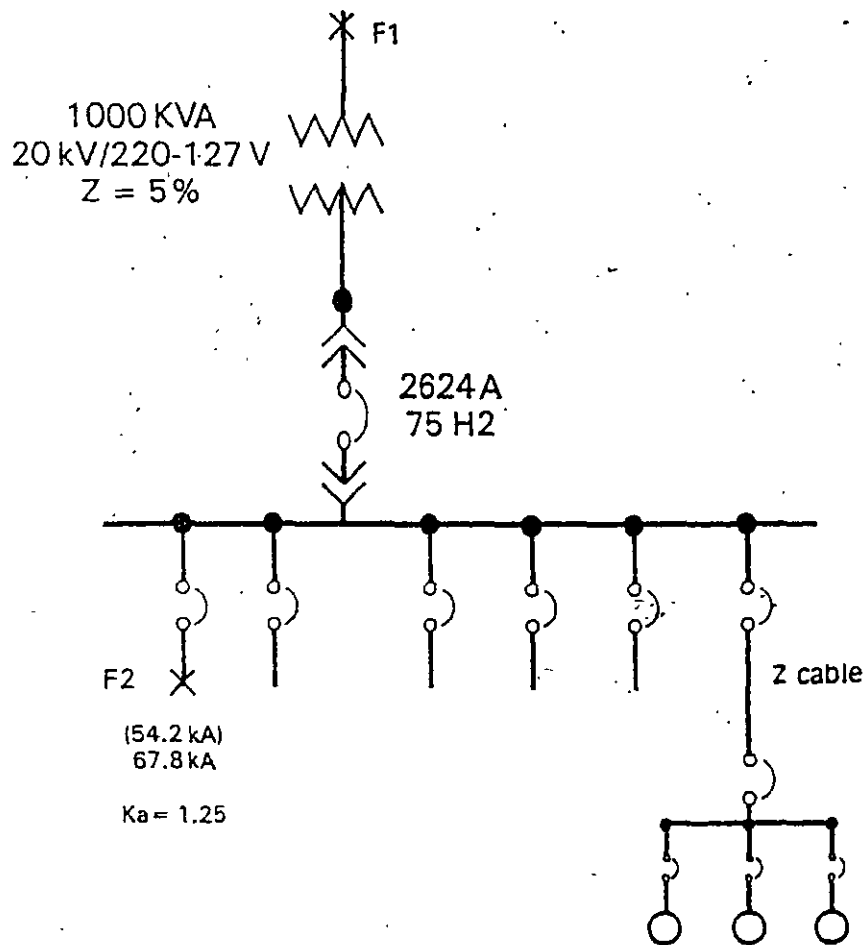


Figura 4.5 Método gráfico para obtener el factor de asimetría.

Suponiendo que se desea conocer el factor de asimetría dos ciclos después de ocurrida la falla y que la relación X/R es igual a 50, el factor de asimetría se obtiene de la siguiente manera: en el eje de las ordenadas se localiza la relación (X/R) , sobre la línea horizontal de $X/R = 50$ se desplaza una línea hasta cortar la curva para un tiempo de 2 ciclos; en el punto de intersección se traza una vertical hacia el eje de las abscisas.

DETALLE DEL DIAGRAMA UNIFILAR



SOLUCIONES PARA ABATIR EL NIVEL DE CORTO CIRCUITO :

- * ESTUDIO MAS DETALLADO, CONSIDERANDO IMPEDANCIAS DE ALIMENTADORES
- * INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
- * REACTORES SUPLEMENTARIOS
- * INCREMENTAR IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR

EJEMPLO 4.2

Una industria va alimentarse en 20 kV, siendo la potencia de corto circuito en el punto de acometida de 500 MVA simétricos. Calcule la corriente simétrica de cortocircuito en el momento de interrupción en los puntos F_1 y F_2 , para los siguientes casos:

| Caso | X_r | Aportación de motores |
|------|--------------|-----------------------|
| (a) | Valor real | Si |
| (b) | Bus infinito | Si |
| (c) | Valor real | No |
| (d) | Bus infinito | No |

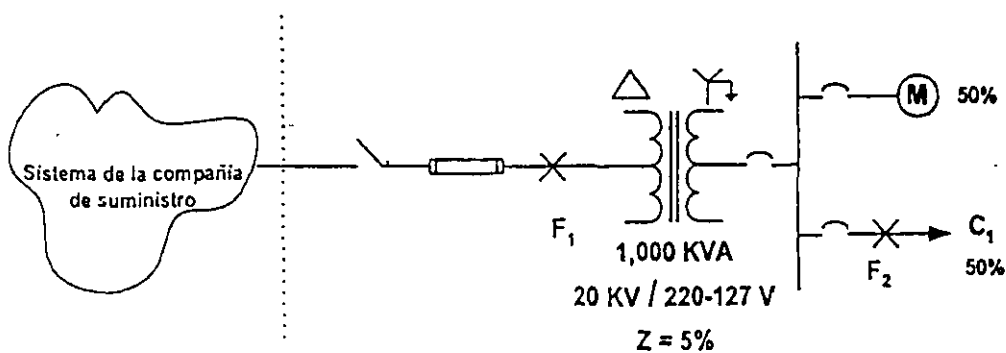
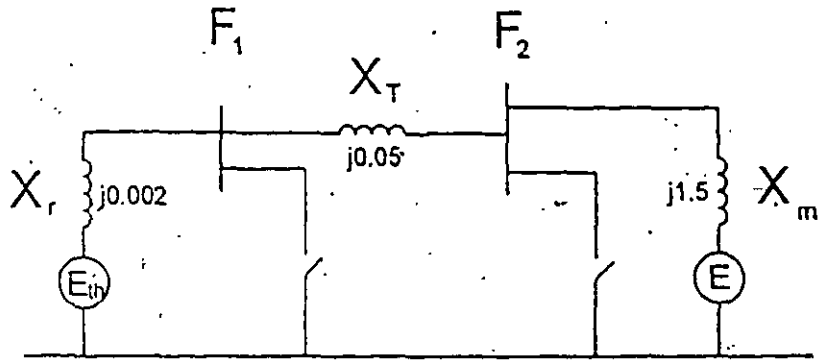


Figura. Diagrama unifilar de una fábrica alimentada en 20 kV.

SOLUCION

1.- Diagrama de reactancias.



2.- Valores base en cada nivel de tensión.

Zona de Baja tensión (220 V)

$$S_{B_1} = 1000 \text{ kVA} = 1 \text{ MVA}$$

$$V_{B_1} = 220 \text{ V} = 0.22 \text{ kV}$$

$$I_{B_1} = \frac{1000}{(\sqrt{3})(0.22)} = 2624 \text{ A}$$

Zona de M.T. (Zona II)

$$S_{B_2} = 1000 \text{ kVA} = 1 \text{ MVA}$$

$$V_{B_2} = 0.22 \left(\frac{20}{0.22} \right) = 20 \text{ kV}$$

$$I_{B_2} = \frac{100}{(\sqrt{3})(20)} = 28.87 \text{ A}$$

3.- Reactancia de Thevenin y uniformación de valores de reactancia.

$$X_r = \frac{S_g}{S_{CC}} = \frac{1}{500} = 0.002 pu$$

$$X_T = 0.05$$

No se requiere cambio por coincidir valores nominales con valores base del transformador.

4.- Corrección de reactancias de elementos rotativos.

(valores típicos de reactancias de motores en página 53)

(valores de corrección en tabla 8.4)

Asumiendo motores menores a 50 HP.

$$X_M = 3 * X_d'' = 3 * (0.25) = 0.75$$

Cambio de base.

$$50\%(1000) = 500 kVA$$

$$X_M = 0.75 \frac{1000}{500} = 1.5 pu$$

5.- Reactancias vistas desde el punto de falla.

Falla 1

$$a) X_{F1} = \frac{(0.002)(0.05 + 1.5)}{(0.002) + (0.05 + 1.5)} = 0.002 pu$$

b) Sin sentido (valor infinito)

$$c) X_{F1} = 0.002 + 0.05 = 0.052 pu$$

d) Sin sentido (valor infinito)

Falla 2

a) $XF_2 = \frac{(1.5)(0.05 + 0.002)}{(1.5) + (0.05 + 0.002)} = 0.05025 pu$

b) $XF_2 = \frac{(1.5)(0.05)}{(1.5) + (0.05)} = 0.0484 pu$

c) $XF_2 = 0.002 + 0.05 = 0.052 pu$

d) $XF_2 = 0.05 pu$

6. Cálculo del valor simétrico de las corrientes de falla.

Falla 1

a) $I_{cc} = \frac{1}{0.001997} (28.87) = 14,454 A$

$S_{cc} = (kV)(I_{cc})\sqrt{3} = (20)(14,454)\sqrt{3} = 500.7 MVA$

b) $I_{cc} = S_{cc} = \infty$

c) $I_{cc} = \frac{1}{0.002} (28.87) = 14,435 A$

$S_{cc} = (20)(14,435)\sqrt{3} = 500 MVA$

d) $I_{cc} = S_{cc} = \infty$

Falla 2

a) $I_{cc} = \frac{1}{0.05020} (2624) = 52,219 A$

$S_{cc} = (kV)(I_{cc})\sqrt{3} = (0.22)(52,219)\sqrt{3} = 19.9 MVA$

b) $I_{cc} = \frac{1}{0.04838} (2624) = 54,237 A$

$S_{cc} = (kV)(I_{cc})\sqrt{3} = (0.22)(54,237)\sqrt{3} = 20.7 MVA$

c) $I_{cc} = \frac{1}{0.052} (2624) = 50,462 A$

$S_{cc} = (kV)(I_{cc})\sqrt{3} = (0.22)(50,462)\sqrt{3} = 19.2 MVA$

d) $I_{cc} = \frac{1}{0.05} (2624) = 52,480 A$

$S_{cc} = (kV)(I_{cc})\sqrt{3} = (0.22)(52,480)\sqrt{3} = 20 MVA$

RESUMEN.

Falla 1 (20 kV)

| CASO | I_{CC} (kA) | S_{CC} (MVA) |
|---|---------------|----------------|
| a) $X_r = 0.002$ + aportaciones de motores | 14.454 | 500.7 |
| b) $X_r = 0$ + aportaciones de motores. | ∞ | ∞ |
| c) $X_r = 0.002$ sin aportaciones de motores. | 14.435 | 500.00 |
| d) $X_r = 0$ sin aportaciones de motores. | ∞ | ∞ |

Falla 2 (220 V)

| CASO | I_{CC} (kA) | S_{CC} (MVA) |
|---|---------------|----------------|
| a) $X_r = 0.002$ + aportaciones de motores | 52.219 | 19.9 |
| b) $X_r = 0$ + aportaciones de motores. | 54.237 | 20.7 |
| c) $X_r = 0.002$ sin aportaciones de motores. | 50.462 | 19.2 |
| d) $X_r = 0$ sin aportaciones de motores. | 52.480 | 20.0 |

CAPACIDADES INTERRUPTIVAS DE INTERRUPTORES EN BAJA TENSION

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

El valor entre paréntesis está dado en A simétricos

| MARCO | A | 240 V | 480 V | MARCO | 240 V | 480 V |
|-------|----------|------------------|------------------|-------|------------------|------------------|
| NEF | 15-100 | 20 kA (18 kA) | 15 kA (14 kA) | HEF | 75 kA (65 kA) | 30 kA (25 kA) |
| NFJ | 70-225 | 30 kA (25 kA) | 25 kA (22 kA) | HFJ | | |
| NJL | 70-500 | 50 kA (42 kA) | 35 kA (30 kA) | HJL | | 40 kA (35 kA) |
| NM | 125-1000 | | | HM | | |

INTERRUPTORES ELECTROMAGNETICOS

| MARCO | A | 240 V | 480 V |
|-------|----------|-------|-------|
| 25 H2 | 100-600 | 50 kA | 25 kA |
| 50 H2 | 200-1600 | 75 kA | 50 kA |



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

METODOS DE PROTECCION

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS

MÉTODOS DE PROTECCIÓN

ING. ARTURO MORALES COLLANTES

PROTECCIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO

FUNCIONES BÁSICAS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN

- PREVENIR DAÑO A VIDAS Y PROPIEDADES.
- REDUCIR DAÑOS AL SISTEMA Y SUS COMPONENTES.
- LIMITAR EL CRECIMIENTO Y LA DURACIÓN DE LAS INTERRUPCIONES DE SERVICIO CUANDO UNA ANORMALIDAD SE PRESENTA EN EL SISTEMA.

● LAS ANORMALIDADES PUEDEN DEBERSE:

- FALLA DE EQUIPO.
- ERROR HUMANO.
- EMERGENCIAS DE ORIGEN HUMANO O NATURAL.

● ESTAS ANORMALIDADES SON IMPREDECIBLES Y EL SISTEMA ELÉCTRICO DEBE DISEÑARSE Y MANTENERSE PARA PROTEGERSE A SÍ MISMO AUTOMÁTICAMENTE.

● NO SE PUEDE TENER, POR IMPRÁCTICO O ANTIECONÓMICO, UN SISTEMA CONTRA TODO TIPO DE FALLA. PUEDEN CUIDARSE ASPECTOS COMO SELECCIÓN DE BUENOS AISLAMIENTOS, DISTANCIAS, PERO DEBE ACEPTARSE UN CIERTO NUMERO DE FALLAS, YA QUE AUN EL MEJOR SISTEMA SE DETERIORARA CON LOS AÑOS Y LA PROBABILIDAD DE FALLA AUMENTA CON EL TIEMPO.

LA PROTECCIÓN DE CORRIENTE

● LA PROTECCIÓN DE CORRIENTE INCLUYE:

- PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA:
 - ❖ SOBRECARGAS: CORRIENTES ORIGINADAS PRINCIPALMENTE EN LOS MOTORES Y VARÍAN DESDE EL VALOR DE PLENA CARGA HASTA EL VALOR DE ESTAR BLOQUEADO.
 - ❖ TAMBIÉN LOS CIRCUITOS PUEDEN SER SOBRECARGADOS AGREGANDO EQUIPO DE UTILIZACIÓN MÁS GRANDE O ADICIONAL A LO PROYECTADO.
- PROTECCIÓN COTRA SOBRECORRIENTE DEBIDA A CORTOS CIRCUITOS.
 - ❖ SON USUALMENTE DEL ORDEN DE 10 VECES LA CORRIENTE NOMINAL O MAYORES, AUNQUE LA EXCEPCIÓN PUEDE SER LAS CORRIENTES DE FALLA A TIERRA, LIMITADA POR LA IMPEDANCIA DE ARCO O LA TRAYECTORIA DE RETORNO A TIERRA.

- ❖ LOS CORTOS PUEDEN OCURRIR COMO FALLAS DE AISLAMIENTOS EN GENERAL Y EN PARTICULAR DEBIDAS A EXCESIVA HUMEDAD, O DAÑOS MECÁNICOS A CONDUCTORES A EQUIPO ELÉCTRICO.

SECUENCIA DE LA PROTECCIÓN

1. SELECCIONE LAS CAPACIDADES DE CORRIENTE NOMINAL Y DE CORTO CIRCUITO DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA:
 - INTERRUPTORES M.T. Y B.T.
 - TABLEROS M.T. Y B.T.
 2. APLIQUE EL EQUIPO DE PROTECCIÓN CORRESPONDIENTE.
 3. HAGA LOS AJUSTES NECESARIOS EN LOS EQUIPOS Y EL ESTUDIO DE COORDINACIÓN CORRESPONDIENTE.
 4. CUANDO SE PRESENTA UNA FALLA, SE DEBE REMOVER LA PORCIÓN QUE FALLO, SIN DEJAR DE ALIMENTAR A OTRAS ÁREAS DEL SISTEMA. ESTO ES SELECTIVIDAD.
- POR LO ANTERIOR, DEBE OPERAR EL ELEMENTO MÁS CERCANO A LA FALLA. SI ESTE ELEMENTO NO OPERA EN SU ZONA (PRIMARIA) DEBE ACTUAR LUEGO OTRO ELEMENTO EN SERIE CON ÉL, ACTUANDO COMO RESPALDO. ESTO ES COORDINACIÓN.
 - TODOS LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA TIENEN SUS LÍMITES DE CORRIENTE. LA PROTECCIÓN NO DEBE SOBREPASAR ESTOS LÍMITES.
 - LOS ELEMENTOS CUYOS LÍMITES SE ANALIZAN AQUI, SON:
 - + TRANSFORMADORES.
 - + CONDUCTORES.
 - + MOTORES.
 - + TABLEROS Y BARRAS COLECTORAS.
 - LOS APARATOS DE DETECCIÓN DE FALLAS QUE SE TRATAN SON:
 - + FUSIBLES EN M.T.
 - + RELES DE SOBRECORRIENTE, 50/51.
(ACTÚAN SOBRE INTERRUPTORES EN M.T. Y B.T.)
 - + FUSIBLES EN B.T.
 - + RELES INTEGRADOS A INTERRUPTORES ELECTROMAGNÉTICOS O DE CAJA MOLDEADA.
 - + INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS.
 - + RELES TÉRMICOS DE SOBRECARGA.

FUSIBLES EN MEDIA TENSION.

- EXISTEN DOS TIPOS PRINCIPALES:
 - + FUSIBLES DE POTENCIA: LIMITADORES DE CORRIENTE.
 - + FUSIBLES TIPO EXPULSIÓN.

FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE.

- ESTE DISEÑO DE TAL FORMA QUE AL FUNDIRSE EL ELEMENTO FUSIBLE SE INTRODUCE UNA ALTA RESISTENCIA DE ARCO EN EL CIRCUITO, ANTES DE LA CORRIENTE DE PICO DEL PRIMER MEDIO CICLO. ESTO RESTRINGE LA CORRIENTE DE C.C. A UN VALOR MENOR.
- APLICACIONES TÍPICAS: PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y PROTECCIÓN DE CARGAS PEQUEÑAS (HASTA 3000 KVA). EN CIRCUITOS DE ALTA CAPACIDAD DE C.C.
- SU CURVA CARACTERÍSTICA ES CASI VERTICAL, LO QUE DIFICULTA LA COORDINACIÓN.

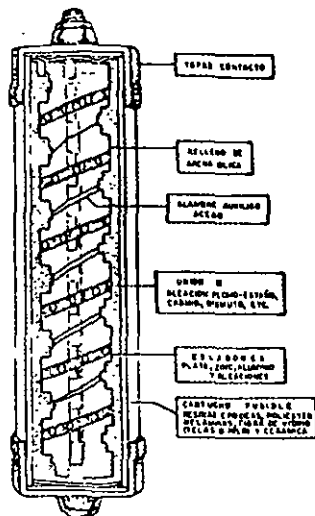


Fig. 8 PARTES CONSTITUTIVAS DE UN FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE.

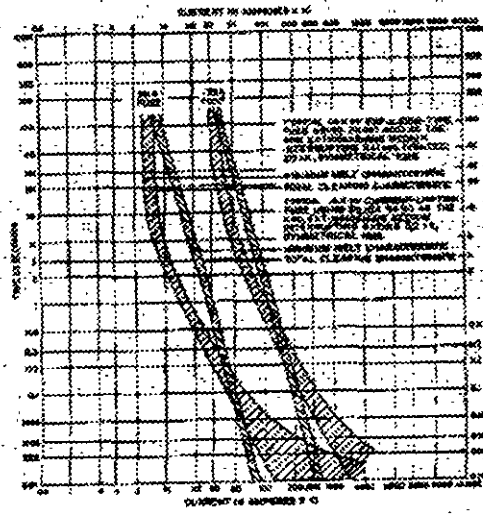


Fig. 8. Current Limitation Curve Showing the Difference Between High-Loss Switching Time and Current-Limiting Phase

- LA ACCIÓN DE FORZAR LA CORRIENTE Y LIMITÁNDOLA DURANTE LA INTERRUPTIÓN PRODUCE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS, POR LO QUE SE PUEDE REQUERIR UNA ADECUADA PROTECCIÓN CON APARATARRAYOS.
- LA CONSTRUCCIÓN DE ESTOS FUSIBLES ES CON ELEMENTO FUSIBLE DE PLATA Y ARENA SILICA COMO MEDIO DE EXTINCIÓN.
- EL FUSIBLE SE DEBE ESCOGER DE TAL FORMA QUE SU VALOR SE ENCUENTRE ENTRE 1.8 Y 3 VECES EL VALOR DE LA CORRIENTE NOMINAL DEL TRANSFORMADOR.
- EN ESTE RANGO SE PUEDEN GARANTIZAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS FUSIBLES.

- UN ASPECTO IMPORTANTE EN EL USO DE FUSIBLES ES PREVENIR LA OPERACIÓN MONOFASICA DEL SISTEMA, ESTO PUEDE CREAR PROBLEMAS MUY SERIOS DE DESBALANCEO EN EQUIPOS O PROPICIAR FENÓMENOS DE SOBRETENSION POR FERRORESONANCIA.
- POR LO ANTERIOR, UN DISPOSITIVO DEBE HACER OPERAR EN GRUPO EL SECCIONADOR AL OPERAR UN FUSIBLE

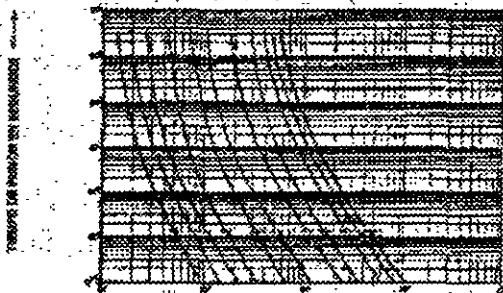


Diagrama 1: Curvas corriente-tiempo.

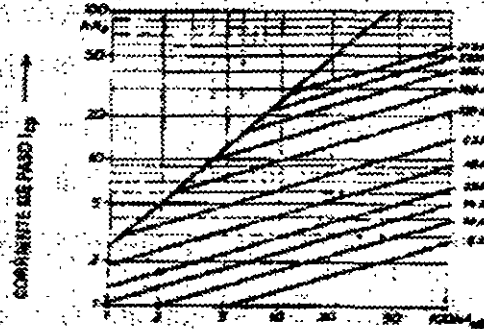


Diagrama 2: Curriente de cortocircuito I_{sc} .

FUSIBLES TIPO EXPULSIÓN

- PARA INTERRUPIR LA FALLA SE EMPLEA UN TUBO CONFINADOR DE ARCO Y DENTRO EL ELEMENTO FUSIBLE.
- LA INTERRUPCIÓN DEL ARCO SE REALIZA CON LOS PROPIOS GASES PRESURIZADOS DENTRO DEL TUBO AL SALIR HACIA UNO DE LOS EXTREMOS ABIERTOS DEL CARTUCHO.
- SE USA BÁSICAMENTE EN EXTERIORES PARA PROTEGER CONTRA SOBRECORRIENTE Y ALGUNOS DISEÑOS CONTRA SOBRECARGA: ALIMENTADORES, PRIMARIOS DE TRANSFORMADORES, BANCOS DE CAPACITORES, ETC.
- USADOS DENTRO DE GABINETES, HAY QUE TENER CUIDADO CON VENTILAR LOS GASES IONIZADOS DE MANERA TAL QUE NO CONTAMINEN LAS PARTES VIVAS INTERNAS.

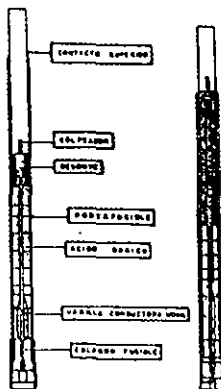


Fig 2 PARTES CONSTITUTIVAS DEL FUSIBLE DE EXPULSIÓN Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN

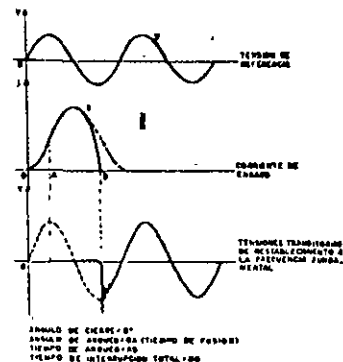


Fig 3 INTERRUPCIÓN DE UNA CORRIENTE TOTALMENTE ASIMÉTRICA POR UN FUSIBLE DE EXPULSIÓN

FUSIBLES DE BAJA TENSIÓN

- NO LIMITADORES DE CORRIENTE.
 - CLASES H Y K DE ACUERDO A NOMENCLATURA DE UNDERWRITERS LABORATORIES.
 - CLASES H. PUEDEN SER RENOVABLES O NO. HASTA 600 A. PUEDEN TENER DOBLE ELEMENTO (INST. Y TIEMPO) O SOLO INSTANTÁNEO, NO TIENEN CAPACIDAD INTERRUPTIVA, PERO DEBEN SER PROBADOS A 10,000 A. LOS FUSIBLES RENOVABLES SON RIESGOSOS.
 - CLASE K. ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA. IGUAL TAMAÑO.
 - CLASE H. SON GARANTIZADOS A 50, 000 O 200,000 AMPERES. PUEDEN TENER ELEMENTO DE TIEMPO.

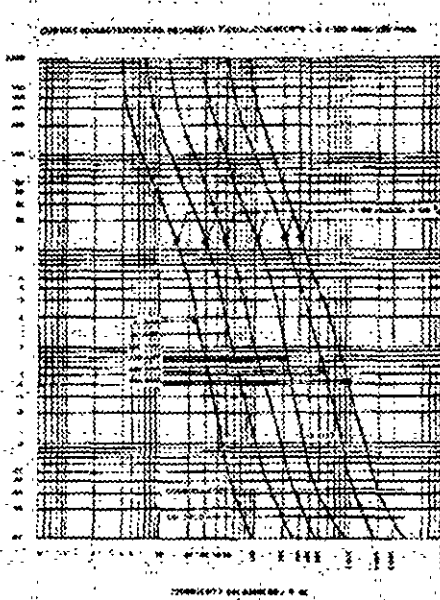
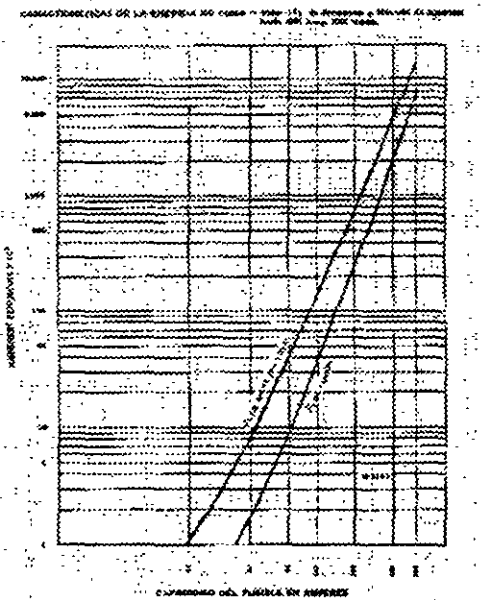
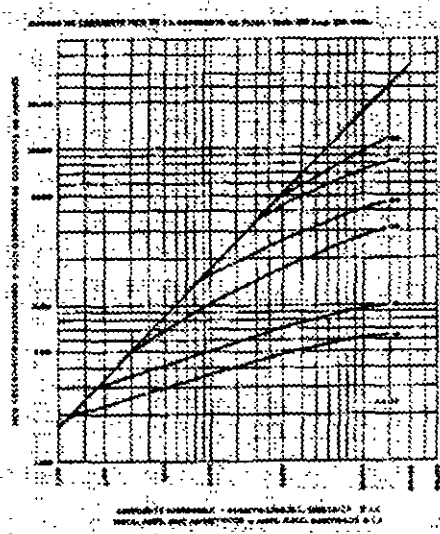
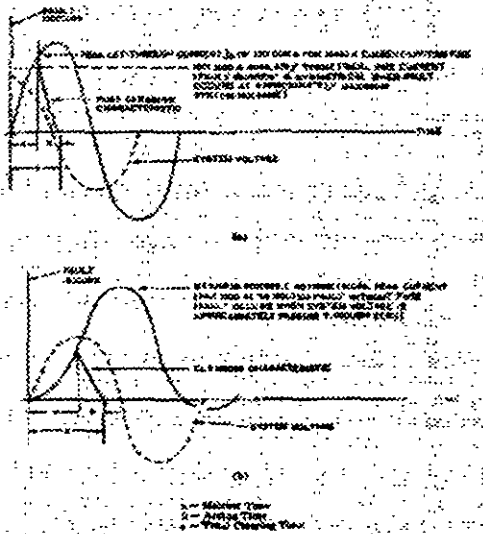
- LIMITADORES DE CORRIENTE.
 - SU USO MÁS FRECUENTE ES CUANDO LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DISPONIBLE ESTA MAS ALLA DE LA CAPACIDAD DEL EQUIPO. SE COORDINAN CON INTERRUPTORES.
 - LOS MÁS IMPORTANTES, DE ACUERDO A CLASIFICACIÓN DE U.L. SON LOS CLASE K Y CLASE L.
 - CLASE J. HASTA 600 A. NO ES INTERCAMBIABLE CON CLASE H NI CLASE K. 2000,000 A DE CAPACIDAD INTERRUPTIVA. LA CORRIENTE DE PICO DE FUGA Y LOS VALORES 1^{2t} . DEPENDEN DE CADA CASO.
 - CLASE L. DE 601 A. A 6,000 A. 200,000 DE CAPACIDAD INTERRUPTIVA.

APLICACIÓN DE FUSIBLES

- CORRIENTE DE PICO DE FUGA. - ES LA CORRIENTE MÁXIMA INSTANTÁNEA QUE PASA A TRAVÉS DE UN FUSIBLE LIMITADOR DURANTE EL TIEMPO TOTAL DE APERTURA.

- LA CORRIENTE DE PICO DE FUGA DE LOS FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE NO DEBE SOBREPASAR EL VALOR DE LA CORRIENTE MOMENTÁNEA QUE PUEDEN SOPORTAR LOS INTERRUPTORES Y TABLEROS QUE SE ENCUENTRAN DESPUÉS DE LOS FUSIBLES. CON ESTA PRECAUCIÓN, LOS TABLEROS E INTERRUPTORES PUEDEN OPERAR EN SISTEMAS CON UN CORTO CIRCUITO MÁS ELEVADO QUE SU CAPACIDAD.

- CONCEPTO 1^{2t} . ES LA MEDIDA DE LA ENERGÍA CALORIFICA GENERADA EN UN CIRCUITO DURANTE LA FUSIÓN O APERTURA DE UN FUSIBLE. GENERALMENTE SE DENOMINA FUSIÓN 1^{2t} , SIENDO "I" LA CORRIENTE EFECTIVA Y "t" EL TIEMPO. ($AMP^2*SEG.$).



INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

- ESTOS INTERRUPTORES CONTIENEN UNA PROTECCIÓN DE SOBRECARGA (TÉRMICA, BIMETAL) PARA RESPALDO DE PROTECCIÓN A MOTORES O EN SOBRECARGAS EN CIRCUITOS, Y UNA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE, PARA CORTOS CIRCUITOS, MEDIANTE SU ELEMENTO INSTANTÁNEO (MAGNÉTICO).

INTERRUPTORES ELECTROMAGNETICOS

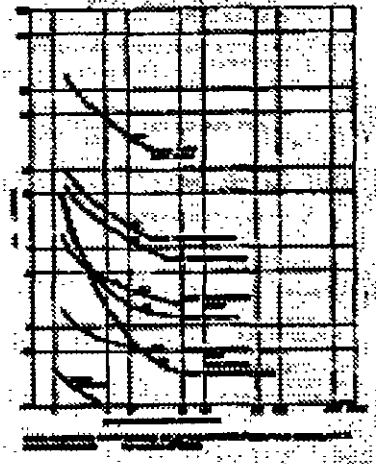
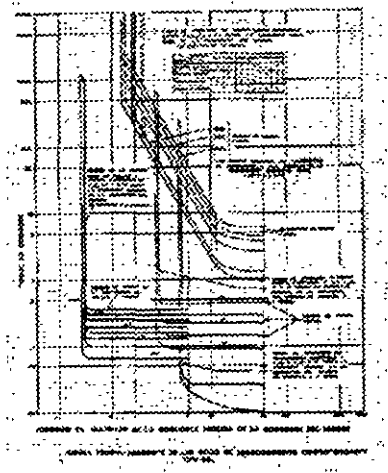
- INTERRUPTORES DE MAYOR CAPACIDAD QUE LOS TERMOMAGNETICOS.

RELES DE SOBRECORRIENTE

- EXISTEN VARIOS TIPOS:

- TIEMPO LARGO INVERSO
- TIEMPO CORTO INVERSO
- TIEMPO MEDIO INVERSO
- TIEMPO STANDARD INVERSO
- MUY INVERSO
- EXTREMADAMENTE INVERSO.

- EN SISTEMAS INDUSTRIALES LO MAS FRECUENTEMENTE USADOS SON LOS DE TIEMPO STANDARD INVERSO (IAC 51) Y DE TIEMPO STANDARD MUY INVERSO (IAC 53).



- EL RELE DE TIEMPO INVERSO ES MEJOR QUE EL DE TIEMPO MUY INVERSO DONDE HAY UNA AMPLIA VARIACIÓN DE NIVELES DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO, DEBIDO AL CAMBIO DE FUENTES DE POTENCIA EN USO.
- EL DE CURVA MUY INVERSA ES ADECUADO EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ALIMENTADOS POR GRANDES SISTEMAS DE POTENCIA, DEBIDO A QUE EN FALLAS PEQUEÑAS ES LENTO; MAS ES RÁPIDO EN ALTOS VALORES DE FALLA.
- UNA VEZ SELECCIONADO EL MODELO DE RELEVADOR, SIGUE ESCOGER LOS RANGOS DE CORRIENTE DE LOS ELEMENTOS DE TIEMPO INVERSO E INSTANTÁNEO. LOS BAJOS RANGOS, COMO EL DE 0.5-2[A] PUEDEN SER USADOS DONDE UNA BAJA CORRIENTE DE PICK-UP SE REQUIERA, COMO ES EL CASO DE LAS CORRIENTES DE TIERRA O DE NEUTRO.

- PARA PROTECCION DE FASE SE RECOMIENDA EL RANGO DE 2-16A.
- EL RELEVADOR TIENE TAPS PARA EL RANGO 2-16 A.

| RANGO | TAPS DISPONIBLES |
|-------|---|
| 2-16 | 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 10.0, 12.0, 16.0 |

REQUERIMIENTOS DE PROTECCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN SISTEMA ELÉCTRICO

- ES NECESARIO ESTABLECER LOS LIMITES DE VALORES DE CORRIENTE, INFERIOR Y SUPERIORES EN EL QUE TRABAJA EL EQUIPO.
- UN BUEN MÉTODO ES ESTABLECIDO POR:
 - 1.- CONDICIONES DE OPERACIÓN.
 - 2.- REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE PROTECCIÓN.
 - 3.- NIVELES DE CORRIENTE MÁXIMOS QUE PUEDEN SOPORTAR LOS EQUIPOS (ANTES DE DAÑARSE)

CONDICIONES DE OPERACIÓN.

- LAS PROTECCIONES DEBEN SER INSENSIBLES A LAS CORRIENTES NORMALES, COMO POR EJEMPLO:
 - CORRIENTES PLENA CARGA
 - SOBRECARGAS PERMISIBLES
 - ARRANQUE DE MOTORES
 - CORRIENTES TRANSITORIAS (INRUSH)
- ESTOS DATOS PUEDEN OBTENERSE DE LOS FABRICANTES DE EQUIPO, EN LAS PLACAS DE LOS APARATOS O EN LOS VALORES DE NORMA.
- CUANDO NO SE DISPONGA DE DATOS, LAS SIGUIENTES APROXIMACIONES SON NORMALMENTE ACECUADAS:
 - MOTORES:
 - ❖ UN H.P. ES APROXIMADAMENTE IGUAL A UN KVA PARA MOTORES DE INDUCCIÓN CON F.P. DE 0.8; PARA MOTORES SINCRONOS CON F.P. DE LA UNIDAD, UN H.P. ES IGUAL A 1.25 KVA.

❖ FACTOR DE SERVICIO DE 1. POR LO TANTO NO HAY CAPACIDAD PARA SOBRECARGARLO.

❖ CORRIENTE TRANSITORIA DE INRUSH:

✓ IGUAL A 6 VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA EN MOTORES DE INDUCCIÓN.

✓ PARA MOTORES SINCRONOS CON CARGAS DE BAJA INERCIA, ESTE VALOR ES DE 6 VECES.

✓ CON CARGAS DE ALTA INERCIA, LA CORRIENTE DE ROTOR BLOQUEADO SERÁ DE 9 VECES.

✓ EL TIEMPO DE DURACIÓN ES DE 5 A 30 SEGUNDOS, DEPENDIENDO DE LA INERCIA DE LA CARGA.

➤ TRANSFORMADORES.

❖ CAPACIDAD DE SOBRECARGA. DEPENDE DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO USADO.

❖ DE LO ANTERIOR, SE PUEDE ESTABECER QUE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR ES LA CORRIENTE A PLENA CARGA MULTIPLICADA POR EL FACTOR DE ENFRIAMIENTO Y POR EL FACTOR DE ELEVACIÓN DE TEMPERATURA.

❖ CORRIENTE DE INRUSH POR MAGNETIZACIÓN:

✓ + 12 VECES AMPERS A PLENA CARGA PARA TRANSFORMADORES TIPO SUBESTACION Y PEDESTAL.

✓ + 8 VECES AMPERS A PLENA CARGA PARA UNIDADES TIPO CENTRO DE CARGA.

✓ + 8 a 25 VECES PARA TRANSFORMADORES TIPO SECO PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.

➤ CABLE

❖ LA CAPACIDAD DE SOBRECARGA DEPENDE DEL TIPO DE INSTALACIÓN.

❖ LAS TABLAS DE CONDUCTORES EN EL "NATIONAL ELECTRIC CODE" SIRVEN DE GUÍA.

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE PROTECCIÓN.

● LOS CÓDIGOS Y STANDARS LIMITAN LOS AJUSTES DE LOS EQUIPO DE PROTECCIÓN.

➤ MOTORES

❖ PARA MOTORES ARRIBA DE 600 VOLTS. EL N.E.C. EN SU ARTICULO 430, PARTE J, REQUIERE QUE CADA MOTOR SEA PROTEGIDO CONTRA SOBRECARGAS PELIGROSAS MEDIANTE PROTECCIÓN TÉRMICA

INTERNA O EXTERNA. LA PROTECCIÓN CONTRA CORRIENTES DE FALLA ES MEDIANTE INTERRUPTORES O FUSIBLES.

❖ PARA MOTORES ABAJO DE 600, EL N.E.C. REQUIERE EN SU ARTICULO 430, PARTE C, LO SIGUIENTE: PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA.

MOTORES PARA FACTOR DE SERVICIO NO MENOR A 1.15 ----- 125%

MOTORES CON ELEVACIÓN DE TEMPERATURA NO MAYOR A 40°C -----125%

TODO EL RESTO DE MOTORES 115%

❖ PARA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE, EL N.E.C. REQUIERE UN DISPOSITIVO DE VALOR NOMINAL O AJUSTADO A:

| | |
|--|------|
| TIEMPO INVERSO EN INTERRUPTOR. | 250% |
| DISPARO INSTANTÁNEO EN INTERRUPTOR. | 700% |
| FUSIBLES SIN RETARDO DE TIEMPO. | 300% |
| FUSIBLES DE DOBLE ELEMENTO, CON RETARDO DE TIEMPO. | 175% |

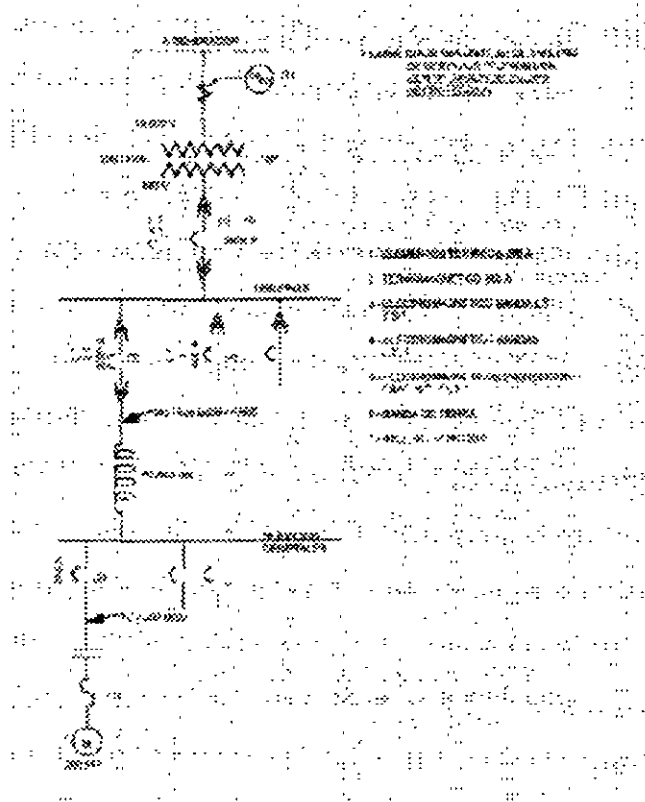
CABLES

- EL N.E.C. REQUIERE QUE LOS CABLES SEAN PROTEGIDOS CONTRA SOBRECORRIENTES COMO SIGUE:
- CABLE ALIMENTADOR, TENSION MENOR O IGUAL A 600 V., DENTRO DE SU AMPACIDAD (ARTICULO 240- 3)
- CABLE ALIMENTADOR ARRIBA DE 600 VOLTS, UN FUSIBLE SELECCIONADO PARA UNA CORRIENTE PERMANENTE QUE NO EXCEDA 3 VECES LA AMPACIDAD DEL CONDUCTOR, O UN INTERRUPTOR QUE TENGA UN AJUSTE DE DISPARO DE NO MÁS DE 6 VECES LA AMPACIDAD DEL CONDUCTOR (ARTICULO 240 - 100).

NIVELES DE CORRIENTE MÁXIMOS QUE PUEDEN SOPORTAR LOS EQUIPOS.

- MOTORES: ES EL TIEMPO EN QUE UN MOTOR PUEDE PERMANECER CON EL ROTOR BLOQUEADO.
- TRANSFORMADORES. (ANSI C57.12.00, 1973). ESTE PUNTO IDENTIFICA LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO MEDIANTE LOS CUALES LOS DEVANADOS PUEDEN SOPORTAR, SIN DAÑO LOS ESFUERZOS MECÁNICOS Y TÉRMICOS CAUSDOS POR LOS CORTOS CIRCUITOS,

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE PROTECCIONES Y COORDINACIÓN



● PASO No. 1 CORRIENTES NORMALES DE OPERACIÓN.

A) MOTOR DE BOMBA, 200 H.

$$\begin{array}{l} \text{CORRIENTE} \\ \text{A PLENA} \\ \text{CARGA} \end{array} = \frac{200}{\sqrt{3}(0.44)} = 262 \text{ A} \quad (\text{CPC})(1\text{HP} = 1\text{KVA})$$

● CORRIENTE ROTOR BLOQUEADO (CRB)

6 VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA Y SE ASUME 8 SEGUNDOS DE DURACIÓN.

$$\text{CRB} = 6 \times \text{CPC} = 1574 \text{ A.}$$

● MÁXIMA CORRIENTE DE ARRANQUE (MCA)

1.5 VECES CRB DURANTE 0.1SEG.

$$\text{MCA} = 1574 \times 1.5 = \underline{2597 \text{ A}}$$

B) CORRIENTES ADICIONALES EN EL TABLERO DE SERVICIOS GENERALES, DEBIDO A OTRAS CARGAS:

$$\begin{array}{l} \text{CORRIENTES ADICIONALES} \\ \text{C.P.C. BOMBA No 1} \\ \text{TOTAL ALIMENTADOR A} \\ \text{SERVICIOS GENERALES} \end{array} \begin{array}{l} = 1353 \text{ A.} \\ = \underline{262 \text{ A.}} \\ = 1615 \text{ A.} \end{array}$$

C) CORRIENTE EN TABLERO 5 SERVICIOS PROPIOS.

ALIMENTADOS SERVICIOS

GENERALES = 1615 A.

CORRIENTE ADICIONAL = 800 A.

TOTAL = 2415 A.

D) TRANSFORMADOR DE SERVICIOS PROPIOS.

$$ALTA = \frac{2000}{\sqrt{3}(15)} = 77 A.$$

$$BAJA = \frac{2000}{\sqrt{3}(0.44)} = 2624 A.$$

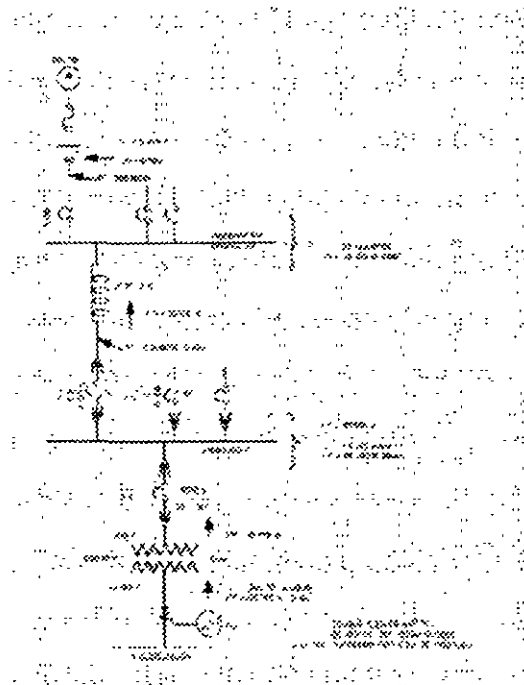
LA CORRIENTE DE MAGNETIZACIÓN (INRUSH) SE CONSIDERA 8 VECES LA CORRIENTE A PLENA CAPACIDAD Y SU DURACIÓN ES DE 0.1 SEG.

CORRIENTE DE MAGNETIZACIÓN TRANSITORIA (CMT)

$$CMT = 8x I_N = 8x 77$$

CMT = 616A, DURACIÓN 0.1 SEGUNDOS.

- PASO No. 2 CALCULO DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.
- ESTAS FUERON CALCULADAS POR SEPARADO Y SE MUESTRAN EN EL DIAGRAMA UNIFILAR ANEXO.
- DE ACUERDO CON LA VELOCIDAD DE RELES O LA DEL EQUIPO DE DESCONEXIÓN SE DEBE CONSIDERAR SI SE TOMA EN CUENTA LA CORRIENTE SUBTRANSITORIA O TRANSITORIA.



● PASO No. 3. DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE PROTECCIÓN EN EQUIPOS.

A) MOTOR DE LA BOMBA.

- SOBRECARGA. COMO SE TRATA DE UN MOTOR CON UN FACTOR DE SERVICIO DE 1.15, LA SOBRECARGA MÁXIMA ES A 25%, POR LO TANTO, EL VALOR "NEC" DE SOBRECARGA:

$$\text{NEC- OL} = \text{CPC} \times 1.25$$

$$\text{NEC- OL} = 327 \text{ A.}$$

- SOBRECORRIENTE. COMO EL PROTECTOR ES UN TERMOMAGNETICO, SE DEBE TENER 250% DE I_N COMO MÁXIMO PARA LA CURVA DE TIEMPO INVERSO Y 1300% PARA EL ELEMENTO INSTANTÁNEO, POR LO QUE:

$$\text{NEC_ OC}_1 = \text{CPC} \times 2.5 = 262 \times 2.5$$

$$\text{NEC_ OC}_1 = 655 \text{ A.}$$

$$\text{NEC_ OC}_2 = \text{CPC} \times 13 = 262 \times 13$$

$$\text{NEC_ OC}_2 = 3400 \text{ A.}$$

B) CABLES

- LOS CABLES DEBERÁN DE PROTEGERSE CONTRA LOS DAÑOS POR LA ELEVACIÓN DE TEMPERATURA QUE SE PRESENTA DURANTE UN CORTO CIRCUITO, PROCURÁNDOSE LIMITAR ESTE DAÑO A UNA REDUCCIÓN DE 1% EN LA VIDA ÚTIL DEL CABLE PARA CADA FALLA, LA SOCIACIÓN ESTADOUNIDENSE "INSULATED POWER CABLE ENGINEERS ASSOCIATION" (IPCEA) RECOMIENDA UNA SERIE DE TEMPERATURAS MÁXIMAS QUE SE DEBEN DE ALCANZAR DEPENDIENDO DEL TIPO DE AISLAMIENTO DEL CABLE.

| DESIGNACIÓN NEC | MÁXIMA TEMPERATURA CONTINUA (°C) | MÁXIMA TEMPERATURA EN EL CONDUCTOR |
|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| XHHW, RHH, RHW (600V-5kV SOLO) | 90 | 250 |
| XHHW (SOLO 600 V) | 90 | 250 |
| RHW (SOLO 600 V) | 75 | 200 |
| THW, THWN, PVC, POLIETILENO, THHN | 75 | 150 |
| | 90 | 150 |
| | 75 | 150 |

- CONOCIDOS LOS LIMITES DE TEMPERATURA, CON LAS SIGUIENTES FÓRMULA SE PUEDEN DETERMINAR LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO QUE LAS PRODUCE:

- ❖ PARA CONDUCTORES DE COBRE

$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 t = 0.0297 \log\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)$$

- ❖ PARA CONDUCTORES DE ALUMNIO

$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 t = 0.0125 \log\left(\frac{T_2 + 228}{T_1 + 228}\right)$$

- DONDE:

I = AMPERS RMS DURANTE TODO EL INTERVALO DE FLUJO DE CORRIENTE.

t = DURACIÓN DEL FLUJO DE C.C. EN SEGUNDOS

CD = SECCIÓN DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR MILS

T1 = TEMPERATURA INICIAL DEL CONDUCTOR (°C)

T2 = TEMPERATURA FINAL DEL CONDUCTOR (°C)

- PARA EL ESTUDIO DE COORDINACIÓN SE PONEN COMO DATOS T1 Y T2 (75° Y 150°C PARA LOS CABLES DE ESTE ESTUDIO, THW) Y DE AHÍ SE DIBUJA LA CURVA TIEMPO-CORRIENTE DEL CABLE EN PARTICULAR SOBRE EL PAPEL LOG-LOG.
- LOS BUSES TIENEN TAMBIÉN UN CIERTO LIMITE DE TEMPERATURA A LA QUE DEBEN CALENTARSE EN EL CASO DE UN CORTO CIRCUITO, Y ESTA DADO POR LA SIGUIENTE FORMULA:

$$I = 1974A \sqrt{\frac{\log\left(\frac{T_M - T_A}{234 + T_A} + 1\right)}{33S}}$$

- EN DONDE:

I = CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN AMPERS.

A = SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS BARRAS EN MM².

T_M = TEMPERATURA DE FUSIÓN DEL COBRE (1083 °C)

T_A = TEMPARATURA AMBIENTE (°C)

S = DURACIÓN DEL CORTO CIRCUITO EN SEGUNDO.

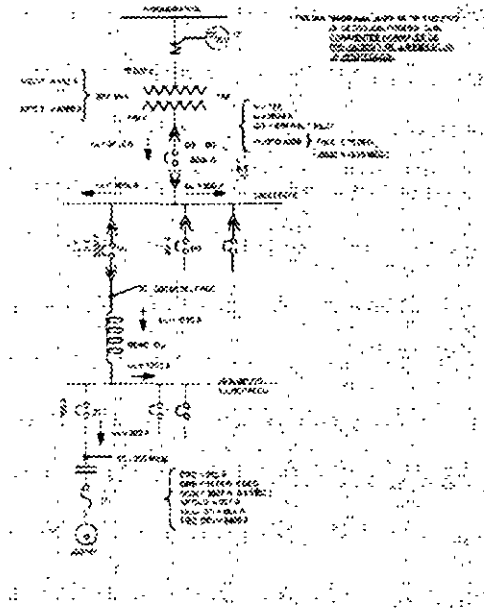
C) TRANSFORMADOR DE 200KVA

- DE ACUERDO A LA TABLA DE LA PAGINA 5-27, EL TRANSFORMADOR QUE TIENE UNA IMPEDANCIA MENOR AL 6% DEBE SER PROTEGIDO A 600% DEL LADO PRIMARIO Y A 250% EN EL LADO SECUNDARIO.

$$\text{NEC} - T_1 = I_p \times 6 = 77 \times 6 = 462 \text{ A}$$

$$\text{NEC} - T_2 = I_s \times 2.5 = 2624 \times 2.5 = 6560 \text{ A.}$$

- EL PUNTO ANSI SE DETERMINA EN BASE A LA TABLA DE LA PAGINA 5-30, Y COMO SE TRATA DE UNA IMPEDANCIA DE 5.75%, ESTE SERÁ DE 10.1 X Y 3.75 SEGUNDOS (CONEXIÓN DELTA - ESTRELLA), POR LO QUE
- PUNTO ANSI = 10.1 X 77 = 778 A.
- (3.75 SEGUNDOS)



● PASO No 4, ELABORACIÓN DE CURVAS TIEMPO-CORRIENTE.

A) CURVA TIEMPO. CORRIENTE NO.1

MUESTRA LA PORCIÓN DEL CIRCUITO MAS ALEJADA DE LA FUENTE, INCLUYENDO:

- MOTOR DE 200 HP, CON SU PERFIL DE OPERACIÓN (MCA, CRB, CPC Y DURACIÓN). SE MUESTRA TAMBIÉN LOS REQUERIMIENTOS NCE - OL Y NEC - OC.
- CABLE DE 350 MCM. SE TRAZA SU CURVA DETERMINANDO DOS PUNTOS DE ELLA:

$$\left(\frac{I}{\text{CM}}\right)^2 t = 0.0297 \log\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)$$

- $T_1 = 75^\circ\text{C}$
- $T_2 = 150^\circ\text{C}$
- PARA $t = 0.01$ SEG.
- $I = 185,297$ AMPERS
- PARA $t = 0.1$ SEG.
- $I = 52,596$ AMPER

EL ELEMENTO TÉRMICO PARA PROTECCIÓN DE SOBRECARGA AL MOTOR, TIPO CR224 DE GE, 270 A, AJUSTADO AL 100% QUEDA ENTRE LA C.P.C Y EL VALOR NEC-0L

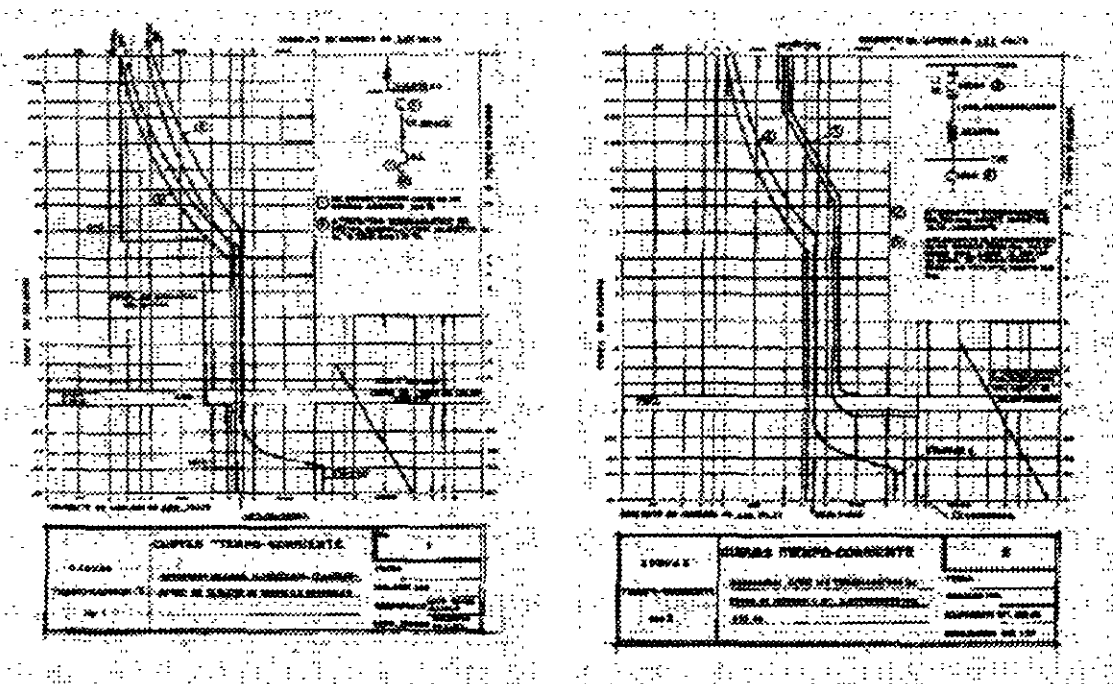
- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE 350 A., SIN AJUSTE TÉRMICO Y CON AJUSTE MAGNÉTICO A $3500 \pm 10\%$ AMPERS; ESTE VALOR COINCIDE CON EL VALORE NEC-OC₂. LA CURVA DEL INTERRUPTOR SE CORTA EN (23,113 A) QUE ES EL CORTO CIRCUITO ASIMÉTRICO EN EL TABLERO DE SERVICIOS GENERALES.

B) CURVA T.C. No 2

- SE MUESTRA LA COORDINACIÓN ENTRE EL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2 Y EL RELEVADOR DE ESTADO SÓLIDO DEL ELECTROMAGNÉTICO 3 ESTE DIBUJO CONTIENE:
 - INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 350 A.
 - LIMITE DE CALENTAMIENTO DE 3 CABLES DE 500 MCM (1500 MCM)
 - INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO, SENSOR A 2000 A., BANDA DE TIEMPO LARGO (L.T.) AJUSTADO A 1. LA CORRIENTE DEL SENSOR Y TIEMPO MÍNIMO; SE BUSCA ESTAR A LA DERECHA DE I_{N3} BANDA DE TIEMPO CORTO. AJUSTADA A 3 VECES (6000 A) Y CURVA DE 0.11 SEG.; SE PROCURA ESTAR A LA DERECHA DE $I_{N3} + MCA$ (3950 A), ESTA CURVA SE CORTA EN $I'_{D4} = 40,000$ A.

C) CURVAS TIEMPO CORRIENTE No 3

- SE REFIEREN A LA COORDINACIÓN ENTRE LOS INTERUPTORES ELECTROMAGNETICOS DERIVADOS Y EL PRINCIPAL DEL TABLERO No. 5 DE SERVICIOS PROPIOS.



- INTERRUPTOR DERIVADO, 400 AMPERES (No. 4) BANDA INSTANTÁNEA: SE AJUSTA EL VALOR MÁXIMO, $12 X = 4800$ AMPERES, CON OBJETO DE TENER CIERTA SELECTIVIDAD CON LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL TABLERO QUE ESTE INTERRUPTOR ALIMENTA.
- EN FALLAS MENORES A 4800 A., OPERAN LOS TERMOMAGNETICOS Y SI ESTA ES MAYOR, OPERAN TANTO PRINCIPAL COMO DERIVADOS. ESTA PORCION INSTANTÁNEA DE LA CURVA SE CORTA A 53,742 A., VALOR DE LA FALLA TRIFASICA ASIMÉTRICA EN ESE PUNTO. LA BANDA L.T. SE AJUSTA A 1.0X, CURVA MÍNIMA.

- INTERRUPTOR PRINCIPAL, 3000 AMPERES, DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN DE FASE No. 5 DEBE PROTEGER AL TRANSFORMADOR, Y SU BANDA L.T. DEBE QUEDAR A LA IZQUIERDA DE 250% DE I_s (6560 AMPERES).

- DEBE PERMITIR QUE EL TRANSFORMADOR LLEVE SU PLENA CAPACIDAD EN FORMA PERMANENTE, (2624 A).
- DEBE PROTEGER A LAS BARRAS COLECTORAS, DE 3000 A.
- DEBE COORDINARSE CON LOS DISPOSITIVOS 3 Y 7

- SE ESCOGE UN PICK-UP DE 1.0 Y LA CURVA MÍNIMA PARA LA BANDA L.T. LA BANDA DE TIEMPO CORTO SE AJUSTA A LA DERECHA DE LA BANDA S.T. DEL DISPOSITIVO No 3: SE ESCOGE $3X = 9000$ A. Y UN AJUSTE DE TIEMPO DE 0.25 SEG. LA CURVA SE CORTA A 40,000 AMPERES, VALOR DE LA CORRIENTE TRANSITORIA I_{d4}

- BANDA DE TIERRA, G. TIENE POR OBJETO PROTEGER CONTRA FALLAS DE ARQUEO.

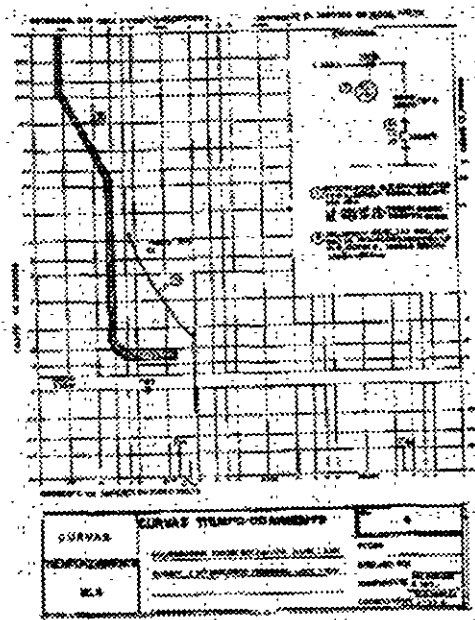
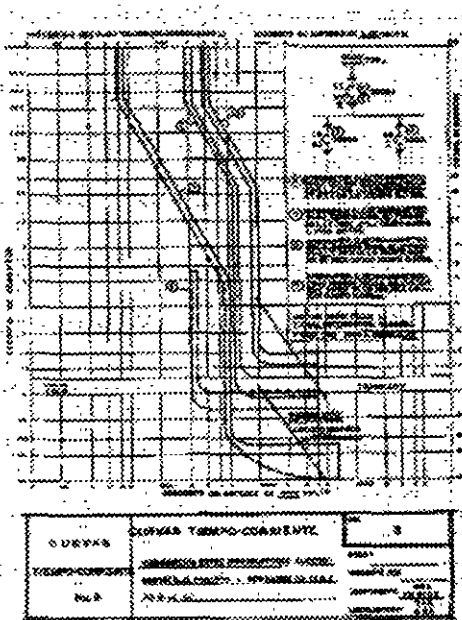
- LA FALLA PROBLABLE MÍNIMA DE ARQUEO ES EL 19% DE LA FALLA TRIFÁSICA:

D) CURVAS TIEMPO CORRIENTE No. 4

- SE COORDINAN EL RELE IAC 53 B EN 15 KV, CON EL RELE DE ESTADO SÓLIDO DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL EN BAJA TENSION
- LA TENSION BASE ES DE 15 KV, Y TODA LAS CORRIENTES SE CALCULAN EN ESA BASE:
- 3000 AMPERS. -----→ $3000 (40 / 15000) = 88$ A.
- ASÍ SE PROCEDE PARA LOS DEMÁS VALORES, TRANSPORTANDO CON ESTO LOS VALORES EN B.T. AL LADO DE 15 KV.

- RELEVADOR 50/51. SE DEBE AJUSTA CONSIDERANDO LO SIGUIENTE:
 - DEBE COORDINARSE CON EL INTERRUPTOR EN BAJA TENSION.
 - DEBE QUEDAR A LA IZQUIERDA DEL VALOR FIJADO POR EL NEC PARA ALTA TENSION ($400 \% I_p$ 308A).
 - DEBE OPERAR ANTES DEL PUNTO ANSI.

- PARA CUMPLIR CON ESTO, EL RELEVADOR SE AJUSTA A UN PICK-UP DE 300A PRIMARIOS (DADA LA RELACIÓN DE LOS T.C, $150/5 = 30$, EL "TAP" DEBE SER 10) LA CURVA DE TIEMPO SELECCIONADA ES LA No. 2.
- DADO QUE ESTE RELEVADOR 50/51 ES SENSIBLE A LAS FALLAS SUBTRANSITORIAS Y ASIMÉTRICAS, EL INSTANTÁNEO DEBE AJUSTARSE A UN VALOR MAYOR QUE 53,742 A., O SEA LA CORRIENTE DE FALLA EN EL SECUNDARIO (1576 A., REFERIDO AL PRIMARIO), SE SELECCIONA UN AJSTE DE 60 AMPERES, EQUIVALENTE A: $60 (15000/440) = 61,363 A$





FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

SISTEMAS DE GENERACIÓN ELECTRICA DE EMERGENCIA

EXPOSITOR: ING. SERGIO ORDÓÑEZ LEZAMA
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003

**INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS
E INDUSTRIAS**

**SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA DE
EMERGENCIA**

ING. SERGIO ORDOÑEZ LEZAMA

2003

SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA DE EMERGENCIA E ININTERRUMPIBLES.

1.- INTRODUCCION

Requisitos

· Aplicaciones y Confiabilidad

2.- UTILIZACION

3.- DESCRIPCION DE CADA SISTEMA

A. Servicio Continuo

--- B. Servicio de Emergencia

C. Sistemas C.D. (Baterías)

C' Sistemas de Potencia Ininterrumpible (NO BREAK) o (UPS's) e Inversores

· D. Sistemas Generación Combinada y Co-generación

4.- CALCULOS PARA SELECCIÓN

Cargas por alimentar

Tipo de carga

Componentes de una Planta Eléctrica

Tablas y Gráficas

Ponenta: Ing. Sergio Ordóñez Lezama
Director del Grupo Pisa
PROYECTOS INDUSTRIALES, S.A. DE
C.V.

SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA EN EMERGENCIA

1. INTRODUCCION

En esta época de modernización en que la Industria se inclina a la automatización; las fábricas robotizadas; los edificios inteligentes, etc., no se concibe una instalación inadecuada que no prevea las características para que el suministro de energía eléctrica sea adecuado y no se interrumpa.

Desde el punto de vista de Proyecto, construcción y operación de instalaciones electromecánicas, es necesario tomar conciencia de que es lo que se está manejando con los sistemas de generación eléctrica y en particular, en los de emergencia.

La importancia de una buena selección, una buena instalación y la correcta operación y mantenimiento de estos sistemas es indispensable para asegurar la continuidad del suministro eléctrico.

En toda instalación eléctrica se cuenta con:

- a) Fuente de suministro eléctrico.
- b) Instalaciones para su distribución.
- c) Equipo que utiliza la energía.

Si además toda instalación eléctrica debe ser flexible, confiable, segura, accesible, etc., debemos analizar cuáles son las características y las necesidades del equipo y circuitos alimentados y actuar en consecuencia desde el momento de hacer el proyecto.

Por ejemplo, si en una industria se producen cables extruído para muy alta tensión, cualquier suspensión del servicio puede arruinar toda la producción o también, si en una sala de cine o teatro existe el peligro de accidentes por aglomeración durante un apagón, debe planearse la solución adecuada analizando el costo – beneficio respectivo.

Así mismo podrán mencionarse otros ejemplos y hacerse otras preguntas:

- ¿ Se cuenta con energía eléctrica adecuada y confiable en el lugar cercano a la instalación?.

- ¿ Hay algún circuito que se tenga que abastecer siempre, porque fallando la energía se tengan pérdidas considerables?.
- ¿ En caso de emergencia pueden perderse vida o causarse accidentes?.
- ¿ Se tendrá problemas por perderse información valiosa en computadoras, sincronía en rastreadoras de satélites o detalles semejantes?.

Conforme a esto, debemos estar concientes del tipo de carga que se tiene y dar la mejor solución técnico-económica a cada problema específico y, para ello, se hace necesario conocer las diversas alternativas de suministro eléctrico para poder escoger entre ellas.

2. UTILIZACION

EJEMPLO DE EQUIPOS Y SISTEMAS QUE REQUIEREN SUMINISTRO ELECTRICO CONTINUO.

- Elevadores de pasajeros.
- Elevadores de camillas en hospitales.
- Montacarga y elevadores de automóviles.
- Alumbrado de emergencia en edificios, fábricas y almacenes de departamentos.
- Alumbrado de salidas de seguridad (salas públicas, etc).
- Quirófanos de hospitales.
- Bombas de agua potable, cárcamos y contra incendio.
- Pistas de aterrizaje.
- Salas de cómputo.
- Motores para algún servicio especial.
- Hornos y equipos similares.
- Refrigeración de sangre, sueros reactivos, etc.
- Microondas y rastreadores de satélites.
- Circuitos de seguridad.
- Etc.

Por la importancia y prioridad, el suministro eléctrico se divide en:

- Servicio Normal (todo lo que puede aceptar interrupción ocasional sin graves daños).
- 3ª. Emerg. o Prioridad "C" (entrada ocasional o conveniente) (manual).
- 2ª. Emerg. o Prioridad "B" (Inmediata tan pronto se disponga y/o diferido después de lo esencial).
- 1ª. Emerg o Prioridad "A" (interrupción mínima o ninguna).

Dentro de los equipos electrógenos, cabe hacer la distinción siguiente, según su forma de operar y su utilización:

A.- Plantas Eléctricas de Servicio Continuo.

B.- Plantas Eléctricas de Emergencia.

C.- Sistemas de CD por batería.

C'. Sistemas de Potencia Ininterrumpible (SPI) (en inglés UPS o Sistema "No Break"). E Inversores (IPS)

D.- Sistemas de Generación combinados industriales y/o co-generación.

En los incisos A) y B), podemos definir como Planta Eléctrica toda aquella máquina que nos proporciona energía eléctrica de ciertas características, mediante un generador impulsado por un motor primo que transforma un cierto energético en potencia mecánica.

En cuanto a los incisos C) y C'), se refieren a equipos que deben abastecer de inmediato la demanda de cargas críticas y para ello se cuenta con energía almacenada en baterías, efecto volante cinético (ya casi sin uso) u otros medios como equipos independientes conectados permanentemente en paralelo, que al presentarse la falla del suministro, toman la carga correspondiente.

En todos estos equipos la importancia de la confiabilidad es básica según veremos más adelante.

Los Sistemas Industriales D) tienen varias formas de aprovechar su generación y obtener subproductos o economía, como veremos adelante.

3. DESCRIPCION DE CADA SISTEMA

Para analizar los sistemas de generación eléctrica descritos, comenzaremos por analizar sus características:

A) PLANTAS DE SERVICIO CONTINUO

En términos generales, las plantas de servicio continuo, son aquellas que suministran energía para:

- a) Venta y distribución del fluido.
- b) Accionar equipos particulares en lugares donde no existe el suministro público o éste es deficiente, insuficiente o de diferentes características a las que se requieren.

Para las primeras que se citan, generalmente se requieren estudios y especificaciones muy especiales y complejos, ya que la venta y distribución de energía, están sujetas a una serie de normas y requerimientos gubernamentales para asegurar, no solo la continuidad y suficiencia del servicio, sino la buena calidad del mismo y detalles que en el presente estudio sería imposible agotar. Sin embargo, al describir las segundas, se esbozan algunas características y estudios que para el primer caso sería necesario ampliar.

Una planta particular de servicio continuo, es aquella en que la operación de la misma se requiere por un período largo, ya sea a plena carga o parcialmente y, dependiendo de esto, las condiciones del calentamiento y desgaste del motor primo, así como el consumo y aprovechamiento de combustible o energía mecánica, deben estudiarse en forma particular.

Aquí la relación **COSTO DE GENERACION / KILOWATT-HORA**, tiene una influencia importante en la selección del equipo.

El costo de generación depende del costo de combustibles, vapor, etc., que se consuman y del costo de operación, mantenimiento y reparaciones, así como de la amortización del equipo; por lo que, un balance entre todos éstos, permite escoger aquel que dé las condiciones más económicas y funcionales.

B) PLANTAS ELECTRICAS DE EMERGENCIA

Como su nombre lo indica, el suministro de energía eléctrica en algunos casos, es indispensable para afrontar condiciones de falla y peligro, ya sea porque se pierda o dañe una producción determinada o porque se ponga en peligro vidas, otros bienes, etc.

En el caso de hospitales u otras aplicaciones en que se amenaza la vida humana, pueden considerarse las plantas de emergencia como un Salvavidas. De aquí la importancia de poner una gran atención no solo a la buena selección, adquisición e instalación de la misma, sino mantener con gran acuciosidad y esmero todas las características que aseguren su buena operación.

Una planta de emergencia esta diseñada para operar durante períodos relativamente cortos, ya que se supone que el suministro general de energía eléctrica, se hace cargo de la demanda normal y solamente al fallar ésta, se requiere un sustituto para algunas cargas y, por consiguiente, en lugares con buen suministro eléctrico, una planta de emergencia llega a operar solo unas cuantas horas por año, aún sumándole los tiempos de ejercitación semanales que se aconsejan.

En otras ocasiones, la operación es más intensa, pero aún así, el diseño de una planta de emergencia es básicamente diferente a la de servicio continuo.

(Considérese que el precio actual de una planta de emergencia fluctúa entre \$220 y \$150 dólares/Kw)

De no hacerse una buena selección, podemos cometer alguna LAMENTABLE omisión en algo que precisa de una verdadera meditación y aplicación de los conocimientos a nivel INGENIERIA con la consecuente RESPONSABILIDAD en ello. Una planta eléctrica en buenas condiciones debe arrancar en aproximadamente 5 a 10 segs., incluyendo los movimientos del interruptor de transferencia. Durante este lapso no hay energía en la carga. Si esto afecta, deben considerarse otras soluciones adicionales.

C) SISTEMA DE C.D.

CA-CD. Este es un sistema de almacenamiento en Corriente Directa mediante baterías, que permite la reposición del suministro eléctrico a lámparas incandescentes y para aparatos que aceptan esta corriente, mediante una pequeña interrupción (0.050 – 0.125 segs.) que generalmente es imperceptible para el ojo humano y se utiliza para la iluminación de quirófanos en hospitales o de tiendas comerciales o como indicación de salidas de emergencia, etc.

La reposición de la energía así consumida, se hace al volver el suministro normal de CA, mediante rectificadores regulados automáticamente.

C') SISTEMAS DE SERVICIO DE POTENCIA ININTERRUMPIBLE (SPI) (o UPS)

En los casos en que ciertas cargas críticas se ven afectadas por cualquier interrupción, aunque ésta sea de una fracción de segundo, se utilizan los SPI, o UPS, cuyo objetivo principal es eliminar cualquier interrupción en momentos en que desaparezca el suministro normal.

Estos requerimientos generalmente se presentan en cargas menores muy especiales como: instrumental médico, equipos para aeropuertos, computadoras, plantas químicas, comunicaciones, etc., pero por su confiabilidad están aplicándose en capacidades mayores.

Existen varias formas de hacerlo, dependiendo de la capacidad y de la aplicación principalmente.

a) Sistema de Motor Generador con volante (1ª. Generación).

Esto constituyó la primera generación del Sistema Ininterrumpible de Potencia (SPI) con la idea de que por algún momento, el volante acumularía la inercia suficiente durante 3 a 5 segs., para permitir que una Planta Eléctrica arrancara y así recuperar la alimentación faltante, sin embargo la pérdida de velocidad y por lo tanto la frecuencia eléctrica en la corriente alterna generada, constituyó el mayor inconveniente para equipos tan delicados como computadoras que no toleren una caída de frecuencia de más de 1% y esto, siempre que la planta de emergencia arrancara con seguridad al primer intento.

b) Sistema de motor-generador accionado por un motor de C.D. y un generador de CA pero que, además de resultar un equipo muy costoso requería un mantenimiento delicado y una inestabilidad en la frecuencia al variar la carga.

c) Sistema Motor Generador con volante y motor primo.

En este caso se presentan dos soluciones:

I. Un motor diesel acoplado a la misma flecha del conjunto MGV y, mediante un embrague, al faltarle la energía al motor eléctrico, el volante impulsa al motor diesel iniciando así su operación mecánica.

II. En otra versión el Grupo Moto-Generador_Volante, al haber una falla, impulsa eléctricamente la marcha de una planta de emergencia, sin esperar la secuencia de operación de los relés detectores y sin depender de una batería, reconectándose así el motor eléctrico.

En ambos casos, la confiabilidad de la operación depende del exacto funcionamiento del motor diesel y sus componentes y no hay un medio alternativo de suplir alguna falla. Además esas soluciones son más caras que los sistemas electrónicos y dependen más de un mantenimiento muy importante y su eficiencia es baja. (aproximadamente 80%)

d) Unidad Electrónica Convertidor – Batería – Inversor.

En estas unidades hay también varias versiones que deben contemplarse antes de seleccionarla, de acuerdo con las necesidades.

Nos referimos a las más recientes 7ª y 8ª Generación.

Cabe hacer notar que entre los objetivos de estos equipos, está el suministrar.

- Tensión eléctrica limpia y constante.
- Frecuencia estable.
- Aislamientos de los transitorios que hay en la línea.
- Continuidad de la alimentación eléctrica durante falta de suministro normal.
- Confiabilidad.
- Memoria para registros e identificación de fallas.

Y esto se hace indispensable en cargas como:

- Procesamiento de datos en computación.
- Controles industriales y robotización.
- Centros hospitalarios (unidades de cuidado intensivo)
- Telecomunicaciones.
- Control de tráfico aéreo y terrestre.
- Señalización y sistemas de seguimiento, etc.
- Otros.

Estas unidades están compuestas como se indica en la figura 1 y 2.

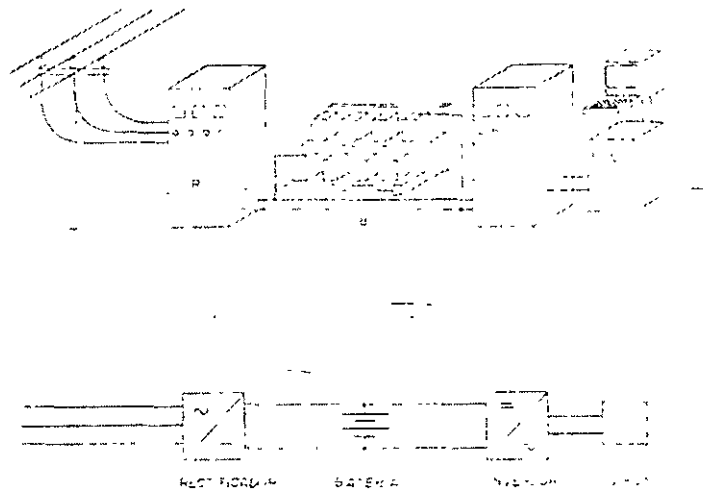


Fig. 1 y 2

La alimentación de C.A., sea monofásica o trifásica se transforma en CD mediante un RECTIFICADOR y esta energía se almacena en una batería de voltaje y capacidad adecuados, la que se mantiene saturada y con carga de flotación, habiendo avances para lograr mayor vida de las baterías.

A su vez, la línea donde se conecta la batería, abastece a un INVERSOR que es un dispositivo electrónico que convierte la corriente continua en corriente alterna (CC-CA).

Este último dispositivo es el que ha venido modificándose cada vez más para que la conversión de CC a CA sea lo más eficiente, confiable y de forma de onda, lo más próxima a una senoide.

De los distintos diseños de inversor y de su eficiencia, depende considerablemente la adecuada selección para diferentes aplicaciones.

La forma de operar puede ser EN LINEA (ON LINE) y EN ESPERA (OFF LINE), teniendo desde luego más seguridades y confianza en la primera, pero

con un pequeño aumento en el costo y el consumo eléctrico. Los nuevos diseños contemplan ambos sistemas en el mismo equipo.

Cabe hacer notar que las características de una alimentación eléctrica puede presentarse con irregularidades no admisibles para el equipo alimentado, como las siguientes (Ver Fig. 3).

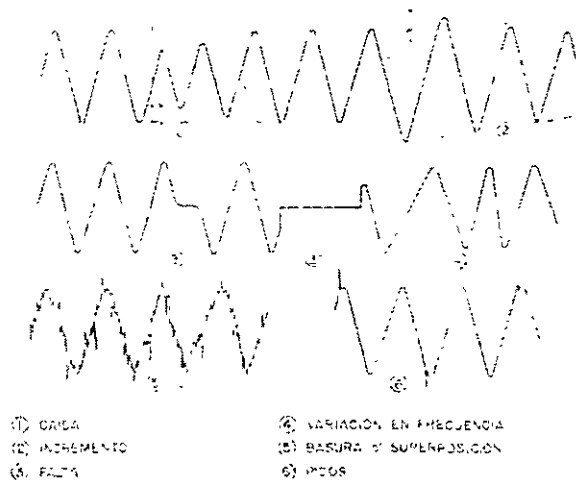


Fig. 3

El equipo que logra dar la mejor característica dentro de las tolerancias aceptable para una carga muy especial, logra calificar dentro de los recomendables para ese uso.

Es de recordarse que, si por ejemplo, en determinado momento se está pasando un programa de computación y éste se interrumpe por fracciones de segundo o considerando que las operaciones dentro de la electrónica se hacen a velocidades nona-segs., o sea millonésimas de segundo, pueden perderse datos o introducirse errores que echan a perder totalmente el programa.

Por esta razón es necesario conocer las características de los equipos confiables y dar las soluciones apropiadas.

Por otra parte, como los mismos equipos SPI son susceptibles de falla, se han previsto soluciones que permitan hacerlos confiables.

Un equipo SPI tiene una configuración como se indica, con sus respectivos interruptores de aislamiento y protección. (Ver Fig. 4)

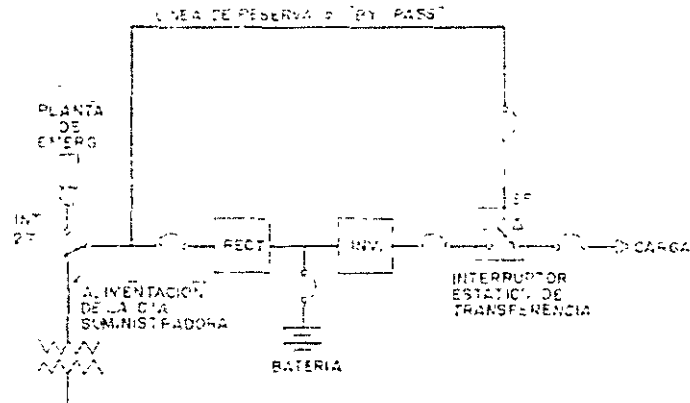


Fig. 4

La operación sobre la marcha permite que, en caso de fallar el equipo SPI o que se requiera aislarlo para mantenimiento, el interruptor estático de transferencia (SS) permite que sin ninguna interrupción, la carga quede conectada a una línea de reserva o de puente desde el bus de alimentación.

Una configuración redundante que permita todavía una mayor protección sería la siguiente:

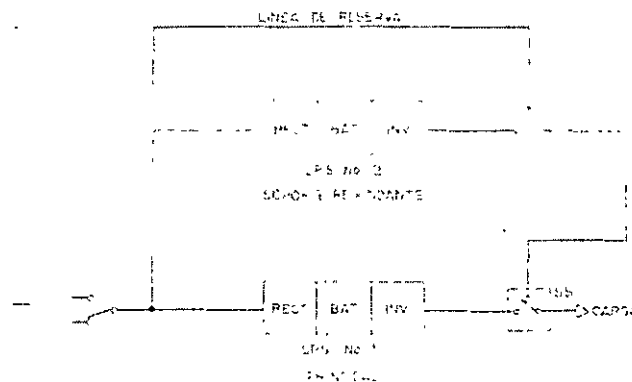


Fig. 5

En caso de tenerse más unidades pueden usarse otras configuraciones como la que se indica.

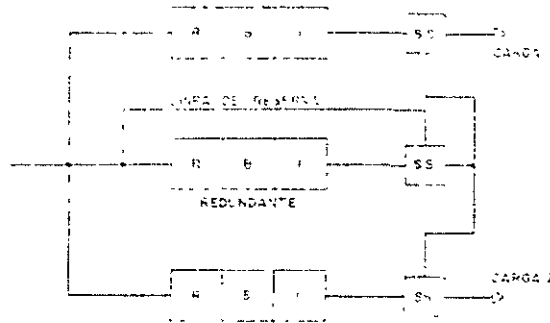


Fig. 6

En estas condiciones, la confiabilidad del conjunto de equipos, (qe pueden medirse en MTBF o sea Tiempo Medio entre Fallas), se incrementa considerablemente.

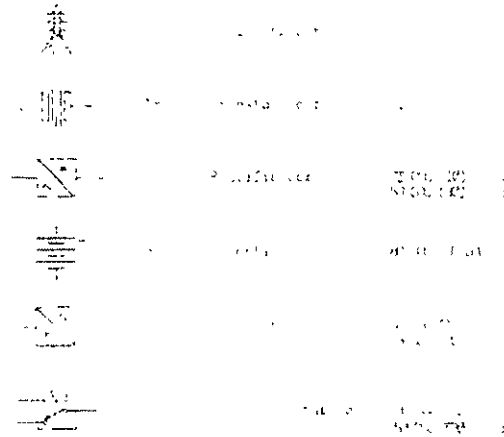


Fig. 7

- TMEF = Tiempo medio entre fallas (h)
- TMDR = | Tiempo medio de reparación (h)
- A= Disponibilidad = $\frac{TMEF}{TMEF - TMDR}$
- λ = Indice de fallas = $\frac{1}{TMEF} \cdot (1 / h)$
- P= $\frac{TMDR}{TMEF}$ Relación redundancia para

El índice de falla de un conjunto SPI trifásico por ejemplo, es la suma de los índices y falla de sus componentes:

$$\lambda_T = \lambda_R + \lambda_B + \lambda_I + \lambda_{SS} =$$

$$\lambda_T = \frac{1}{50\,000} + \frac{1}{100\,000} + \frac{1}{25\,000} + \frac{1}{50\,000} =$$

$$\lambda_T = 10^{-6} (20 + 10 + 40 + 20) = 90 \times 10^{-6}$$

o sea que las probabilidades de falla en 1 hora de funcionamiento del conjunto o sistema son 90 millonésimos.

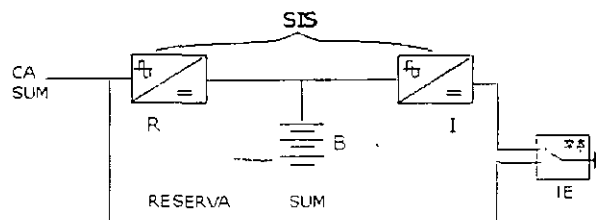
$$\text{TNEF} = \frac{1}{\lambda_T} = \frac{1}{90 \times 10^{-6}} = 11.111 \text{ h}$$

o sean 15.22 meses = 1.3

Esto nos da una idea de la confiabilidad de un equipo similar.

En el caso de varias unidades de SPI combinados la confiabilidad resulta muy alta y esto podría calcularse en base a las partes comunes y las propias del sistema y la sola adición de la línea de reserva e interruptor estático aumenta más del doble dicha confiabilidad.

Viendo la figura 8, la línea de reserva se marca SUM y un interruptor estático IE con lo cual se logra la confiabilidad antes señalada.



$$\lambda_T = \frac{1}{\lambda_{SIS}} + \frac{1}{\lambda_{SIS}} + \frac{1}{\lambda_{SIS}} + \frac{1}{\lambda_{SIS}} + \frac{1}{\text{TMDRSIS}} + \lambda_{IE}$$

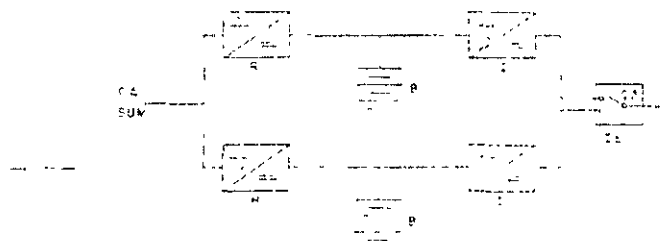
Calculando
TMEF para:

operación monofásica
operación trifásica

TMEF
50 000
36 000

Fig. 8

Con dos unidades o sistema redundantes y un interruptor estático la confiabilidad nuevamente se incrementa aún más (Ver Fig. 9).



$$\lambda_T = \left[\frac{2}{\lambda_{SIS}} + \left(\frac{1}{\lambda_{SIS}} \right)^2 - \frac{1}{TMDRSIS} \right]^{-1} + \lambda_{IE}$$

Calculando TMEF para:

| | |
|----------------------|----------|
| operación monofásica | 99 500 h |
| operación trifásica | 66 000 h |

Fig. 9

Como se ve, para cargas muy críticas, podemos mencionar el rastreo y control remoto de satélites o naves tripuladas, donde una interrupción de energía o una forma de onda anormal podrían introducir errores que llevarían a resultados fatales en la misión planeada al salirse de órbita o perderse su control.

Después de revisar someramente los equipos usuales, podemos analizar las características de los equipos actuales. Por ejemplo:

La forma de operar de un equipo como un UPS o una computadora, tan sofisticado como en la actualidad lo permiten los adelantos electrónicos, da lugar a tener aparatos o sistemas estáticos muy confiables, de alta eficiencia, inteligentes y fáciles de operar y protegerse; avisar detalles que ponen en peligro la información o la operación, etc., así como alta seguridad para las personas, para los equipos mismos y los resultados, además de ser silenciosos. Todo esto puede además monitorearse y/o ajustarse a través de MODEM y líneas telefónicas y con un Puerto RS 232.

Por lo que respecta a su instalación, cabe hacer notar que en equipos con cargas NO LINEALES, como los circuitos modernos, la instalación del NEUTRO, requiere una particular atención.

Por causa de las armónicas impares, especialmente los múltiplos de 3, se tiene que dimensionar el calibre del NEUTRO hasta en 1.73 veces la corriente normal por fase de la carga NO LINEAL.

Esto se debe a que aún con cargas balanceadas las armónicas impares múltiplos de 3 se suman y regresan por el NEUTRO, pudiendo llegar a esos valores.

En el Reglamento para Instalaciones y el N.E.C., aparece ya este requisito.

Por otra parte, debe considerarse que las plantas de emergencia que alimentan un SPI (UPS), computadoras, rectificadores, “dimmers”, etc., con cargas NO LINEALES, deben sobredimensionarse por causas de las armónicas y para estabilidad de la operación.

Se recomienda que por lo menos, el generador de la planta que alimenta Sistemas Ininterrumpibles de Potencia, sea de 1.5 a 2 veces como mínimo, aunque el motor primo sea el normal.

Sin embargo, si la planta eléctrica alimenta otras cargas y por ello el generador es mayor, no necesita aumentarse más que la diferencia. Ejemplo: Si el UPS es de 100 KVA pero hay cargas de emergencia de otros 40 ó 60 KVA, el generador puede ser de 150 ó 160 KVA, siempre y cuando no se requiera sobredimensionarlo por causa de arranque de motores u otras razones.

Por lo que respecta al Regulador de Voltaje del generador de la planta, éste debe ser de características especiales para que no se descontrole con las señales provenientes de los alimentadores, cuando éstos tienen una carga NO LINEAL que provoca “ruido” eléctrico y contamina el disparo de los SCRS.

Si un regulador normal se “aloca”, puede provocar sobre-voltajes de 150 ó 200% que perjudican a la carga misma.

Por esta razón será INDISPENSABLE un regulador de amplificación magnética o similar o filtros adecuados en el circuito sensor pues tanto el equipo generador como el alimentado, pueden perjudicarse.

C” INVERSORES (IPS)

Con la misma idea de funcionamiento de los SIP (Sistemas Ininterrumpibles de Potencia), (UPS), los Inversores o IPS resultan una solución menos costosa y de más prolongado respaldo para dar energía eléctrica ante las fallas de suministro que se presentan y sin la sofisticación propia de aquellos equipos que como UPS buscan no solo cubrir la falta de energía sino una protección y serie de avisos como el estado de carga de las baterías y envío de señales para cerrar cálculos en una computadora u otros equipos y evitar pérdidas de datos antes de apagarse.

En los IPS que son menos sofisticados pero mas robustos, se diseña el equipo para aceptar cargas y transientes como los arranques de motores de un refrigerador o bomba de agua, aspiradoras, etc., además de equipos tan potentes como un horno de microondas.

Generalmente su potencia es relativamente pequeña 500 a 5000 W., pero por ahora son equipos monofásicos y su utilización es principalmente doméstica o para pequeños talleres, oficinas, consultorios, etc., pero pueden sostener el servicio eléctrico por varios minutos u horas, según el tamaño de las baterías que lo soportan.

En el cálculo del tiempo de respaldo de baterías, podemos poner el siguiente ejemplo

| CONSUMO | TIPO DE ENSERES COMUNES EN EL HOGAR |
|----------|-------------------------------------|
| 60-100 W | Bombillas o focos |
| 100-125 | Computadoras. |
| 200 | Televisor a color |
| 400 | Batidora o Licuadora. |
| 600 | Refrigerador. |
| 1200 | Horno de Microondas. |
| 800 | Operador eléctrico de puertas |

Considerando que el IPS tenga una eficiencia aproximada de 85%, se necesitan 700 Watts de Batería para cubrir 600 W de consumo, al convertir la corriente directa en corriente alterna.

Por otra parte, un alto nivel de potencia reduce la eficiencia del equipo, debido principalmente a las resistencias internas del equipo, así como de las propias baterías. Por tanto, las pérdidas a 2000 Watts van a ser 4 veces mayores que a 1000 Watts.

Por lo anterior se recomienda reducir preferentemente los consumos a un 60 o 75% de la capacidad total.

Tomando como ejemplo de cálculo:

- a.) Un refrigerador operando c/20 minutos o sea 8 horas /día con un consumo de 600 W., $600 \times 8 \text{ hs.} / 1000 = 4.8 \text{ Kw - hr.}$

b.) Televisor a color 200 W x 2 hrs/1000 = 0.4 Kw -hr.

c.) Microondas 1200 W x 15 min. $\frac{1200 \text{ W} \times 15 \text{ min} (1 \text{ hr}/60\text{min})}{1000} = 0.300 \text{ Kw - hr}$

d.) Batidora 800 W x 15 min (1 hr/60min)/1000 = 0.200 Kw - hr.

e.) 5 focos x 60 w x 5 hrs/1000 = 1.5 Kw - hr.

f.) Un operador eléctrico de puertas 800 x 8 x 15 seg x (1hr/3600 seg)/1000 = 0.026 Kw - hr.

Consumo total

| | |
|----------------------|-----------------------|
| a.) Refrigerador | 4.8 Kw - hr. |
| b.) Televisor | 0.4 Kw - hr. |
| c.) Microondas | 0.3 Kw - hr. |
| d.) Batidora | 0.2 Kw - hr.. |
| e.) Focos | 1.5 Kw - hr, |
| f.) Operador Puertas | <u>0.026</u> Kw - hr. |
| g.) | 7.226 Kw - hr. |

Como se ve, el mayor consumo es el del refrigerador por el tiempo que está operando en el transcurso del día, en cambio el microondas que es la mayor carga momentánea, solo opera unos minutos en el día y un operador de puertas eléctricas que solo opera por segundos, consume muy poca energía.

h.) Aplicando la eficiencia al consumo (85%) se requiere 8.62 Kw - hr./ día.

Si suministramos un banco de 4 baterías de 12 V y 225 Amh c/u.

Energía = V x Amh = 4 x 12 x 225 = 10800 /1000 = 10.8 Kw -hr.

Con esta batería, podemos cubrir no solo 24 hrs. del consumo calculado, sino 30 hrs. dentro de lo cual debemos cuidar principalmente el consumo del refrigerador, procurando no tenerlo abierto demasiado tiempo.

Si el IPS se utiliza solo en emergencias cortas, su batería puede ser relativamente pequeña.

Si el IPS va a utilizarse en una camioneta para "Camping" u otra aplicación similar, es conveniente prever alguna forma de recuperar la carga de la batería como podría ser, el mismo alternador de la camioneta.

Igualmente en alguna casa de campo, podrían usarse celdas fotovoltaicas o un cargador eólico, pero como no siempre hay viento o puede estar nublado con poca luz de día, debe preverse una batería mayor o una pequeña planta eléctrica.

D) SISTEMAS DE CO-GENERACION, "TOTAL ENERGY" Y "NO BREAK" INDUSTRIAL.

Estos sistemas buscan resolver problemas de generación eléctrica a nivel industrial, con fines económicos o de estabilidad y/o aseguramiento de la calidad del producto, etc.

Generalmente se busca generar energía eléctrica y tener algún subproducto adicional o viceversa

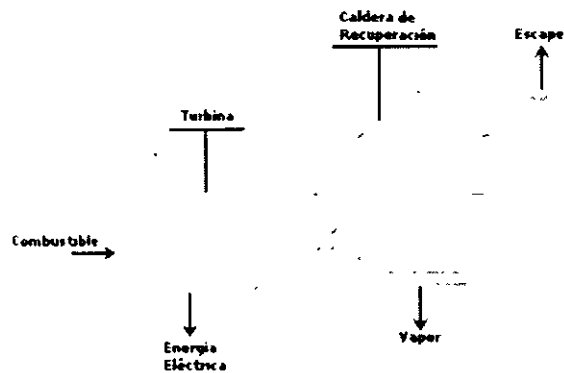


Fig. 10

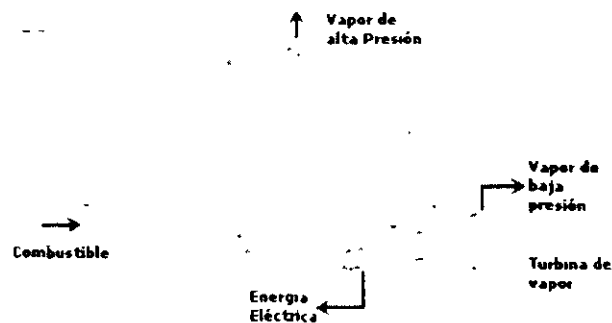


Fig. 11

Dado que la generación eléctrica de vapor puede tener demandas diferentes en los procesos, generalmente se cuenta con un respaldo eléctrico parcial a través de la empresa pública y también se cuenta con caldera o quemadores adicionales para suplir la falla en vapor o calor, etc.

Ante estas condiciones se busca que los procesos más importantes tengan como alimentación principal la propia generación y como emergencia a la compañía suministradora mediante circuitos de transferencia automáticos. (Ver Fig., 12).

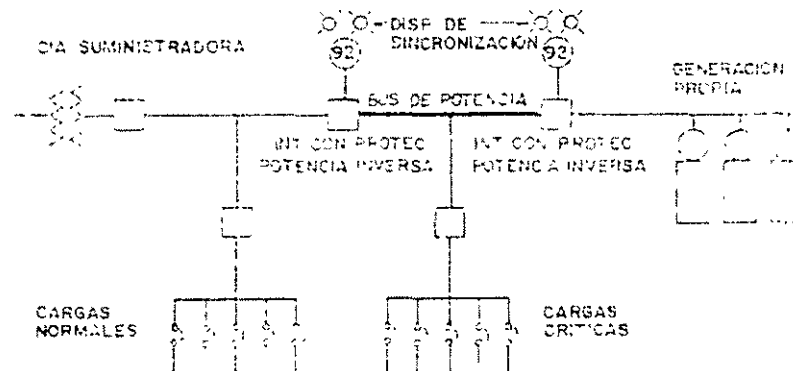


Fig. 12

Ante una situación como se describe, la carga crítica puede funcionar sin interrupción como con un SPI ya que, al fallar energía en el suministro normal, éste se desconecta automáticamente del Bus de potencia constante y lo mismo, al fallar la generación propia se desconecta su interruptor dejando las cargas críticas alimentadas con la compañía suministradora.

4. CALCULO PARA SELECCIÓN.

Primeramente se necesita seleccionar cuidadosamente las cargas que conviene incluir en el sistema de 1^a., 2^a., ó 3^a., etc., emergencias tomando en cuenta que la inversión necesaria en cada caso tiene costos muy diferentes.

Un equipo "No Break" por ejemplo, tiene aproximadamente un precio 5 veces mayor que una planta de emergencia y mientras el primero sostiene la carga aproximadamente 20 minutos, la planta puede usarse varias horas y hasta días.

Por lo anterior, es indispensable seleccionar los equipos que verdaderamente requieren una alimentación ininterrumpible y luego, proteger este equipo y las demás cargas críticas, con una planta de emergencia.

La instalación proyectada debe estar preparada para esta serie de circuitos.

Cabe considerar que cuando las cargas en emergencia incluyen motores grandes, conviene analizar si se separan el "NO BREAK" y algunas cargas ligeras en una planta y los motores y/o cargas pesadas en otra, ya que el equipo de SIP requiere frecuencia y voltaje lo más estable posible y el arranque de motores causa caídas de voltaje y frecuencia importantes.

Por lo que respecta al cálculo de la capacidad necesaria para la planta de emergencia, además de las consideraciones que se hicieron en el párrafo 3, en cuanto a características, se deben cuantificar, primeramente los motores que deben arrancar en emergencia ya que el pico de carga inicial se eleva a 5 veces la carga normal y esto provoca en la planta eléctrica una doble reacción: La frecuencia eléctrica se cae al bajarse la velocidad aproximadamente en 1 a 3% según capacidad y, la tensión eléctrica puede caer un 20 a 25% en ese momento o más, dependiendo del tamaño del motor o motores que arranquen simultáneamente.

Al final se presenta una tabla en la que se enlistan las capacidades de planta eléctrica recomendables para absorber el pico de carga de arranque de motores para un valor predeterminado de caída de voltaje.

En esta misma tabla aparecen datos para arranques a voltaje reducido, lo cual no solo beneficia la condición anterior, sino que resulta más barato este equipo que la diferencia en tamaño de planta que se requería si no se usara.

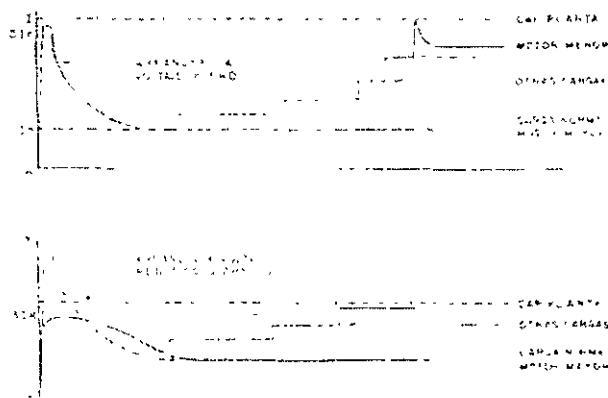


Fig. 13

Conviene si es posible, que el motor más grande arranque primero, ya que eso determina la capacidad de la planta, aunque después, el consumo del mismo sea $1/5$ aproximadamente de lo que demanda en el inicio.

Un arrancador magnético a tensión reducida disminuye esa capacidad de la planta y resulta más económico, (aproximadamente 65% del precio). (ver Fig.

Los motores chicos pueden arrancar a tensión plena, pero si son varios y éstos arranca simultáneamente, suman su capacidad como si fuera uno grande, igual a la suma de capacidades.

Para estos casos es conveniente diferir los arranques manual o automáticamente.

COMPONENTES DE UNA PLANTA ELECTRICA

Para conocer los equipos que vamos a seleccionar comenzaremos con las Plantas Eléctricas.

Una Planta Eléctrica, consta de las siguientes partes principales:

- a) Motor primo,
 - b) Generador,
 - c) Controles e Interruptor General,
 - d) Interruptor de Transferencia o doble tiro, y
 - e) Accesorios.
- a) El Motor Primo puede ser cualquier elemento que entregue energía mecánica adecuada al generador, pero entre los principales, para el presente trabajo, consideramos los siguientes con fines de emergencia:
- Motor a gasolina
 - Motor diesel
 - Motor a gas
 - Turbina de gases
- b) El Generador Eléctrico es, generalmente, un alternador de 2, 4 ó 6 polos, dependiendo de la velocidad escogida para la mejor operación del motor primo.

En motores de gasolina, con potencias relativamente bajas, comunmente se usa una velocidad de operación de 3000 a 3600 RPM (50 ó 60 Hz, respectivamente), o sea la velocidad síncrona correspondiente a un generador de 2 polos.

En el caso de turbinas de gases y, dada su alta velocidad de operación, también se usan generadores de 2 polos.

La potencia en este último caso, es relativamente alta.

En aplicación para equipos de aviación, generalmente se usa frecuencia de 400 Hz o sean 24000 RPM con 2 polos, 12000 RPM con generadores de 4 polos, 8000 con 6 polos, etc.

Esto permite el uso de equipo mas compacto.

(Para relacionar RPM y frecuencia con número de Polos, la fórmula es:

$$N = 120 f / P$$

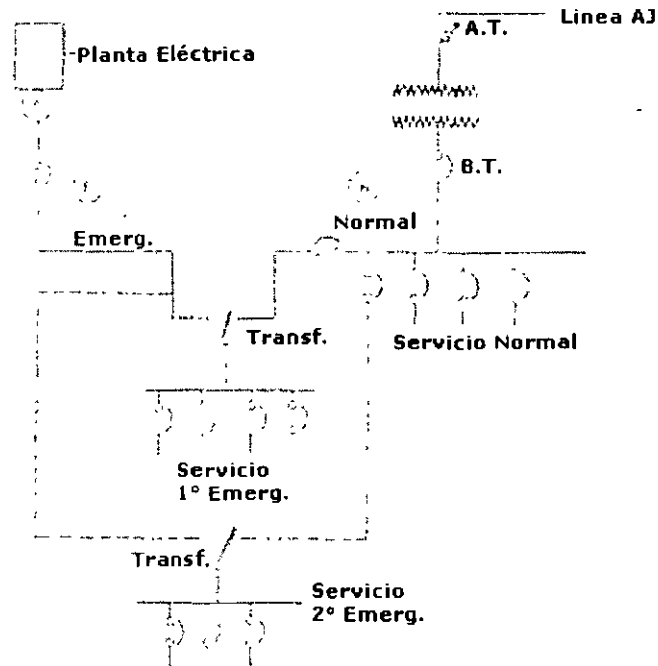


Fig. 14

Si una planta de emergencia tiene sistema automático de arranque y paro, no se concibe que el Interruptor de Doble Tiro sea manual y por consiguiente es necesario un Interruptor Automático de Transferencia que reconozca siempre una alimentación preferente.

Similarmente, si la planta es de operación manual no es necesario transferencia automática.

Sin embargo (Fig. 14) pueden usarse combinaciones de transferencias automáticas y manuales. En aplicaciones de motor diesel, la velocidad común es de 1800 RPM o sean 4 polos en el generador, pero para aplicaciones de servicio continuo, se recomienda el uso de generadores de 6 u 8 polos, o sean 1200 RPM ó 900 RPM respectivamente. para que el desgaste de sus elementos se reduzca en proporción y la vida útil de la máquina se prolongue. Esto, sin embargo, repercute en una pérdida casi linealmente proporcional de la potencia del motor.

Ver gráfica de Pot. (Fig. 13).

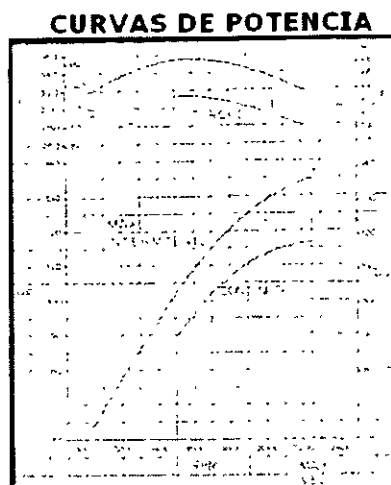


Fig. 15

Por lo mismo, debe tenerse especial cuidado en la selección del equipo, para que corresponda a la mejor inversión, de acuerdo con su aplicación.

También cabe señalar que, a igualdad de velocidad, la potencia que se puede sacar a una máquina en servicio continuo es entre 85% y 90% de la correspondiente a aplicaciones de emergencia o con cargas intermitentes, dado que, el calentamiento y desgaste por períodos prolongados reduce considerablemente la vida del motor.

| GENERADORES COMPACTOS | | TABLA I POTENCIA EN HP DEL MOTOR MAYOR QUE SE PUEDE ARRANCAR SIN EXCEDER UNA DETERMINADA C'DE VOLT | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|--|--------------------------|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------|--------------------------|
| KVA | KW | 5% DE CAIDA DE VOLTAGE | | | | 15% DE CAIDA DE VOLTAGE | | | | 40% DE CAIDA DE VOLTAGE | | | |
| | | ARRANQUE A PLENO VOLTAGE | ARRANQUE CON COMPENSADOR | | ARRANQUE CON RESISTENCIA | ARRANQUE A PLENO VOLTAGE | ARRANQUE CON COMPENSADOR | | ARRANQUE CON RESISTENCIA | ARRANQUE A PLENO VOLTAGE | ARRANQUE CON COMPENSADOR | | ARRANQUE CON RESISTENCIA |
| | | | 80% | 65% | | | 80% | 65% | | | 80% | 65% | |
| 3.75 | 3 | - | - | - | - | - | 1 | 1.5 | - | 1 | 1.5 | 2 | - |
| 6.25 | 5 | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 9.4 | 7.5 | - | - | - | 2 | 1.5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 2 |
| 12.5 | 10 | - | - | - | 2 | 1.5 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5 | 7.5 | 2 |
| 19.7 | 15 | - | - | 1 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 12.5 | 3 |
| 26.0 | 20 | - | - | 1.5 | 5 | 3 | 5 | 10 | 5 | 5 | 10 | 15 | 5 |
| 31.3 | 25 | 1 | 1.5 | 2 | 5 | 5 | 7.5 | 10 | 5 | 7.5 | 12.5 | 15 | 5 |
| 37.5 | 30 | 1 | 1.5 | 2 | 7.5 | 5 | 10 | 15 | 7.5 | 10 | 15 | 20 | 7.5 |
| 50 | 40 | 1.5 | 2 | 3 | 10 | 7.5 | 12.5 | 20 | 10 | 12.5 | 20 | 30 | 10 |
| 62.5 | 50 | 2 | 3 | 3 | 12.5 | 10 | 15 | 25 | 12.5 | 15 | 25 | 30 | 12.5 |
| 75 | 60 | 2 | 3 | 5 | 15 | 12.5 | 20 | 25 | 15 | 20 | 30 | 40 | 15 |
| 93.8 | 75 | 3 | 3 | 5 | 20 | 15 | 20 | 30 | 20 | 25 | 30 | 50 | 20 |
| 125 | 100 | 3 | 5 | 7.5 | 25 | 20 | 30 | 40 | 25 | 30 | 50 | 75 | 25 |
| 156 | 125 | 5 | 7.5 | 10 | 30 | 25 | 40 | 60 | 30 | 40 | 60 | 75 | 30 |
| 187 | 150 | 5 | 7.5 | 12.5 | 40 | 30 | 50 | 75 | 40 | 50 | 75 | 100 | 40 |

Fig. 16

| TABLA 2 CORRIENTE Y POTENCIA APROX QUE TOMAN LOS MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA | | | | | | | | |
|---|--------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|--|--------|--|--------|
| POTENCIA EN H.P. | CARGA DURANTE EL TRABAJO | | | | CARGA EN EL ARRANQUE EN EL VOLTAJE COMPLETO | | | |
| | KVA A PLENA CARGA | KVA A PLENA CARGA | AMPERS A PLENA CARGA | | MOTOR MONOFASICO TIPO DE REPULSION E INDUCCION | | MOTOR TRIFASICO DE PAR DE ARRANQUE NORMAL Y KVA NORMALES DE ARRANQUE | |
| | | | MOTOR MONOFASICO | MOTOR TRIFASICO | KVA | AMPERS | KVA | AMPERS |
| 1/2 | .5 | 8 | 3.5 | 2.1 | 2.8 | 12.5 | | |
| 1 | 1.0 | 14 | 8.5 | 3.7 | 4.5 | 20 | 7.7 | 20 |
| 2 | 1.9 | 24 | 11.0 | 6.3 | 9.0 | 41 | 12.6 | 33 |
| 3 | 2.8 | 37 | 17.0 | 9.7 | 12.5 | 56 | 17.0 | 45 |
| 5 | 4.5 | 60 | 27 | 15.6 | 20.0 | 90 | 29.8 | 78 |
| 7 1/2 | 6.6 | 81 | 37 | 21 | 28.0 | 140 | 43 | 112 |
| 10 | 8.8 | 110 | 50 | 29 | 37.0 | 167 | 55 | 144 |
| 15 | 13.0 | 150 | | 39 | | | 83 | 220 |
| 20 | 17.2 | 200 | | 52 | | | 110 | 290 |
| 25 | 21.4 | 245 | | 64 | | | 135 | 352 |
| 30 | 25.5 | 290 | | 76 | | | 160 | 420 |
| 40 | 33.8 | 394 | | 103 | | | 217 | 570 |
| 50 | 42.2 | 478 | | 125 | | | 264 | 690 |
| 60 | 50.0 | 593 | | 156 | | | 326 | 850 |
| 75 | 62.5 | 710 | | 186 | | | 390 | 1020 |
| 100 | 83.0 | 930 | | 244 | | | 511 | 1340 |

Fig. 17

NOTAS SOBRE LA TABLA No. 1

Cuando se desea una buena calidad del servicio eléctrico, la caída de tensión durante el arranque de motores debe restringirse a 5% o menos, más de 5%, principalmente en alumbrado incandescente, es un grave inconveniente, aunque sea poco frecuente.

En donde las fluctuaciones de luz no sean tan importantes puede tolerarse hasta un 25% de caída de voltaje durante el arranque de un motor. Más allá de este límite, cuando hay otros arrancadores y/o contactores magnéticos y relés de protección por bajo voltaje funcionando, van a desconectarse al llegar a menos del 75% del voltaje de suministro dando como resultado que debe iniciarse todos los arranques nuevamente.

En donde el arranque de un motor grande es el único factor para tomarse en cuenta, puede tolerarse hasta 40% de caída de voltaje, siempre y cuando el arranque sea nominal o su bobina no esté en el mismo circuito o sea manual.

Los tamaños de motores en HP anotados en la tabla anterior, están basados en motores código F, que toman una corriente de arranque de 5.5 veces la corriente de trabajo a plena carga.

Al arrancar por medio de compensador o voltaje reducido, debe tomarse en cuenta que el par motor se reduce a 65%. Asegúrese de que estos pares de arranque sean suficientes para mover la carga.

La potencia en HP anotada en la columna de "Arranque con Resistencia" supone que posiblemente el motor no arranca hasta que toda la resistencia este fuera y que el voltaje del generador se ha restablecido antes de comenzar a girar el motor.

NOTAS SOBRE LA TABLA No. 2

MOTORES DE FASE PARTIDA.- Toman una corriente muy alta durante el arranque.

Multiplíquese por dos los valores de carga de arranque de Tabla dos.

MOTORES TIPO CAPACITOR.- Aumentándose en 25% los valores de KVA y corriente de arranque de la Tabla dos.

MOTORES TRIFASICOS.- Para motores del tipo de Alto Par de Arranque, redúzcanse en 25% los valores de KVA y corriente de la Tabla dos.

MOTORES CON ROTOR DEVANADO.- Los KVA de arranque son únicamente de 30 a 50% que los KVA de trabajo normal.

Los valores de corriente y los KVA de arranque de la Tabla dos, son para arranque directo sobre la línea (Voltaje completo).

En donde se usó resistencia de arranque o compensador, los KVA de arranque son de 50% o menos de los indicados en la tabla.

EJEMPLO DE UN CALCULO DE PLANTA ELECTRICA

EL RECUENTO DE CARGAS NOS DA:

| EQUIPO CARGAS RESISTIVAS: | CAP. MOT. | KW PARA ARRANQUE | | CARGA KW PERMANENTE |
|---|--------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| | | A VOLT. PLENO | A VOLT REDUCIDO | |
| Alumbrado Emergencia | - | - | - | 3 |
| Alumbrado Exterior | - | - | - | 2 |
| Contacto Emergencia | - | - | - | 2 |
| Resistencias y Calefactores | - | - | - | 10 |
| SUBTOTAL 1 | | | | <u>17</u> |
| MOTORES MENORES: (1 HP = 0.746/0.9 = 0.83 KW) | | | | |
| 4 Motores 0.25 HP (arranque simultáneo) | 4 x 0.25 | 5 | - | 4.15 |
| 1 Motor 2 HP (arranque diferido o simultáneo) | 2 | 10 | - | 8.3 |
| 1 Elevador Mot. 7.5 HP (normalmente arranque diferido) | 7.5 | 35 | - | 6.23 |
| SUBTOTAL 2 | | | | <u>18.68</u> |
| 1 MOTOR 20 HP (A pleno V) a (arranque a Volt. Red). | 20 | (100) | (40) | 16.60 |
| SUBTOTAL 3 | | | | <u>16.60</u> |

RESUMEN DE CARGAS:

Si no se planea el arranque de cargas combinadas, (resistivas y motores), pueden presentarse situaciones que van desde dificultades para arrancar, hasta detenerse la operación de la planta y pararse cuando precisamente hay una emergencia. Otra solución sería instalar una planta mayor con una inversión que puede no justificarse, pero además, después de los arranques se quedaría con una carga muy baja que provoca carbonización y rápido deterioro del motor.

En el ejemplo de Recuento de Cargas, debe recontarse todo lo que se alimenta simultáneamente o separar transferencias parciales con algún programador lo que resulta más barato y mejor.

Si sumamos el Sub Total No. 1 de cargas resistivas, con las cargas permanentes de los Sub Totales 2 y 3, tenemos $C = 17 + 18.68 + 16.6 = 52.27$ Kw o sea 34% de esa capacidad (demasiada poca carga).

Ejemplo 2.- Sub Total 2 igual pero Sub Total 3, a Voltaje reducido, $C = 17 + 50 + 40 = 107 \text{ Kw}$.

Ejemplo 3.- Si puede arrancarse primero a Voltaje pleno o reducido, el motor más grande, puede bajar más la capacidad dado que la carga estable de éste va a quedar primero, $C = 16.6 + 17 + 50 = 83.6 \text{ Kw}$.

Como se ve, programando los arranques y/o introduciendo arrancadores de Voltaje reducido puede seleccionarse una planta de 100 u 85 Kw en lugar de 167 Kw, con el consiguiente ahorro.

Cuando se puede aplicar, esta solución aunque requiere de equipos más complejos, resulta más barata que una planta mucho mayor.

EJEMPLO DE CÓMO SELECCIONAR EL MOTOR DIESEL

A la carga máxima requerida (80 KW) debe sumarse aproximadamente 5% para ventilador y bomba pero además, debe buscarse un motor que dé la capacidad requerida al nivel en que va a operar. Por ejemplo: Si se requiere en la Ciudad de México que está a 2,237 m.s.n.m. y la planta es de aspiración natural, el motor pierde aproximadamente 1% por cada 100 m.s.n.m. o sea cerca de 22.40 ($F = 0.7763$).

La capacidad nominal del motor será entonces:

$73.66 / 0.95 \times 0.7763 = 99.87 \text{ KW}$ y esto significa un motor $100/0.746 \times 0.9 = 150 \text{ HP}$ al freno nominales a 0 m.s.n.m.

El generador seguiría siendo de 80 KW.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

EXPOSITOR: ING. IGNACIO O. GONZALEZ CASTILLO
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003

DISPOSITIVO DE

PROTECCION PRINCIPAL (vs SOBRECORRIENTE).



OBJETIVO:

DESCONECTAR AUTOMATICAMENTE A LA INSTALACION SERVIDA DE LA RED DE SUMINISTRO CUANDO OCURRE UNA SOBRECORRIENTE

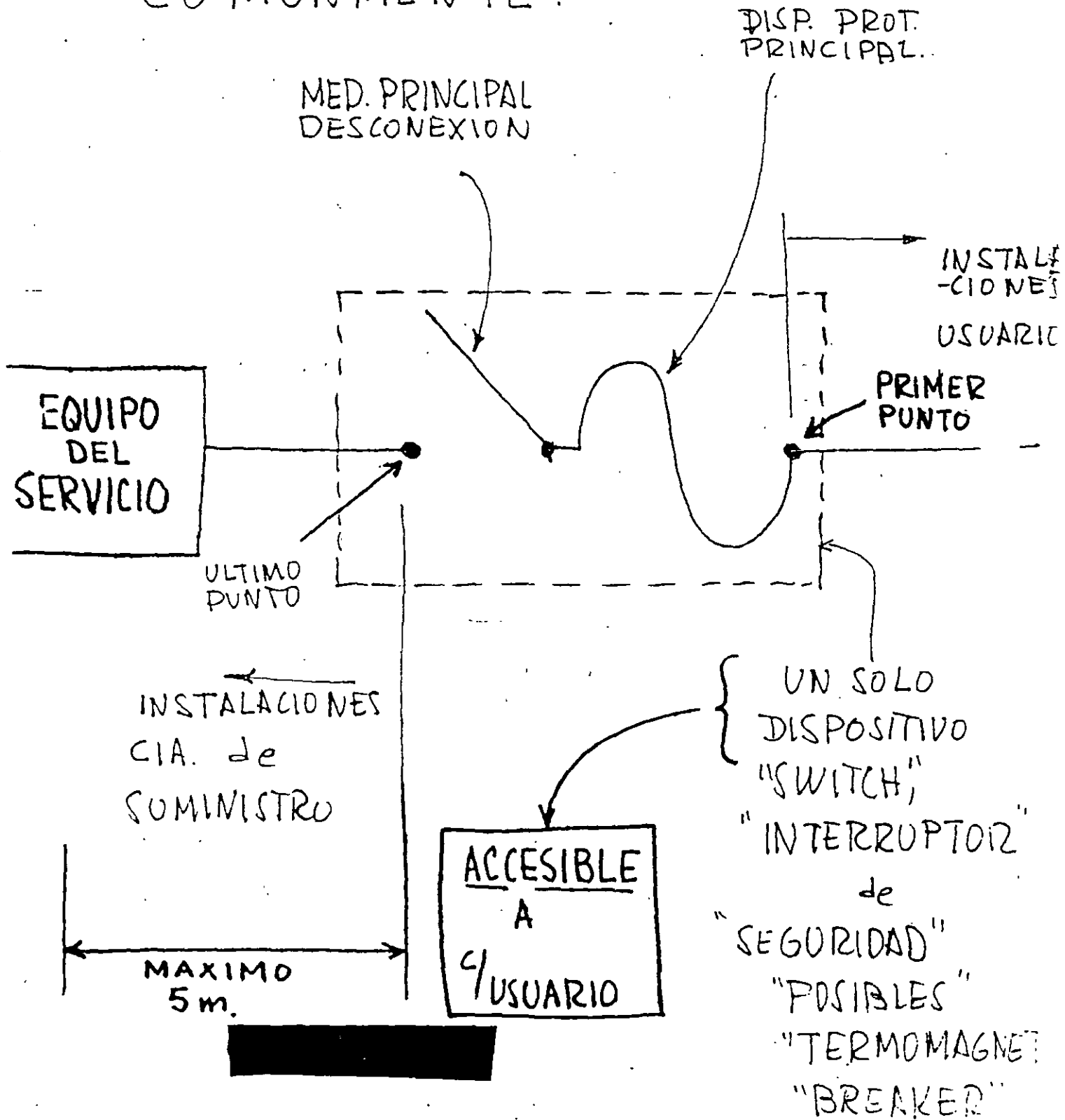
SOBRECORRIENTE :

$$I_{\text{CIRCULANTE}} > I_{\text{DISEÑO}}$$

CAPACIDAD INTERRUPTIVA

→ ADECUADA AL CORTO CIRCUITO MAXIMO POSIBLE

COMUNMENTE :



EQUIPO DEL SERVICIO

CARACTERÍSTICAS:



• DEL LOCAL:

- FACIL ACCESO A PERSONAL CFE
- LIBRE DE MATERIAL FACILMENTE INFLAMABLE
- DIMENSIONES QUE PERMITAN
 - INSTALAR
 - OPERAR
 - MANTENER
 - RETIRAR } CON "FACILIDAD
Y
SEGURIDAD"

• DEL EQUIPO

- PARTES "VIVAS" PROTEGIDAS CON CUBIERTAS (salvo acceso restringido)
- GABINETES CONECTADOS A TIERRA.

DISPOSITIVO DE DESCONEXION PRINCIPAL



OBJETIVO:

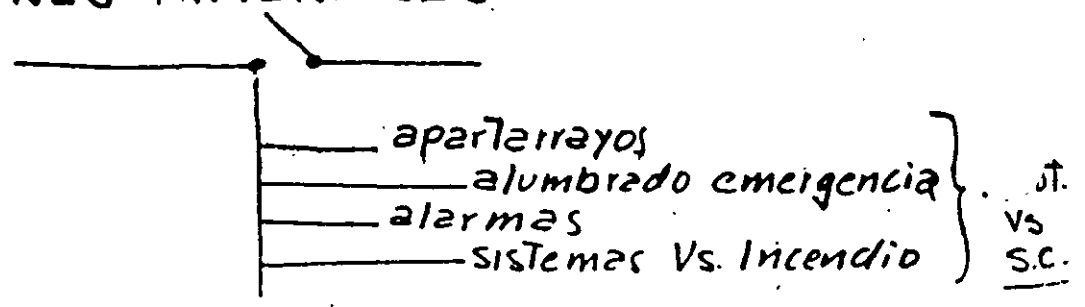
PODER INDEPENDIZAR

TOTALMENTE

A LA INSTALACION SERVIDA

CARACTERISTICAS:

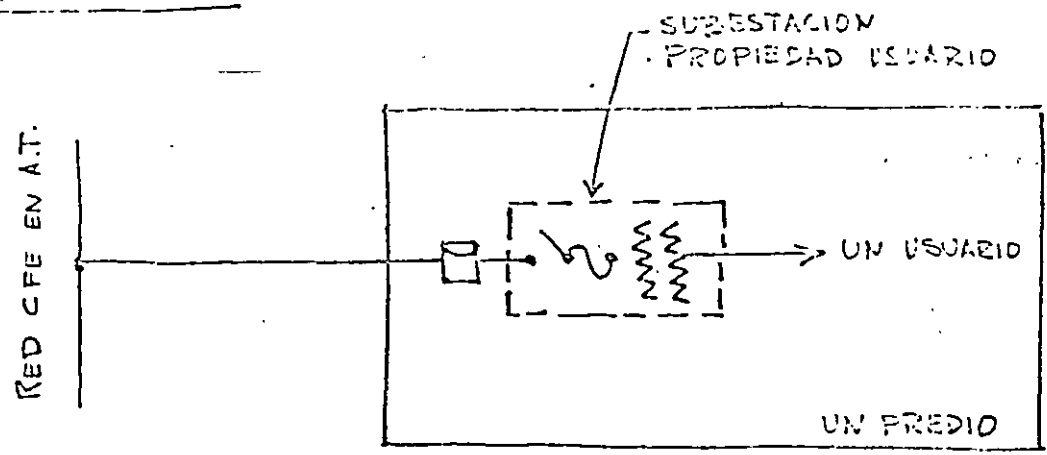
- INSTALADO DESPUES DEL EQ. DEL SERVICIO
- ADECUADO A TENSION DE SUMINISTRO
- CAPACIDAD SUFICIENTE PARA LA CARGA MAXIMA
- APERTURA SIMULTANEA Y MANUAL DE TODOS LOS CONDUCTORES ACTIVOS
- INDICACION DE POSICION CLARA.
- CONEXIONES ANTERIORES



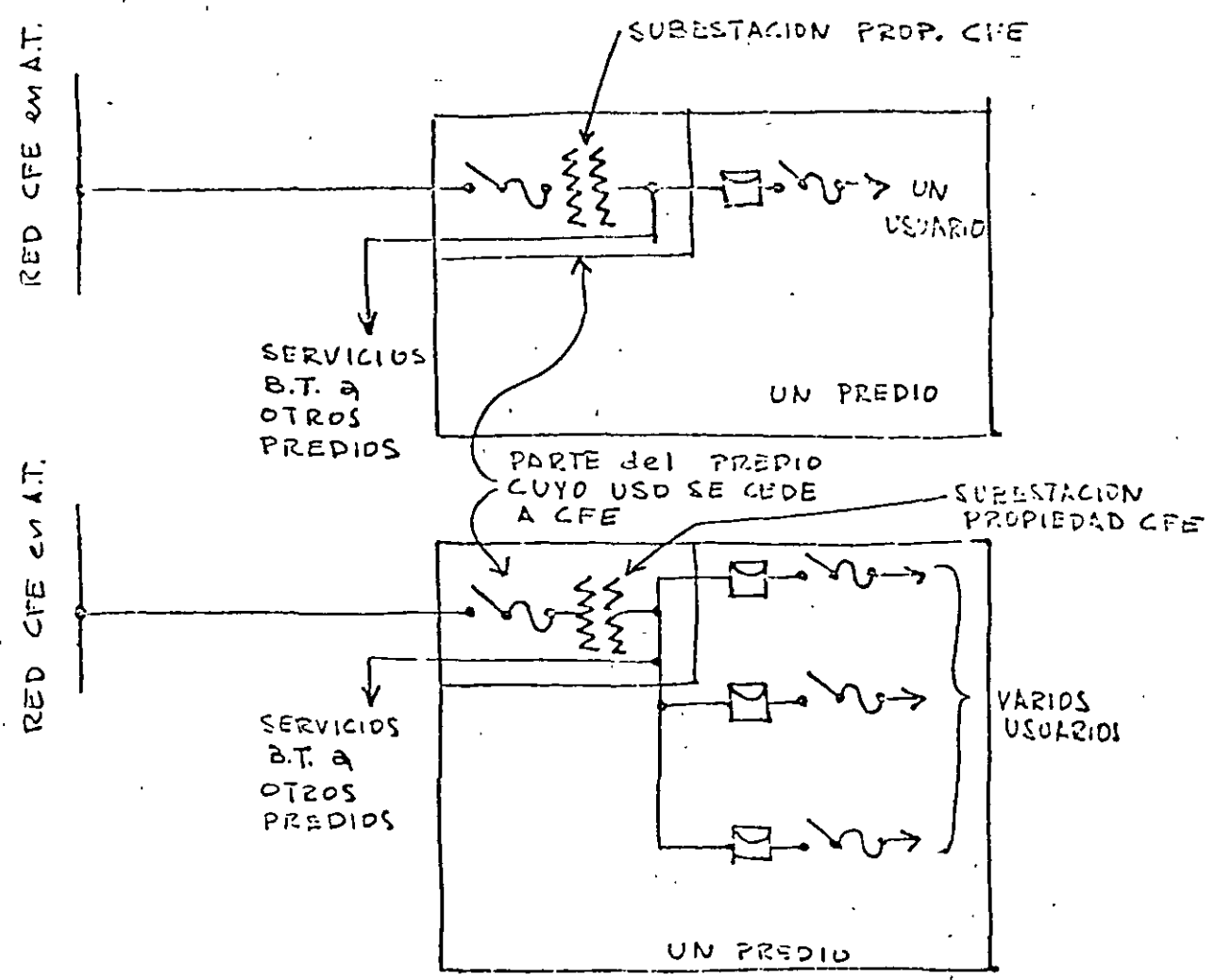
LINEA DE SERVICIO en A.T.

- 1) Para Servicio en Alta Tension.
- 2) Para Servicio en Baja Tension

1) SERVICIO en A.T.:-



2) SERVICIO en B.T.



EQUIPO DE SERVICIO

CONJUNTO DE APARATOS, PROPIEDAD DEL ORGANISMO SUMINISTRADOR, O BAJO SU CUIDADO, NECESARIOS PARA EL ADECUADO SUMINISTRO DEL SERVICIO, TAL COMO EQUIPO DE MEDICION, TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO Y GABINETES QUE LO CONTIENEN, CUCHILLAS AUXILIARES, ETC., QUE SE ENCUENTRAN INSTALADOS EN EL EXTREMO DE LA ACOMETIDA MAS PROXIMO AL SERVICIO

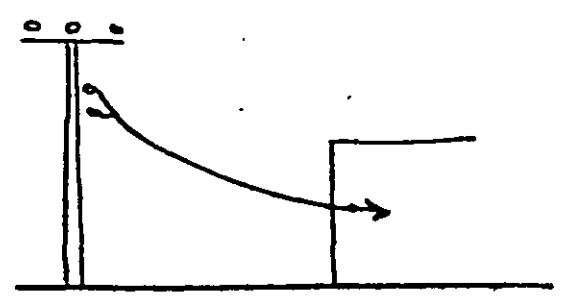


AÇOMETIDA

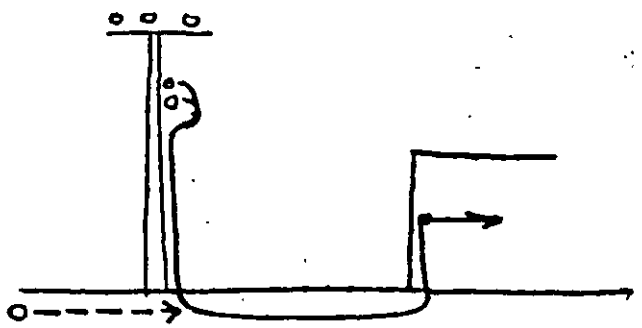
CLASIFICACION

- DE ACUERDO AL TIPO DE LINEA

• AEREA



• SUBTERRANEA



- DE ACUERDO A LA TENSION

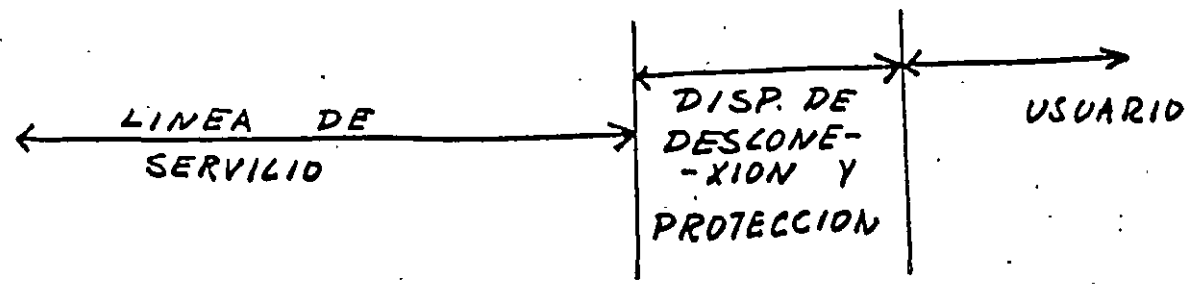
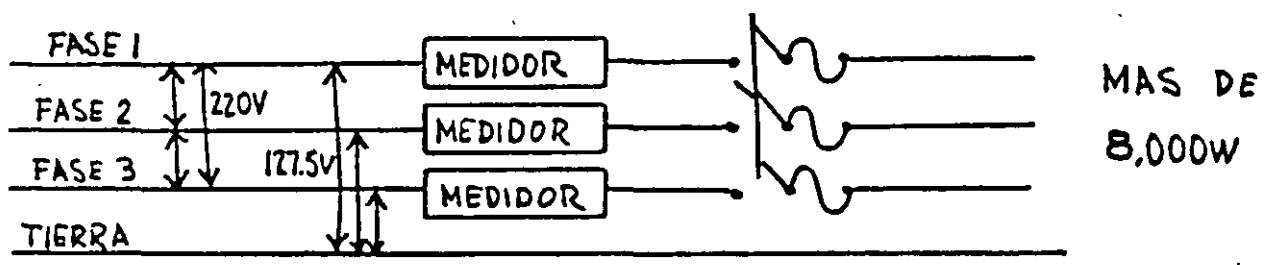
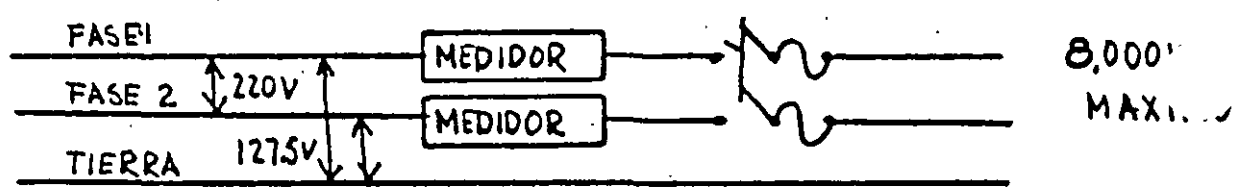
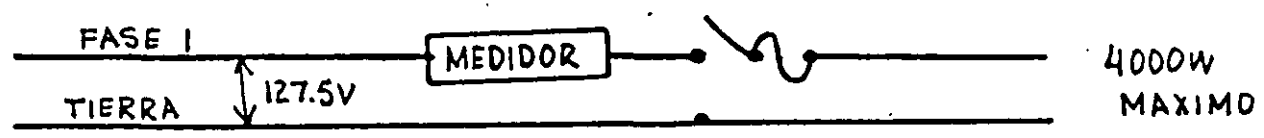
• BAJA TENSION

- 1 HC
- 2 HC
- 3 HC

• ALTA TENSION


- SERV. AT
- SERV. BT

LINEA DE SERVICIO EN BAJA TENSION



ACOMETIDA (LINEA de SERVICIO)

LOS CONDUCTORES QUE LIGAN LA RED DE DISTRIBUCION, DEL SISTEMA DE SUMINISTRO, CON EL PUNTO EN QUE SE CONECTA EL SERVICIO A LA INSTALACION DEL USUARIO.



ACOMETIDA


CARACTERISTICAS



- UNA SOLA POR INMUEBLE
(Caso General)



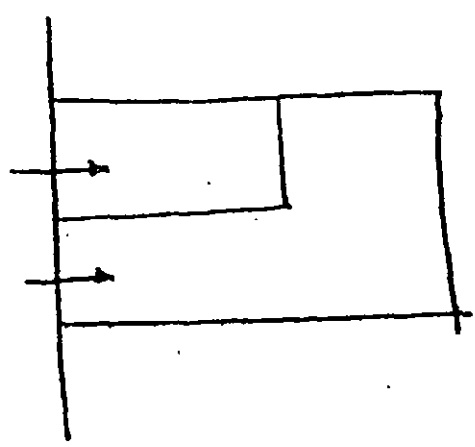
EXCEPCION:

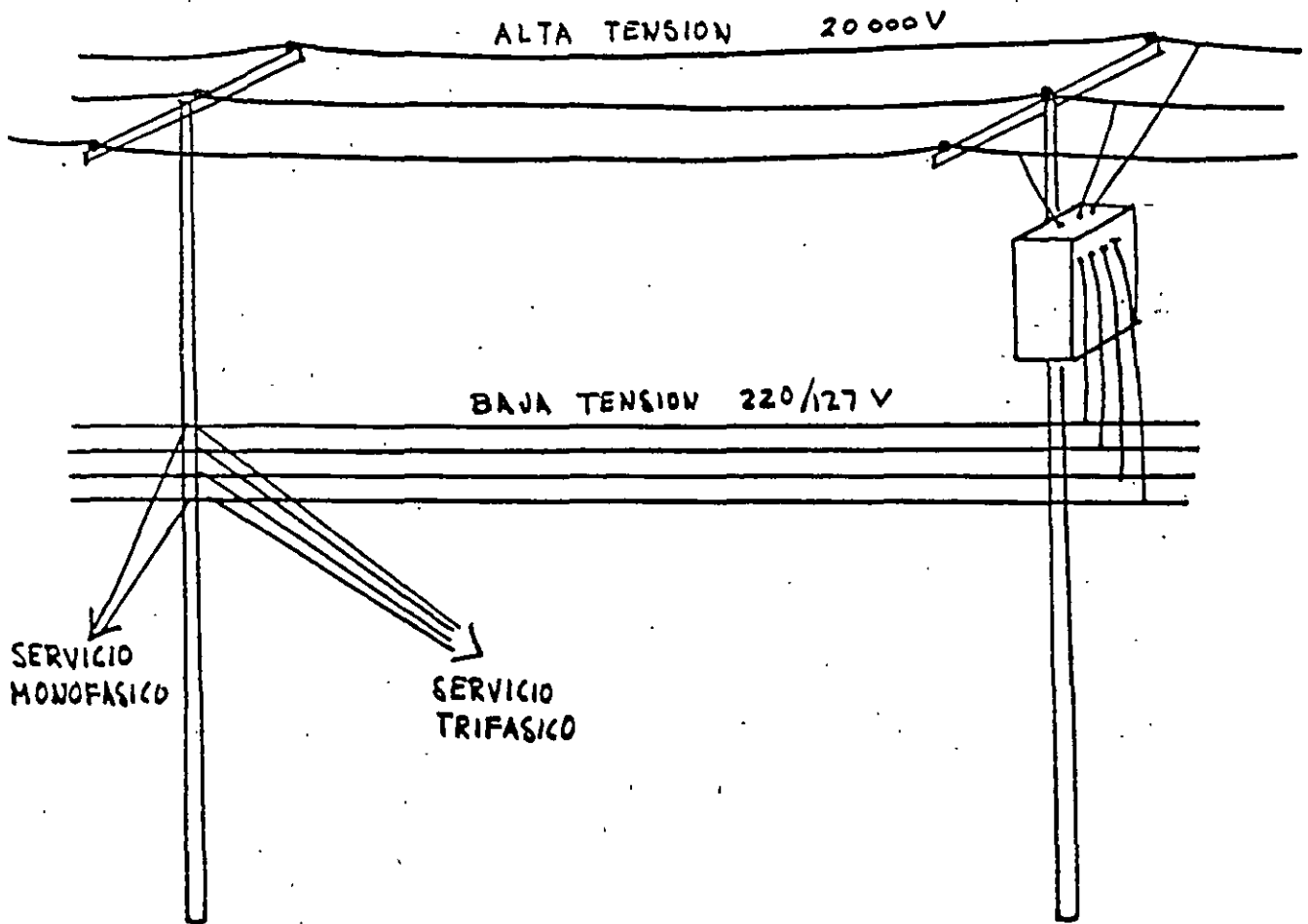
- ACUERDO CON 
- CFE

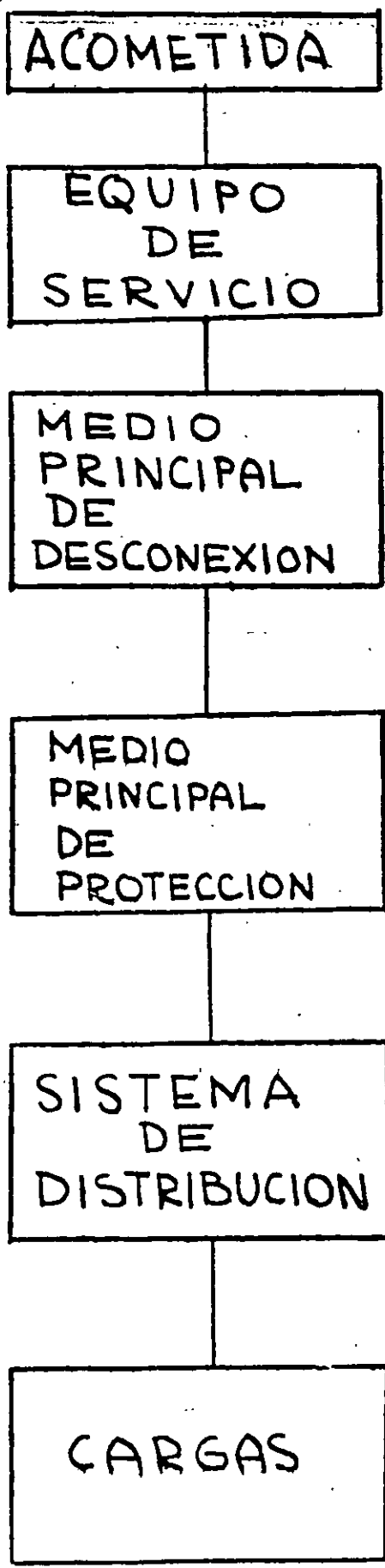
- CANALIZACION EXCLUSIVA

- NO PASAR POR OTRO INMUEBLE

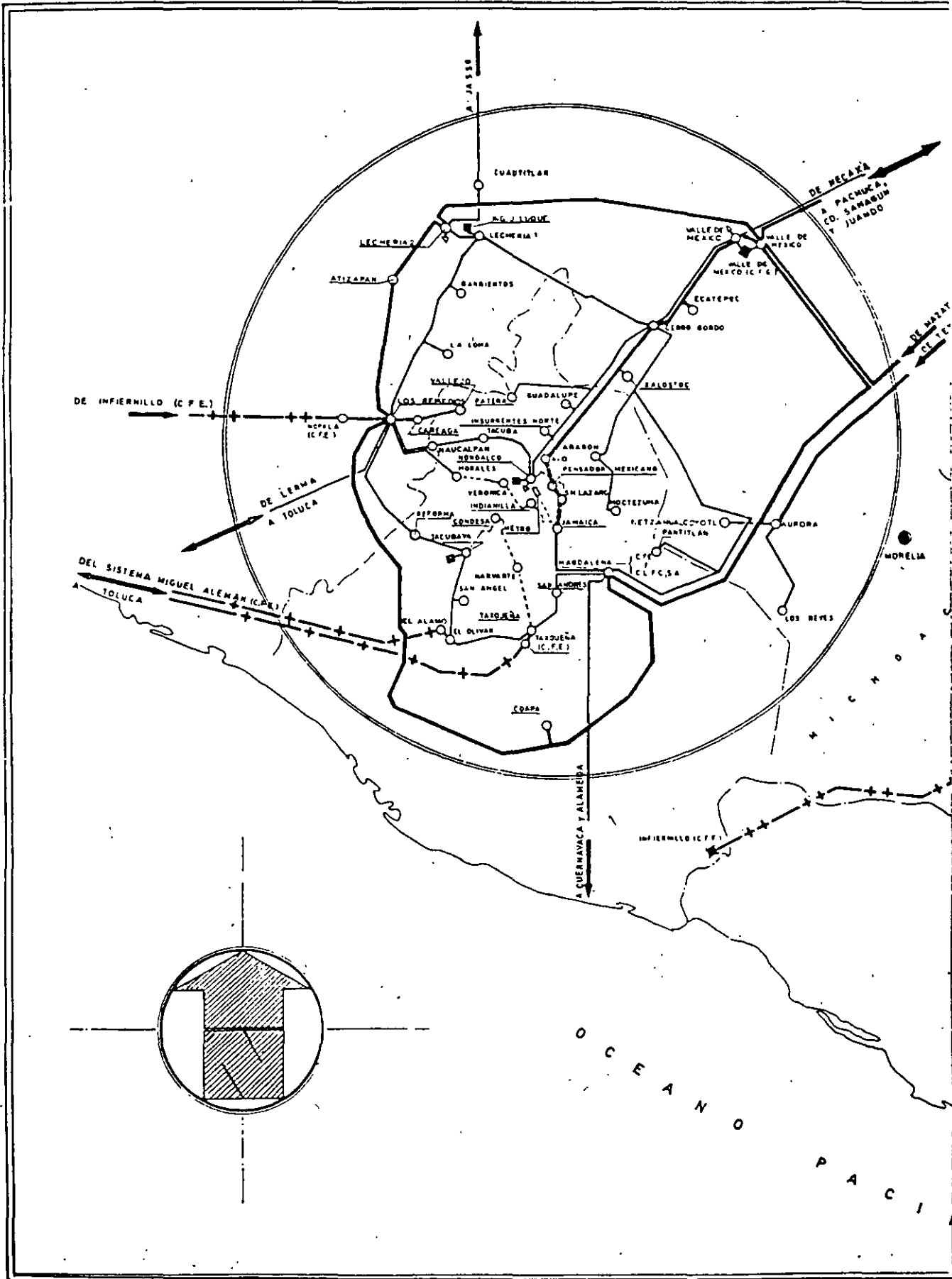
- ZONAS INDEPENDIENTES
(sin comunicacion)

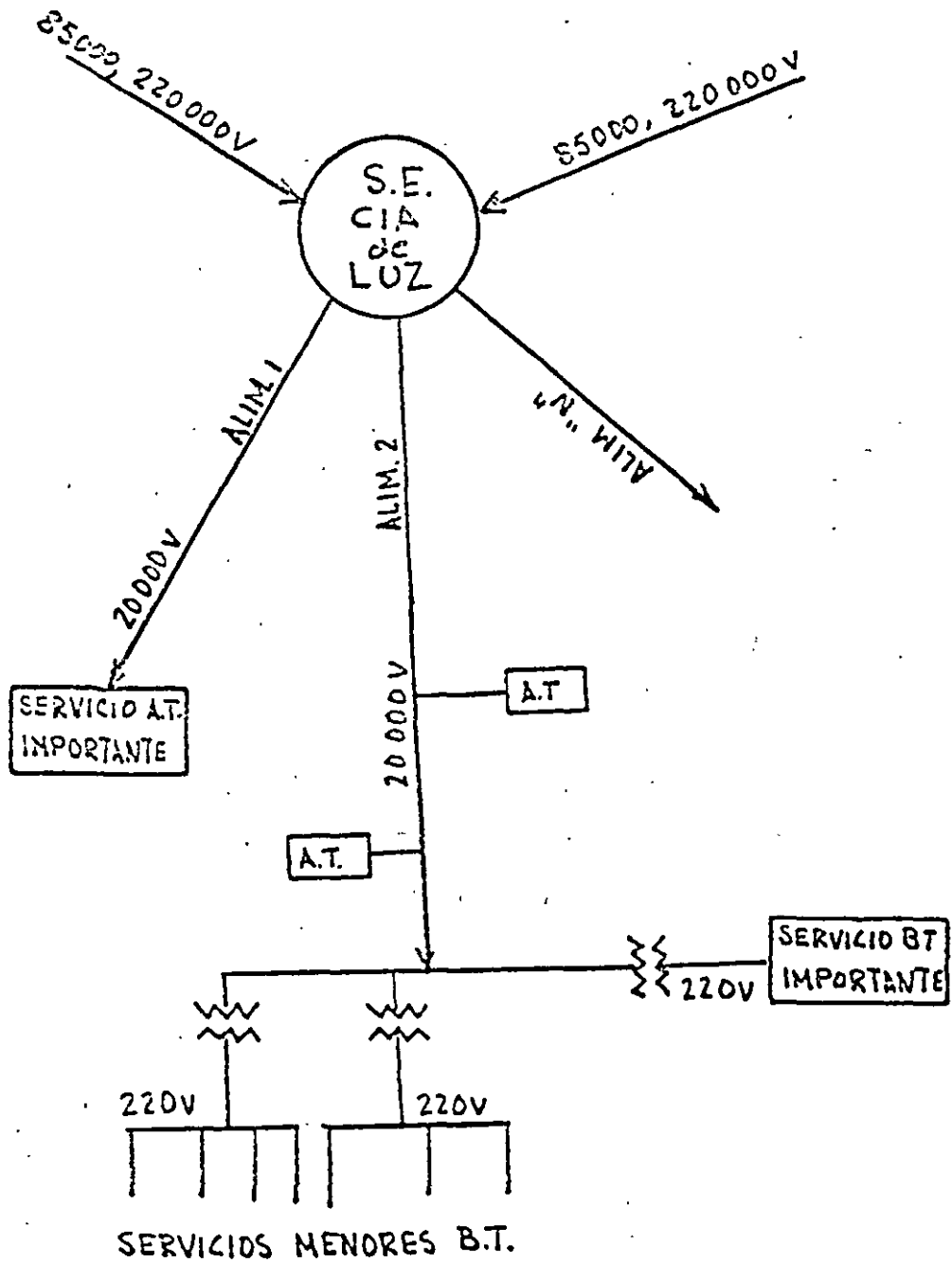


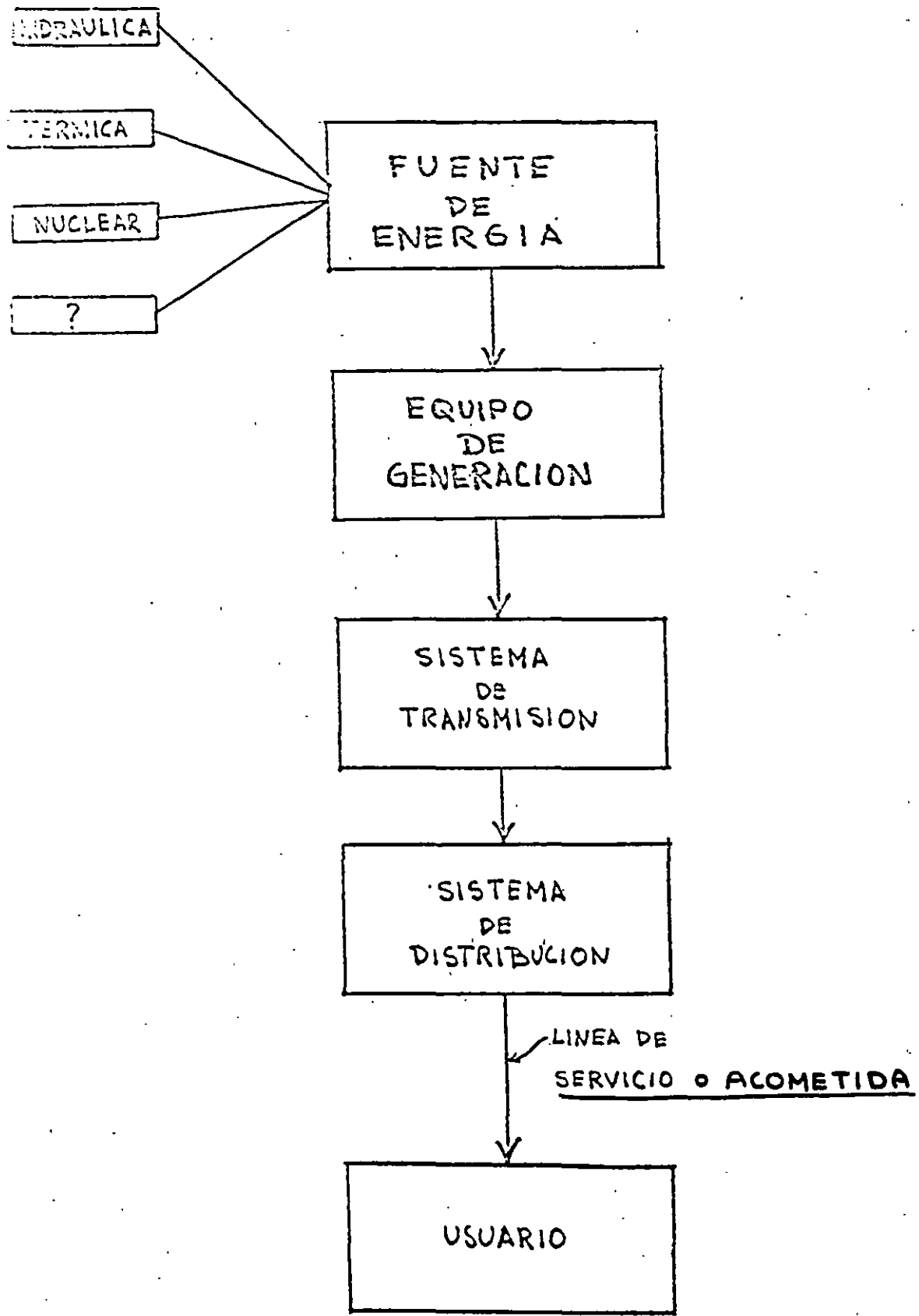




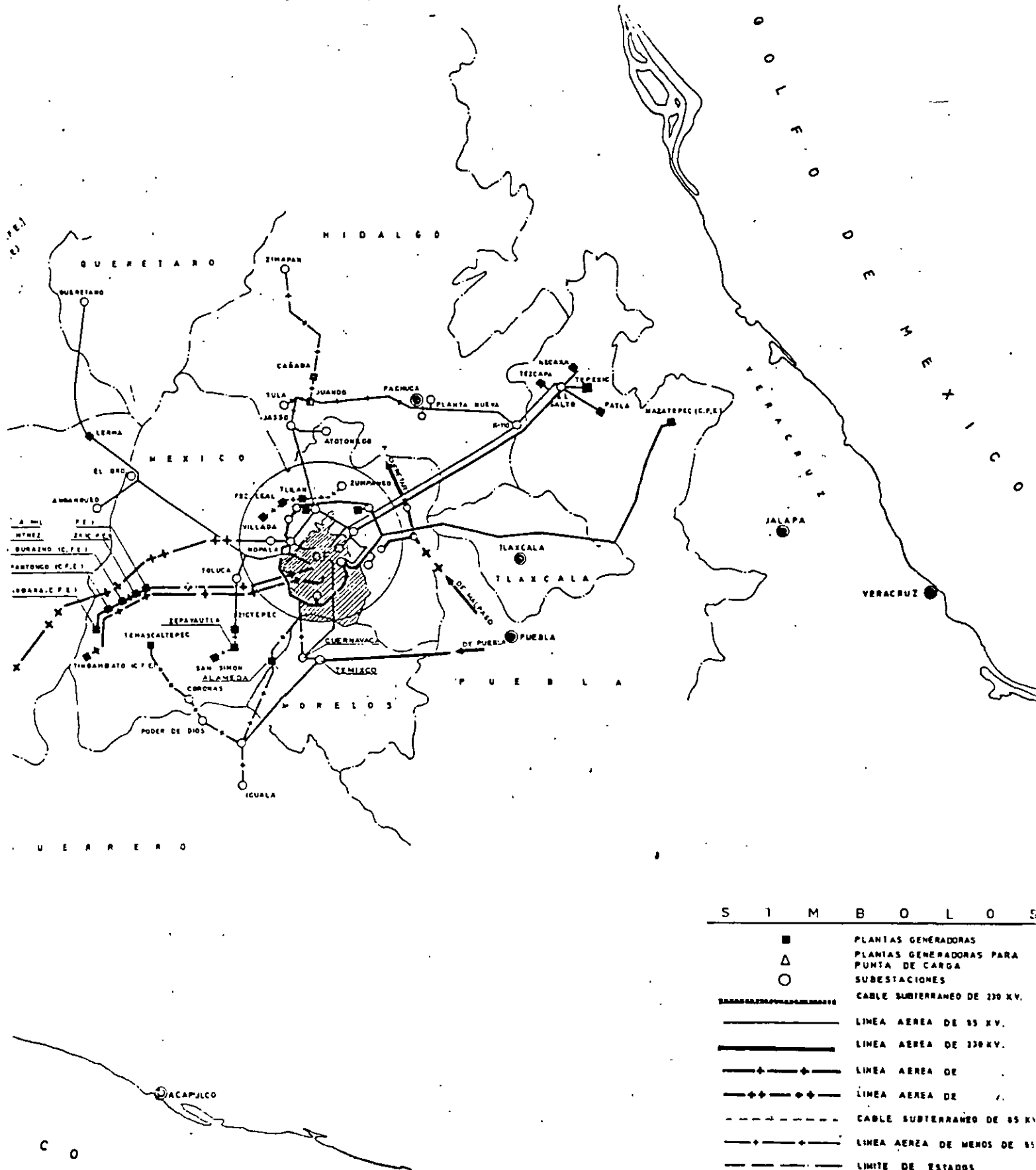
19- RC 3
Localización geog
Líneas de Transmisión







ifica de Plantas, Subestaciones y que dan servicio al Sistema Central



INSTALACION

ELECTRICA :

- CONJUNTO DE :-

- APARATOS
- CONDUCTORES
- ACCESORIOS

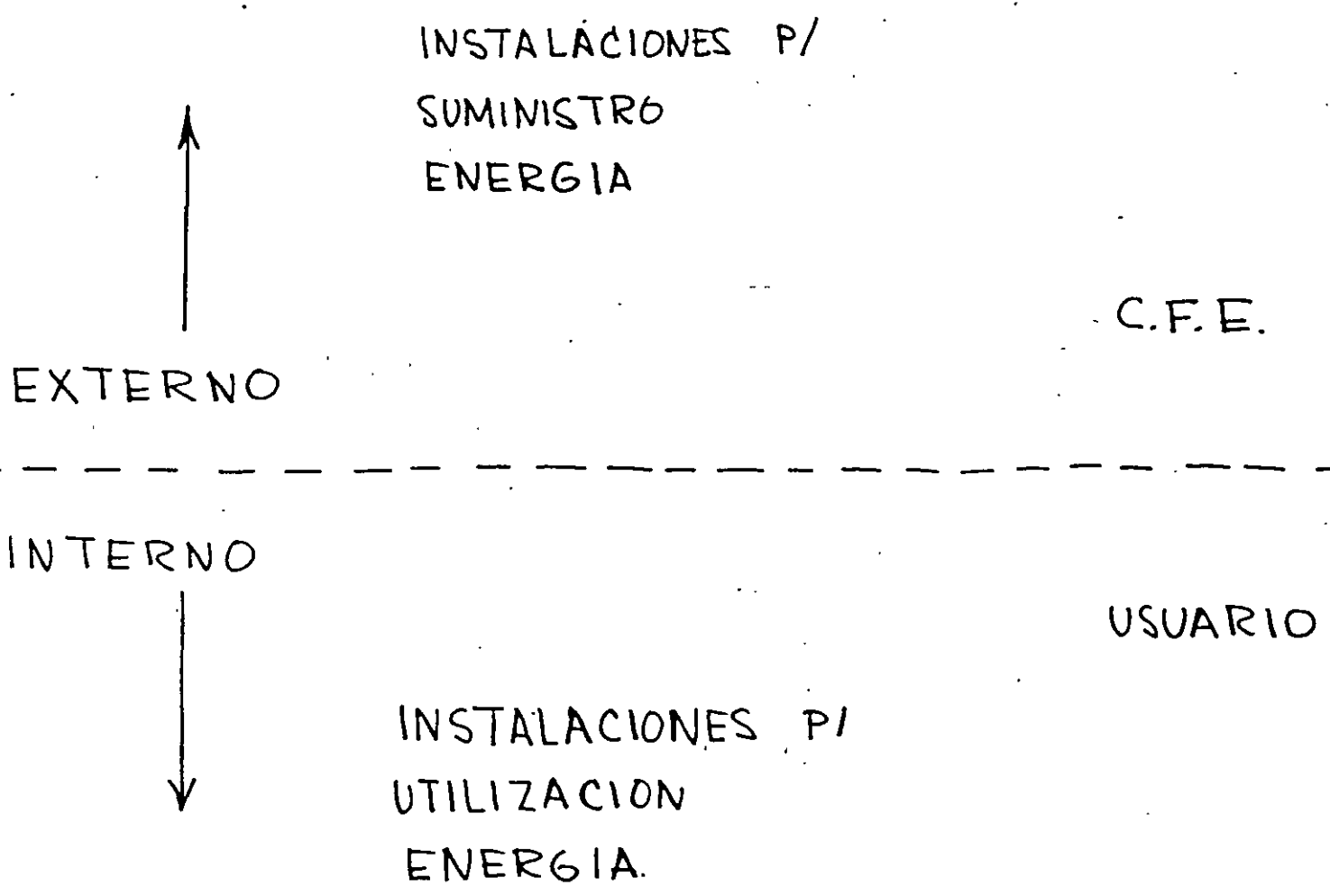
- DESTINADOS PARA :-

- PRODUCCION (GENERACION)
- DISTRIBUCION
- UTILIZACION

DE :

ENERGIA ELECTRICA

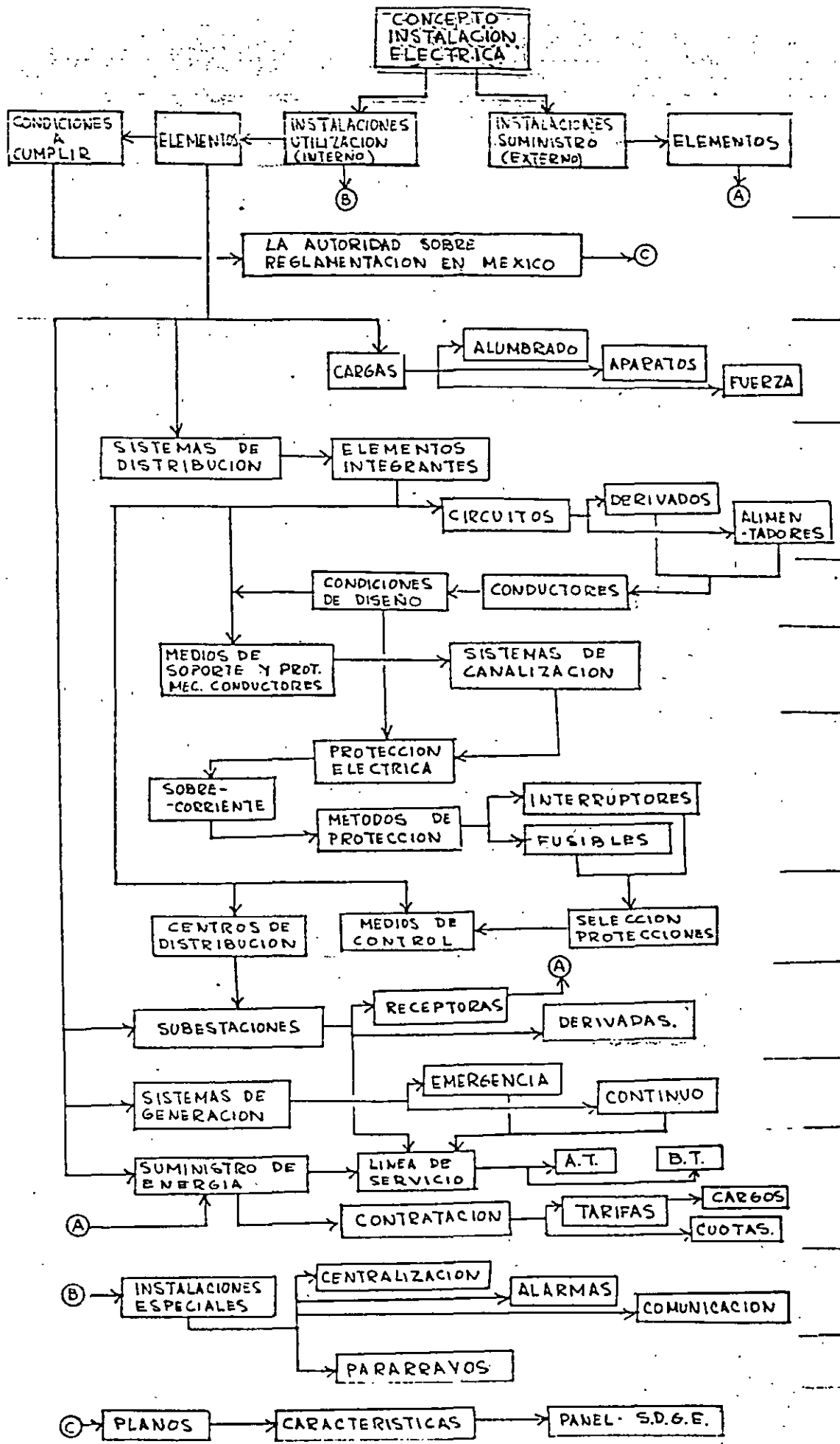
DIFERENTES PUNTOS DE VISTA DEL CONCEPTO I. E. :-



METODOLOGIA

ANALIZAR UN PANORAMA GENERAL
DE LOS CONCEPTOS MAS IMPORTANTES
QUE INTERVIENEN EN:-

- LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA
QUE UNA INSTALACION ELECTRICA
SEA ADECUADA.
- LOS METODOS Y SISTEMAS USADOS
EN:
 - EL DISEÑO DE UNA I.E.
 - LA CONSTRUCCION DE UNA I.E.
- LAS CARACTERISTICAS QUE DEBEN
CUMPLIR:
 - MATERIALES
 - EQUIPOS





INSTALACIONES

ELECTRICAS

PARA

EDIFICIOS

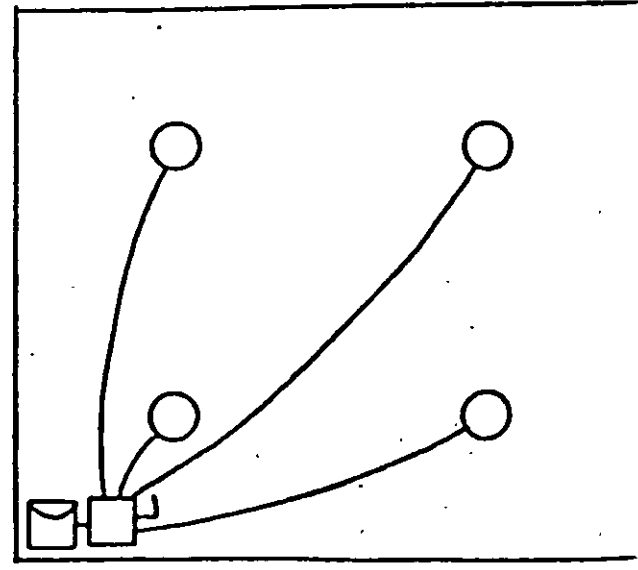
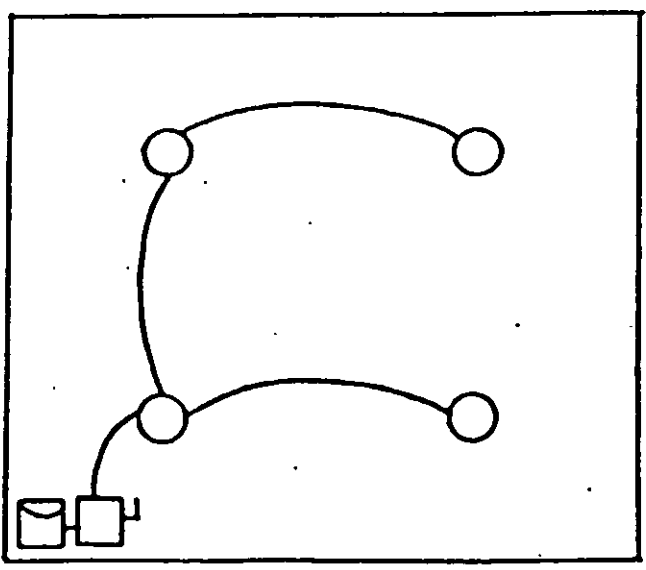
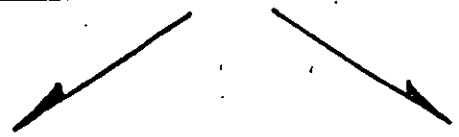
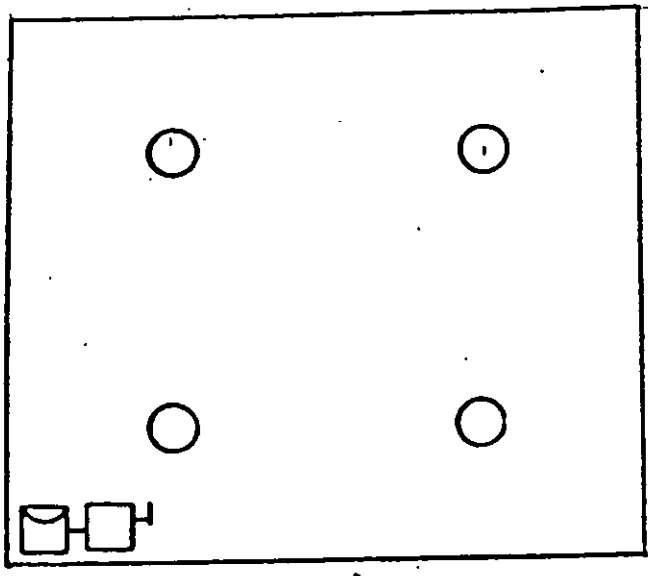
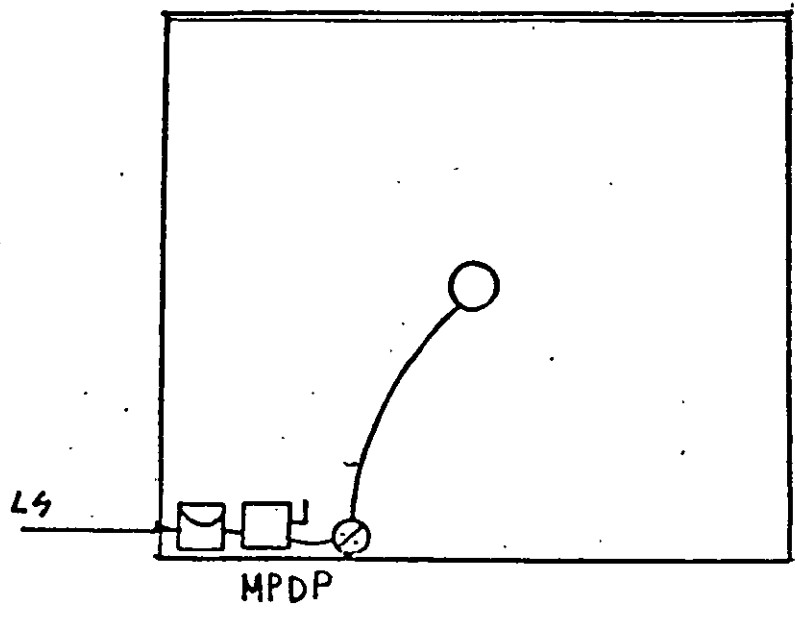
OBJETIVO:

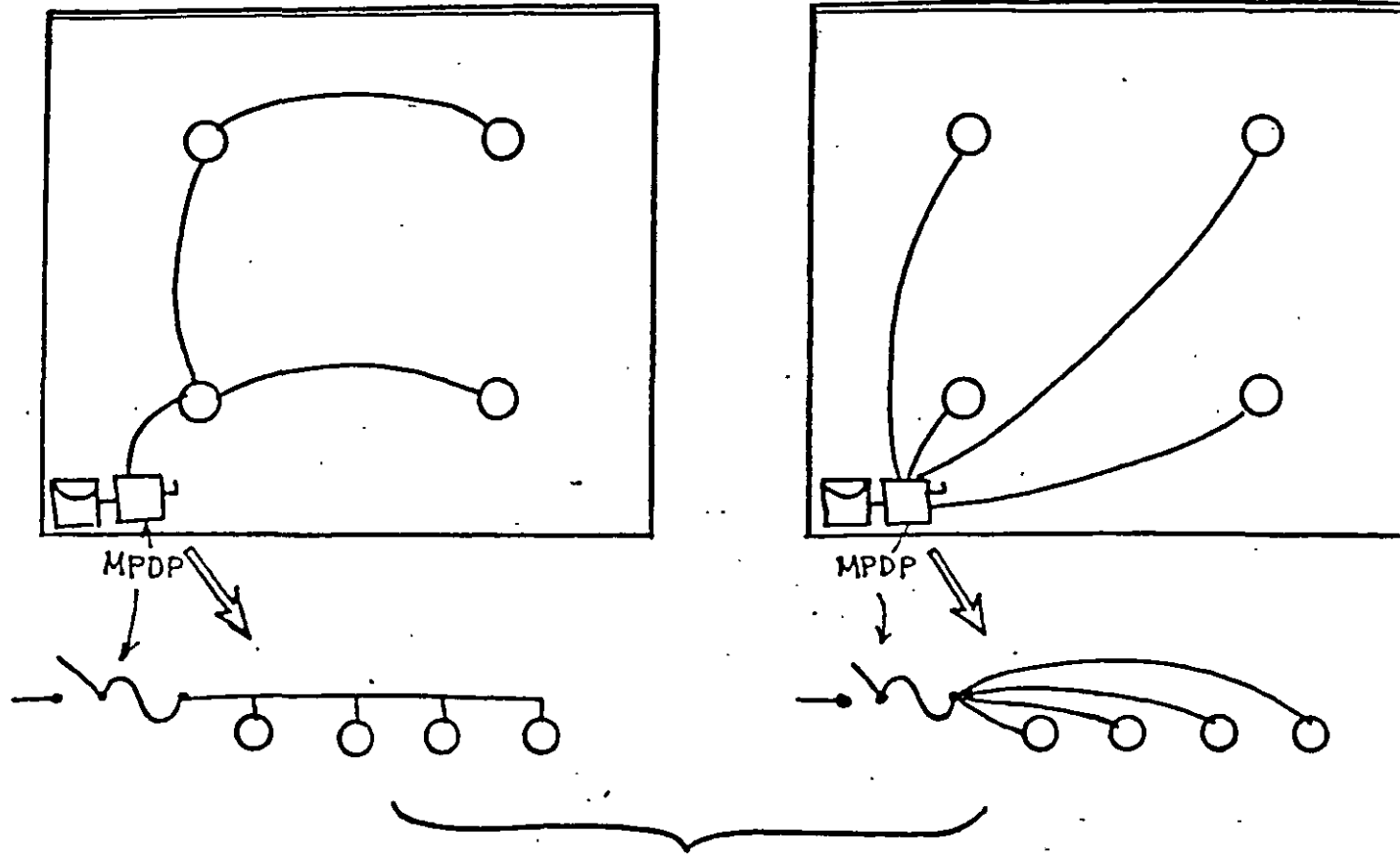
PROPORCIONAR LOS CRITERIOS
BASICOS NECESARIOS PARA CONOCER,
PROYECTAR Y CONSTRUIR LAS
INSTALACIONES ELECTRICAS DE
UN EDIFICIO.

SISTEMA DE DISTRIBUCION

FORMADO POR :-

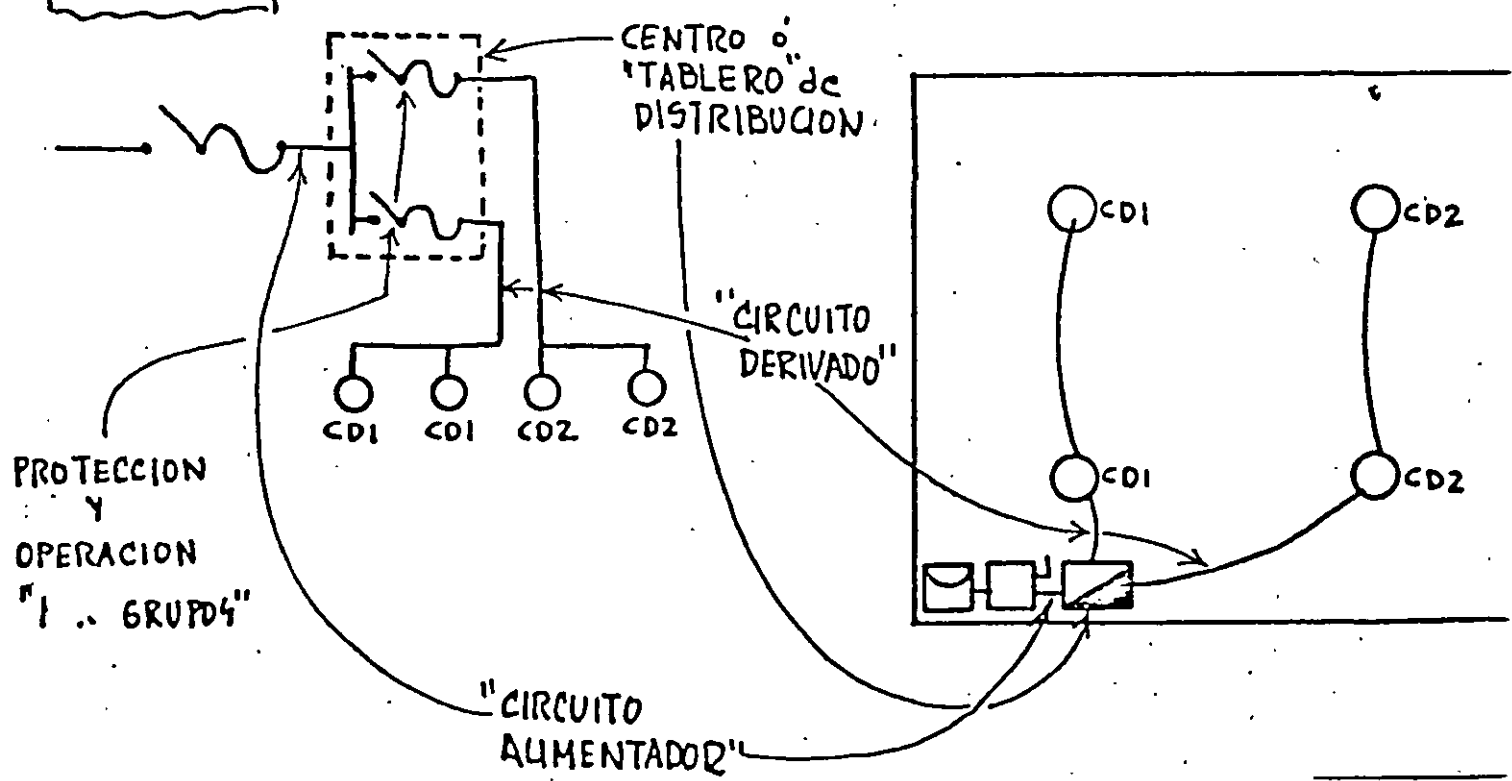
- CIRCUITOS ALIMENTADORES.
- CENTROS de DISTRIBUCION.
(TABLEROS).
- CIRCUITOS DERIVADOS.

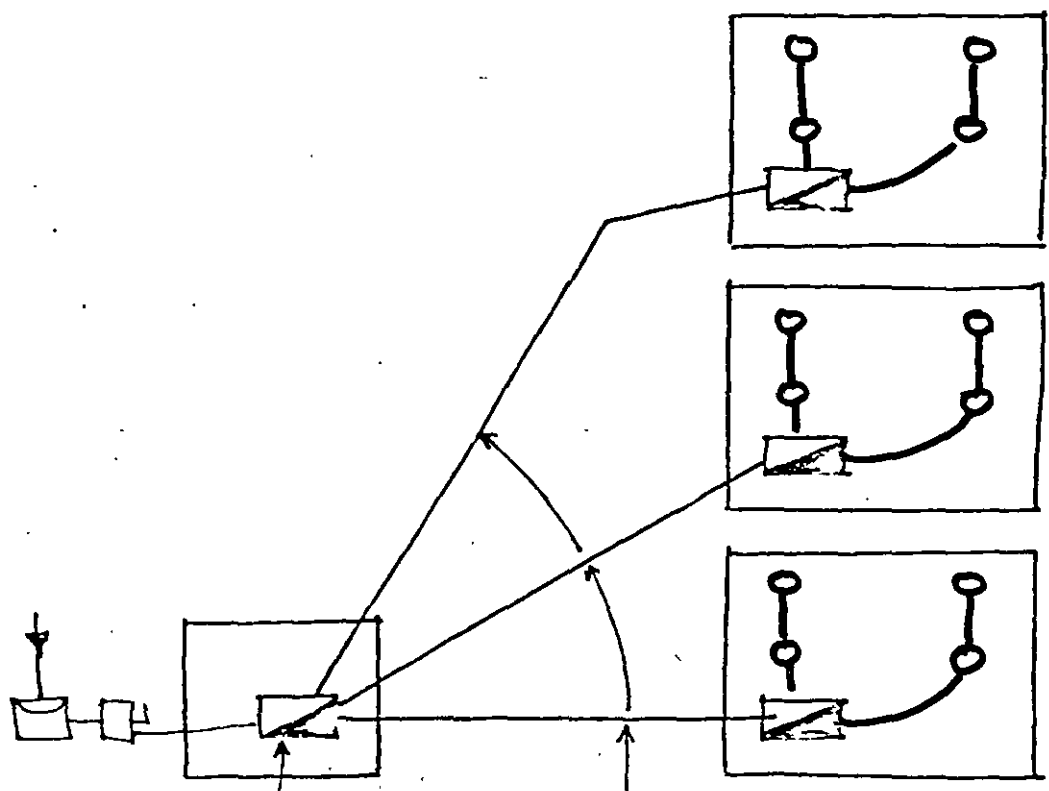




FALLA → } TOTAL
 POSIBILIDAD }
 OPERACION → }

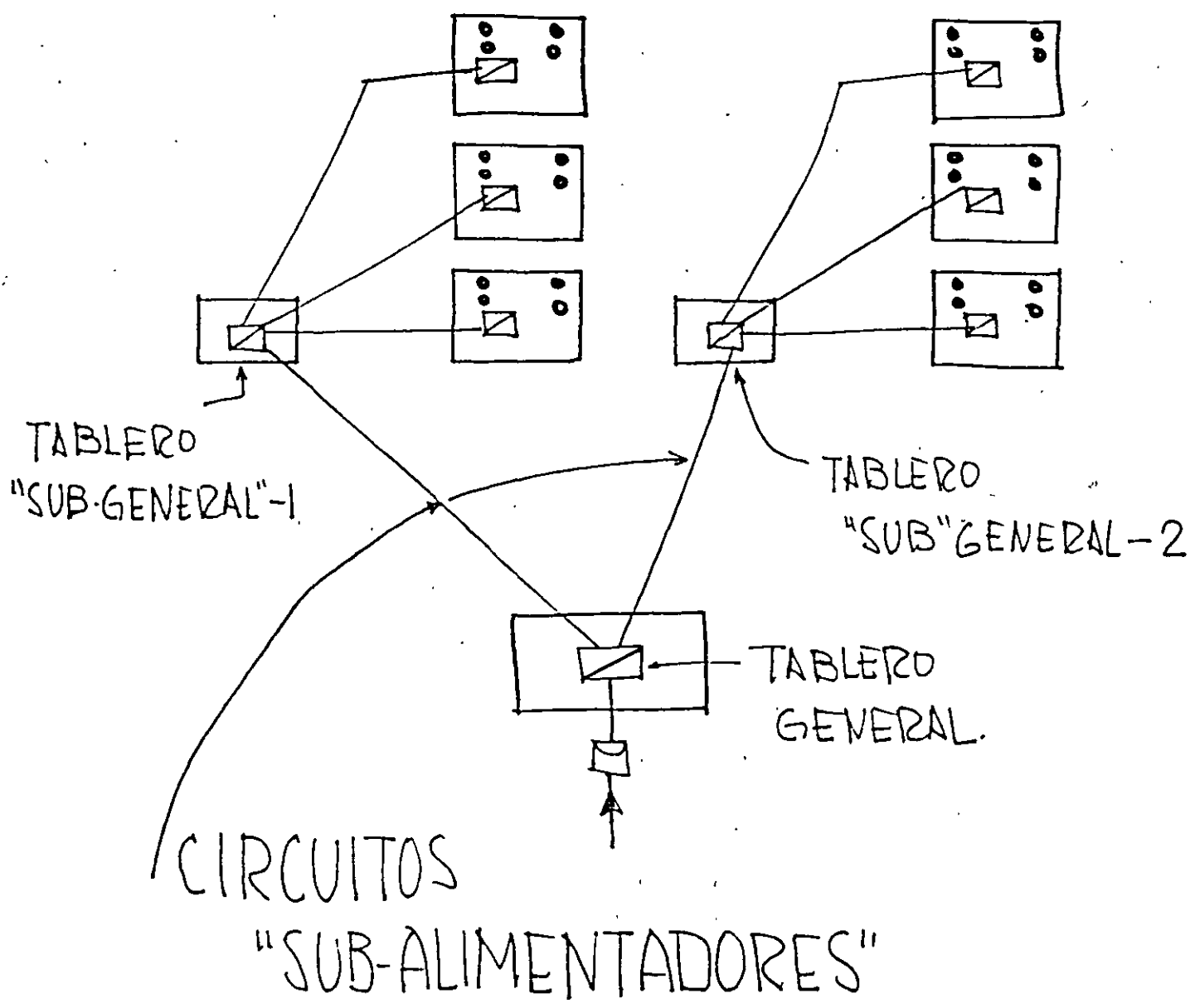
SOLUCION:





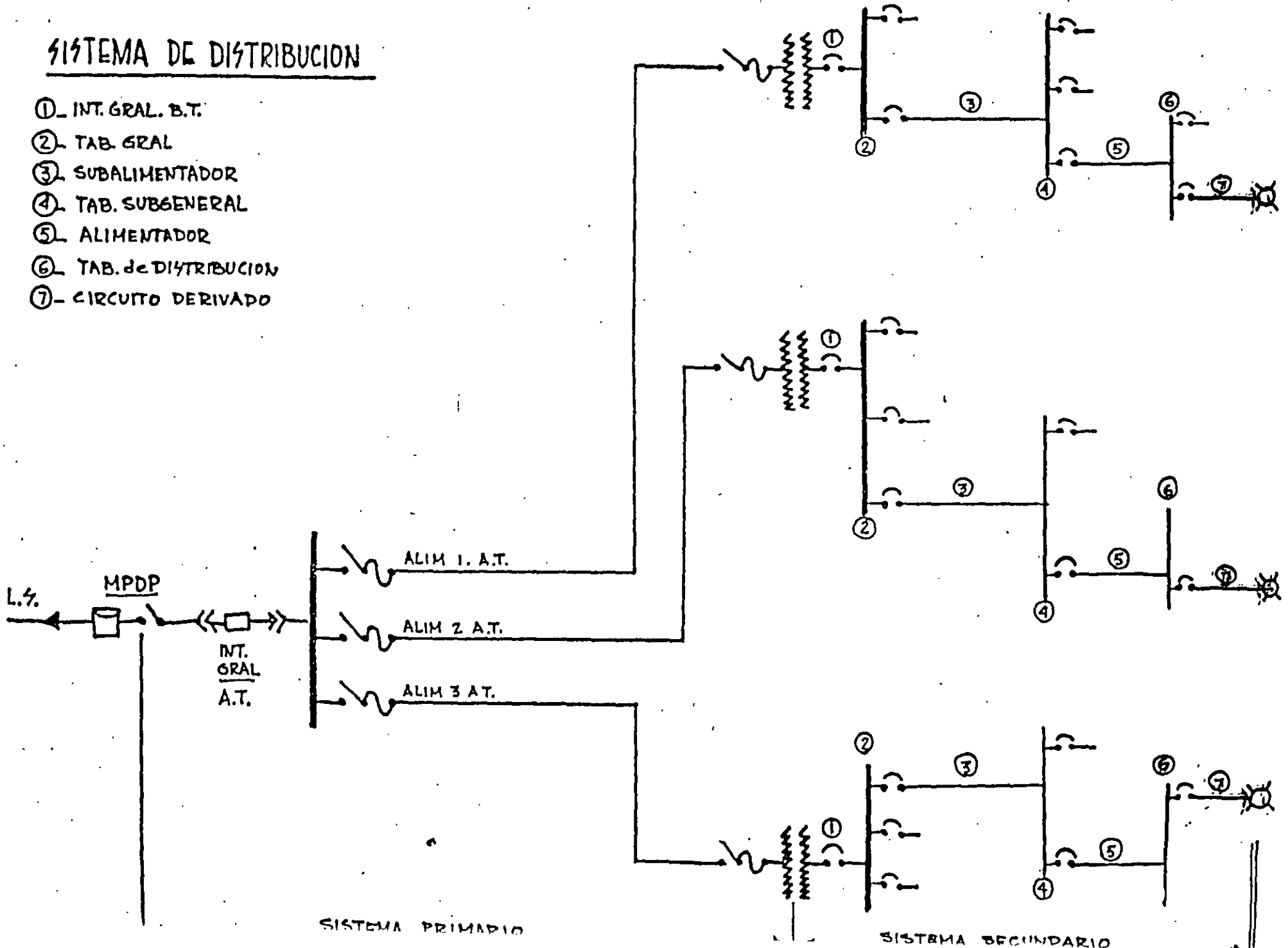
TABLERO
GENERAL

CIRCUITOS
ALIMENTADORES



SISTEMA DE DISTRIBUCION

- ① INT. GRAL. B.T.
- ② TAB. GRAL
- ③ SUBALIMENTADOR
- ④ TAB. SUBGENERAL
- ⑤ ALIMENTADOR
- ⑥ TAB. de DISTRIBUCION
- ⑦ CIRCUITO DERIVADO



FACTORES a CONSIDERAR:

- CONVENIENCIA
- CAPACIDAD
- REGULACION
- ACCESIBILIDAD
- FLEXIBILIDAD
- SEGURIDAD

CONVENIENCIA

- CONGRUENTE CON EL SISTEMA
DE ABASTECIMIENTO

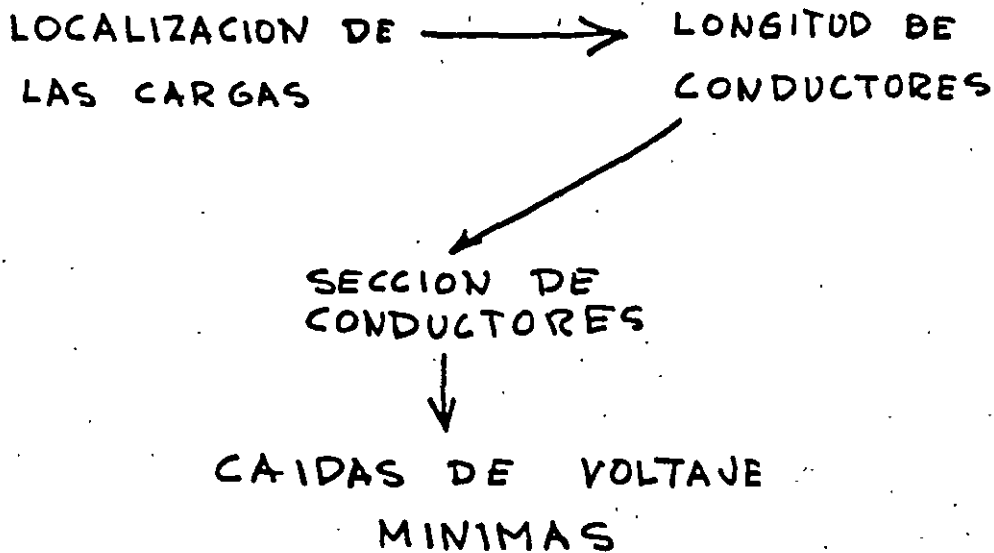
- CONGRUENTE CON EL EQUIPO
STANDARD EN MERCADO

REGULACION

EN CADA PUNTO :-

CANTIDAD DE ENERGIA NECESARIA
AL [REDACTED] REQUERIDO
TENSION.

CONSIDERA :



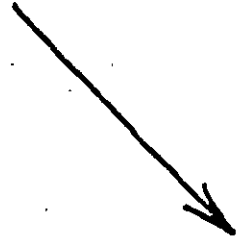
ACCESIBILIDAD

PARA :

- INSTALACION
- OPERACION
- MANTENIMIENTO
- AMPLIACIONES
FUTURAS.

FLEXIBILIDAD

PREVISION



CAMBIOS

+ OPERACION

+ LOCALIZACION

SEGURIDAD

PARA :

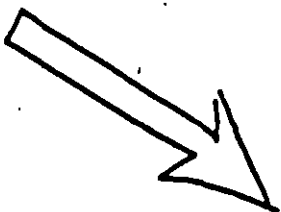
+ PERSONAL

- EN OPERACION
- EN MANTENIMIENTO
- EN INSTALACION.

+ EQUIPO

- EN OPERACION
- EN FALLAS

CONDICION MINIMA



CUMPLIR

REGLAMENTACION

REGLAMENTACION

ESTABLECE -
CONTROL SOBRE:-

- + COMO DEBEN HACERSE LAS I.E. → METODOS Y SISTEMAS.
- + CON QUE DEBEN HACERSE LAS I.E → MATERIALES.
- + QUIENES DEBEN PROYECTAR, CONSTRUIR, Y OPERAR LAS I.E → PERSONAS

INSTRUMENTO: "LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA"
 DIARIO OFAL. XII-²³⁻¹⁹⁹³

AUTORIDAD, SECRETARIA DE ENERGIA,

LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA

ARTICULO 28.- CORRESPONDE AL SOLICITANTE DEL SERVICIO REALIZAR A SU COSTA Y BAJO SU RESPONSABILIDAD. LAS OBRAS E INSTALACIONES DESTINADAS AL USO DE LA ENERGIA ELECTRICA. MISMAS QUE DEBERAN SATISFACER LOS REQUISITOS TECNICOS Y DE SEGURIDAD QUE FIJEN LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD SOLO SUMINISTRARA ENERGIA ELECTRICA EN SERVICIOS EN ALTA TENSION Y EN LUGARES DE CONCENTRACION PUBLICA, PREVIO A LA COMPROBACION DE QUE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS HAN SIDO CERTIFICADAS POR UNA UNIDAD DE VERIFICACION APROBADA POR LA SECRETARIA DE ENERGIA.

SEGUNDA SECCION

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. Instalaciones eléctricas (utilización).

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN), APROBADA EN LA CUARTA REUNIÓN ORDINARIA DEL COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, CELEBRADA EL 20 DE ABRIL DE 1999.

La Secretaría de Energía, por conducto de la Dirección General de Gas L.P y de Instalaciones Eléctricas, con fundamento en los artículos 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracciones II y III, 40 fracciones VIII, X y XIII, 47 fracción IV, 51 y 53 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 34 y 40 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como 12 Bis del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, expide y publica la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización), aprobada por unanimidad por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, en su cuarta sesión ordinaria del 20 de abril de 1999.

Se cancela la NOM-001-SEMP-1994, "Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica", publicada el 10 de octubre de 1994 en el Diario Oficial de la Federación.

CONSIDERANDOS

Primero.- Que con fecha 22 de diciembre 1997, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1997, "Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica", a efecto de recibir comentarios de los interesados;

Segundo.- Que una vez transcurrido el término de 90 días a que se refería el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para recibir los comentarios que se mencionan en el considerando inmediato anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, estudió los comentarios recibidos y, en su caso, modificó el proyecto de norma en cita;

Tercero.- Que con fecha 19 de abril de 1999, la Secretaría de Energía ordenó la publicación en el Diario Oficial de la Federación de las respuestas a los comentarios recibidos de los interesados;

Cuarto.- Que para los efectos de la aprobación a que se refiere el artículo 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas consideró conveniente modificar la denominación y clave del proyecto de norma, haciéndolo más preciso y sencillo, toda vez que no repercute en el contenido de dicho proyecto, y

Quinto.- Que de lo expuesto en los considerandos anteriores se concluye que se ha dado cumplimiento con el procedimiento que señalan los artículos 38, 44, 45, 46 y 47 y demás relativos a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Sexto.- Que en atención a la necesidad de contar con el instrumento normativo que regule las instalaciones eléctricas de utilización en forma permanente para salvaguardar la seguridad de los usuarios y sus pertenencias, se ha tenido a bien expedir la siguiente: Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización).

PREFACIO

La presente Norma Oficial Mexicana fue armonizada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNIE) con el apoyo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM) y de la Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico (ANCE), bajo la coordinación de la Dirección General de Gas L.P. y de Instalaciones Eléctricas de la Secretaría de Energía, y consultando trabajos, propuestas, comentarios y colaboraciones de las siguientes instituciones miembros del CCNIE:

- ♦ Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI
- ♦ Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS
- ♦ Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, CONAE
- ♦ Comisión Federal de Electricidad, CFE
- ♦ Petróleos Mexicanos, PEMEX
- ♦ Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS
- ♦ Luz y Fuerza del Centro, LyFC
- ♦ Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE
- ♦ Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, PAESE
- ♦ Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, FIDE
- ♦ Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas, AIUME
- ♦ Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, AMDROC
- ♦ Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, AMERIC

- ♦ Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos Electricistas, AMIME
- ♦ Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, CMIC
- ♦ Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME
- ♦ Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas, CIME
- ♦ Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, CONCÁMIN
- ♦ Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana, FECIME

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 26 de abril de 1999.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, Francisco Rodríguez Ruiz.- Rúbrica.

ÍNDICE

Introducción

- TÍTULO 1 Objetivo
 TÍTULO 2 Campo de aplicación
 TÍTULO 3 Referencias
 TÍTULO 4 Especificaciones (Capítulos 1 al 10 y Apéndices A, B y C)
 TÍTULO 5 Lineamientos para la aplicación de las especificaciones de la NOM
 TÍTULO 6 Vigilancia
 TÍTULO 7 Concordancia con normas internacionales
 TÍTULO 8 Bibliografía

TRANSITORIOS

Introducción

La presente norma oficial mexicana de instalaciones eléctricas, en adelante NOM, cuyo proyecto fue publicado el 22 de diciembre de 1997, en el Diario Oficial de la Federación toma en cuenta los comentarios recibidos que fueron analizados y aceptados por el CCNNIE así como las opiniones y aportaciones de las instituciones y diversas organizaciones.

La estructura de la NOM responde a las necesidades técnicas que requieren la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional; se cuida el uso de vocablos y se respetan los términos habituales, para evitar confusiones en los conceptos. Asimismo se han ordenado los textos procurando claridad de expresión y unidad de estilo para una más específica comprensión. Lo que hará más fácilmente atendible sus disposiciones.

Se ha apegado el uso de las unidades al Sistema General de Unidades de Medida, único legal y de uso obligatorio en los Estados Unidos Mexicanos, con las excepciones y consideraciones permitidas en la NOM-008-SCFI vigente.

En la sección 5 "Lineamientos para la aplicación de las especificaciones de la NOM", se establece la metodología para la apropiada aplicación de las disposiciones establecidas y una guía general para su interpretación formal.

TÍTULO 1 - Objetivo

El objetivo de esta NOM es establecer las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra choque eléctrico, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros. El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM garantizará el uso de la energía eléctrica en forma segura.

TÍTULO 2 - Campo de aplicación

Esta NOM cubre a las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica en:

- a) Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensiones eléctricas de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.
- b) Casas móviles, vehículos de recreo, edificios flotantes, ferias, circos y exposiciones, estacionamientos, talleres de servicio automotriz, estaciones de servicio, lugares de reunión, teatros, salas y estudios de cinematografía, hangares de aviación, clínicas y hospitales, construcciones agrícolas, marinas y muelles, entre otros.
- c) Plantas generadoras de emergencia o de reserva propiedad de los usuarios.
- d) Subestaciones, líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicaciones e instalaciones subterráneas.
- e) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el uso de la energía eléctrica.

Excepción: Esta NOM no se aplica en:

- 1) Instalaciones eléctricas en barcos y embarcaciones.

- 2) Instalaciones eléctricas para unidades de transporte público eléctrico, aeronaves o vehículos automotrices.
- 3) Instalaciones eléctricas del sistema de transporte público eléctrico para la generación, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica utilizada exclusivamente para operación de equipo rodante, o instalaciones usadas exclusivamente para propósitos de señalización y comunicación.
- 4) Instalaciones eléctricas en minas y maquinaria móvil autopropulsada para las mismas.
- 5) Instalaciones de equipo de comunicaciones que esté bajo el control exclusivo de empresas de servicio público de comunicaciones.

TÍTULO 3 - Referencias

Para la correcta aplicación de esta NOM es necesario consultar los siguientes documentos vigentes:

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento
- NOM-008-SCFI, Sistema General de Unidades de Medida
- NOM-024-SCFI, Información comercial - aparatos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos - Instructivos y garantías para los productos de fabricación nacional e importada
- NOM-050-SCFI, Información comercial - Información comercial del envase o su etiqueta que deberán ostentar los productos de fabricación nacional y extranjera
- NMX-J-098, Sistemas eléctricos de potencia - Suministro - Tensiones eléctricas normalizadas

TÍTULO 4 - Especificaciones

ÍNDICE

4.1 DISPOSICIONES GENERALES

100 DEFINICIONES

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

110 REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- A. Disposiciones generales
- B. Más de 600 V nominales

4.2 ALAMBRADO Y PROTECCIÓN

200 USO E IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES PUESTOS A TIERRA

210 CIRCUITOS DERIVADOS

- A. Disposiciones generales
- B. Clasificación de los circuitos derivados
- C. Salidas necesarias

215 ALIMENTADORES

220 CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS, ALIMENTADORES Y ACOMETIDAS

- A. Disposiciones generales
- B. Alimentadores y acometidas
- C. Cálculos opcionales para las cargas de alimentadores y acometidas
- D. Método de cálculo de cargas en instalaciones agrícolas

225 CIRCUITOS ALIMENTADORES Y DERIVADOS EN EXTERIORES

230 ACOMETIDAS

- A. Disposiciones generales
- B. Conductores de acometida aérea
- C. Acometidas subterráneas
- D. Conductores de entrada de acometida
- E. Equipo de acometida - Disposiciones generales
- F. Equipo de acometida - Medios de desconexión
- G. Equipo de acometida - Protección contra sobrecorriente
- H. Acometidas de más de 600 V nominales

240 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE

- A. Disposiciones generales
- B. Localización
- C. Envoltentes
- D. Desconexión y resguardo
- E. Fusibles a presión, portafusibles y adaptadores
- F. Fusibles y portafusibles de cartucho
- G. Interruptores automáticos de circuito
- H. Protección contra sobrecorriente a más de 600 V nominales

250 PUESTA A TIERRA

- A. Disposiciones generales
- B. Puesta a tierra de circuitos y sistemas eléctricos
- C. Ubicación de las conexiones de puesta a tierra de los sistemas
- D. Puesta a tierra de envolventes y canalizaciones
- E. Puesta a tierra de los equipos
- F. Métodos de puesta a tierra
- G. Puentes de unión
- H. Sistema de electrodos de puesta a tierra
- I. Conductores del electrodo de puesta a tierra
- J. Conexiones de los conductores de puesta a tierra
- K. Transformadores de instrumentos, relés, etcétera
- L. Puesta a tierra de sistemas y circuitos de alta tensión (600 V o más)

280 APARTARRAYOS

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación de los apartarrayos
- C. Conexión de los apartarrayos

4.3 MÉTODOS DE ALAMBRADO Y MATERIALES**300 MÉTODOS DE ALAMBRADO**

- A. Disposiciones generales
- B. Requisitos para tensiones eléctricas nominales mayores a 600 V

305 INSTALACIONES PROVISIONALES**310 CONDUCTORES PARA ALAMBRADO EN GENERAL****318 SOPORTES TIPO CHAROLA PARA CABLES****320 ALAMBRADO VISIBLE SOBRE AISLADORES****321 ALAMBRADO SOPORTADO POR UN MENSAJERO****324 ALAMBRADO OCULTO SOBRE AISLADORES****325 CABLES CON SEPARADOR INTEGRADO DE GAS (Tipo IGS)**

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

326 CABLES DE MEDIA TENSIÓN (TIPO MV)**328 CABLE PLANO TIPO FCC**

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

330 CABLE CON AISLAMIENTO MINERAL Y CUBIERTA METÁLICA, TIPO MI

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

331 TUBO (CONDUIT) NO-METÁLICO

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

332 TUBO (CONDUIT) DE POLIETILENO

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

333 CABLE ARMADO TIPO AC

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

334 CABLE CON ARMADURA METÁLICA TIPO MC

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción

- 336 CABLES CON CUBIERTA TERMOPLÁSTICA (TIPOS NM, NMC Y NMS)**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 338 CABLE DE ENTRADA DE ACOMETIDA**
- 339 CABLES SUBTERRÁNEOS PARA ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS TIPO UF**
- 340 CABLES DE ENERGÍA Y CONTROL TIPO TC PARA USO EN SOPORTES TIPO CHAROLA**
- 342 EXTENSIONES NO-METÁLICAS**
- 343 TUBO (CONDUIT) NO-METÁLICO CON CABLES PREENSAMBLADOS PARA USOS SUBTERRÁNEOS**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 345 TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO SEMIPESADO**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 346 TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO PESADO**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 347 TUBO (CONDUIT) RÍGIDO NO-METÁLICO**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 348 TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO LIGERO**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Especificaciones de construcción
- 349 TUBO (CONDUIT) METÁLICO FLEXIBLE TIPO LIGERO**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Construcción e instalación
- 350 TUBO (CONDUIT) METÁLICO FLEXIBLE**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
- 351 TUBO (CONDUIT) FLEXIBLE HERMÉTICO A LOS LÍQUIDOS METÁLICO Y NO METÁLICO**
 - A. Tubo (Conduit) metálico flexible hermético a los líquidos
 - B. Tubo (Conduit) no-metálico flexible y hermético a los líquidos
- 352 CANALIZACIONES SUPERFICIALES METÁLICAS Y NO-METÁLICAS**
 - A. Canalizaciones superficiales metálicas
 - B. Canalizaciones superficiales no-metálicas
 - C. Canal tipo extruido
- 353 ENSAMBLE DE RECEPTÁCULOS MÚLTIPLES**
- 354 CANALIZACIONES BAJO EL PISO**
- 356 CANALIZACIONES EN PISOS METÁLICOS CELULARES**
 - A. Instalación
 - B. Especificaciones de construcción
- 358 CANALIZACIONES EN PISOS DE CONCRETO CELULAR**
- 362 DUCTOS METÁLICOS Y NO-METÁLICOS CON TAPA**
 - A. Ductos metálicos
 - B. Ductos no-metálicos
- 363 CABLES PLANOS TIPO FC**
- 364 DUCTOS CON BARRAS (ELECTRODUCTOS)**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Requisitos para tensión eléctrica mayor a 600 V nominales

365 CANALIZACIONES PREALAMBRADAS**370 SALIDAS, DISPOSITIVOS, CAJAS DE JALADO Y DE EMPALMES, CAJAS DE PASO Y ACCESORIOS**

- A. Alcance y disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Especificaciones de construcción
- D. Cajas de empalmes y de paso utilizadas en instalaciones de más de 600 V nominales

373 GABINETES, CAJAS PARA CORTACIRCUITOS Y BASES PARA MEDIDORES

- A. Instalación
- B. Especificaciones de construcción

374 CANALES AUXILIARES**380 DESCONECTADORES**

- A. Instalación
- B. Especificaciones de construcción

384 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN Y PÁNELES DE ALUMBRADO Y CONTROL

- A. Disposiciones generales
- B. Tableros de distribución
- C. Paneles de alumbrado y control
- D. Especificaciones de construcción

4.4 EQUIPOS DE USO GENERAL**400 CABLES Y CORDONES FLEXIBLES**

- A. Disposiciones generales
- B. Especificaciones de construcción
- C. Cables portátiles de tensión eléctrica nominal mayor a 600 V

402 CABLES DE APARATOS ELÉCTRICOS**410 LUMINARIAS, PORTALÁMPARAS, LÁMPARAS Y RECEPTÁCULOS**

- A. Disposiciones generales
- B. Localización del equipo
- C. Cajas de salida, tapas y cubiertas ornamentales para luminarias
- D. Soportes de luminarias
- E. Puesta a tierra
- F. Alambrado de las luminarias
- G. Construcción de las luminarias
- H. Instalación de portalámparas
- I. Construcción de los portalámparas
- J. Lámparas y equipos auxiliares
- K. Receptáculos, cordones de conexión y clavijas
- L. Disposiciones especiales para luminarias montadas en cavidades o empotradas
- M. Requisitos de construcción de luminarias tipo empotrar montaje rasante
- N. Disposiciones especiales para sistemas de iluminación de descarga de 1000 V o menos
- O. Disposiciones especiales para luminarias de descarga eléctrica de más de 1000 V
- P. Rieles de iluminación

411 SISTEMAS DE ALUMBRADO QUE FUNCIONAN A 30 V O MENOS**422 APARATOS ELÉCTRICOS**

- A. Disposiciones generales
- B. Requisitos de los circuitos derivados
- C. Instalación de los aparatos eléctricos
- D. Control y protección de los aparatos eléctricos
- E. Marcado de los aparatos eléctricos

424 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA CALEFACCIÓN DE AMBIENTE

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación
- C. Control y protección de equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente
- D. Marcado del equipo de calefacción
- E. Cables eléctricos calentadores de ambiente
- F. Calentadores de ductos
- G. Calderas tipo de resistencias
- H. Calderas tipo con electrodos
- I. Paneles eléctricos calentadores de radiación y conjuntos de paneles calentadores

- 426 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA DESCONGELAR Y DERRETIR NIEVE**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Elementos de calefacción por resistencia
 - D. Calentamiento por impedancia
 - E. Calentamiento por efecto superficial
 - F. Control y protección
- 427 EQUIPO ELÉCTRICO FIJO PARA CALENTAMIENTO DE TUBERÍAS PARA LÍQUIDOS Y RECIPIENTES**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Elementos de calentamiento por resistencia
 - D. Calentamiento por impedancia
 - E. Calentamiento por inducción
 - F. Calentamiento por efecto superficial
 - G. Control y protección
- 430 MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y SUS CONTROLADORES**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Conductores para circuitos de motores
 - C. Protección de sobrecarga de los motores y de sus circuitos derivados
 - D. Protección de circuitos derivados para motores contra cortocircuitos y fallas a tierra
 - E. Protección de alimentadores para motores contra cortocircuito y fallas a tierra
 - F. Circuitos de control de motores
 - G. Controladores de motores
 - H. Centros de control de motores (CCM)
 - I. Medios de desconexión
 - J. Motores que operan a más de 600 V nominales
 - K. Protección de las partes vivas para todas las tensiones eléctricas
 - L. Puesta a tierra para todas las tensiones eléctricas
 - M. Tablas
- 440 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y DE REFRIGERACIÓN**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Medios de desconexión
 - C. Protección de los circuitos derivados contra cortocircuito y falla a tierra
 - D. Conductores del circuito derivado
 - E. Controladores para motores de compresor
 - F. Protección contra sobrecarga de motores - compresores y de los circuitos derivados
 - G. Requisitos para acondicionadores de aire para habitación
- 445 GENERADORES**
- 450 TRANSFORMADORES Y BÓVEDAS DE TRANSFORMADORES**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Disposiciones específicas aplicables a los diferentes tipos de transformadores
 - C. Bóvedas de transformadores
- 455 CONVERTIDORES DE FASE**
 - A. Disposiciones generales
 - B. Especificaciones aplicables a diferentes tipos de convertidores de fases
- 460 CAPACITORES**
 - A. Tensión eléctrica nominal de 600 V y menos
 - B. Tensión eléctrica nominal mayor a 600 V
- 470 RESISTENCIAS Y REACTORES**
 - A. Tensión eléctrica nominal 600 V y menos
 - B. Tensión eléctrica nominal mayor a 600 V
- 480 ACUMULADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA (BATERÍA)**
- 4.5 AMBIENTES ESPECIALES**
 - 500 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS)**
 - 501 ÁREAS CLASE I**
 - 502 ÁREAS CLASE II**
 - 503 ÁREAS CLASE III**
 - 504 SISTEMAS INTRÍNSECAMENTE SEGUROS**
 - 505 ÁREAS CLASE I, ZONAS 0, 1 Y 2**

- 510 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS) - ESPECÍFICAS
- 511 TALLERES DE SERVICIO, DE REPARACIÓN Y ESTACIONAMIENTOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES
- 513 HANGARES DE AVIACIÓN
- 514 SURTIDORES (DISPENSARIOS) Y ESTACIONES DE SERVICIO Y AUTOCONSUMO
- 515 PLANTAS DE ALMACENAMIENTO
- 516 PROCESOS ACABADO
- 517 INSTALACIONES EN LUGARES DE ATENCIÓN DE LA SALUD
 - A. Disposiciones generales
 - B. Alambrado y protección
 - C. Sistema eléctrico esencial
 - D. Locales para anestesia por inhalación
 - E. Instalaciones para rayos X
 - F. Sistemas de comunicaciones, señales, de información, de señalización de protección contra incendio y para tensiones eléctricas menores a 127 V
 - G. Sistemas de energía aislados
- 518 LUGARES DE REUNIÓN
- 520 TEATROS, ÁREAS DE AUDIENCIA EN CINES Y ESTUDIOS DE TELEVISIÓN Y LUGARES SIMILARES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Tableros de distribución para escenarios fijos
 - C. Equipo fijo para escenarios
 - D. Tableros portátiles en el escenario
 - E. Equipo portátil del escenario
 - F. Camerinos
 - G. Puesta a tierra
- 525 CARNAVALES, CIRCOS, FERIAS Y EVENTOS SIMILARES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Instalación
 - C. Puesta a tierra y puenteo
 - D. Medios de desconexión
- 530 ESTUDIOS DE CINE, TELEVISIÓN Y LUGARES SIMILARES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Escenario o estudio
 - C. Camerinos
 - D. Mesas de presentación, corte y montaje
 - E. Bóvedas de almacenamiento de películas de nitrato de celulosa
 - F. Subestaciones
 - G. Sistemas derivados separados de 60 V a tierra
- 540 PROYECTORES DE CINE
 - A. Disposiciones generales
 - B. Definiciones
 - C. Equipos y proyectores tipo profesional
 - D. Proyectores no-profesionales
 - E. Equipos de grabación y reproducción de sonido
- 545 INMUEBLES PREFABRICADOS
- 547 CONSTRUCCIONES AGRÍCOLAS
- 550 CASAS MÓVILES, CASAS PREFABRICADAS Y SUS ESTACIONAMIENTOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Casas móviles
 - C. Acometidas y alimentadores
- 551 VEHÍCULOS DE RECREO Y SUS ESTACIONAMIENTOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Sistemas de baja tensión
 - C. Sistemas eléctricos combinados
 - D. Otras fuentes de energía
 - E. Sistemas de 120 o 127 V o 120/240 V o 220Y/127 V nominales
 - F. Pruebas en fábrica
 - G. Estacionamientos de los vehículos de recreo

552 REMOLQUES

- A. Disposiciones generales
- B. Sistemas de baja tensión
- C. Sistemas eléctricos combinados
- D. Sistemas de 120 o 127 V o 120/240 V o 220Y/127 V nominales
- E. Pruebas en fábrica

553 CONSTRUCCIONES FLOTANTES

- A. Disposiciones generales
- B. Acometidas y alimentadores
- C. Puesta a tierra

555 MARINAS Y MUELLES**4.6 EQUIPOS ESPECIALES****600 ANUNCIOS LUMINOSOS Y ALUMBRADO REALCE**

- A. Disposiciones generales
- B. Anuncios luminosos y alumbrado de realce de 1000 V o menos
- C. Anuncios luminosos y alumbrado de realce de más de 1000 V

604 SISTEMAS DE CABLEADO PREFABRICADOS**605 INSTALACIONES EN OFICINAS****610 GRUAS Y POLIPASTOS**

- A. Disposiciones generales
- B. Instalación eléctrica
- C. Conductores de contacto
- D. Medios de desconexión
- E. Protección contra sobrecorriente
- F. Control
- G. Puesta a tierra

620 ELEVADORES, MONTACARGAS, ESCALERAS ELÉCTRICAS Y PASILLOS MÓVILES, ESCALERAS Y ELEVADORES PARA SILLAS DE RUEDAS

- A. Disposiciones generales
- B. Conductores
- C. Instalación eléctrica
- D. Instalación de conductores
- E. Cables móviles
- F. Medio de desconexión y control
- G. Protección contra sobrecorriente
- H. Cuarto de máquinas
- I. Puesta a tierra
- J. Sistemas de energía en emergencia y de reserva

630 MÁQUINAS DE SOLDAR ELÉCTRICAS

- A. Disposiciones generales
- B. Máquinas de soldar de arco tipo transformador de c.a. y de rectificador de c.c.
- C. Máquinas de soldar de arco tipo Motor-Generador
- D. Máquinas de soldar por resistencia
- E. Cable para soldar

640 EQUIPOS DE GRABACIÓN DE SONIDO Y SIMILARES**645 EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS Y DE CÓMPUTO ELECTRÓNICO****650 ÓRGANOS TUBULARES****660 EQUIPOS DE RAYOS X**

- A. Disposiciones generales
- B. Control
- C. Transformadores y capacitores
- D. Resguardos y puesta a tierra

665 EQUIPOS DE CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN Y POR PÉRDIDAS DIELECTRICAS

- A. Disposiciones generales
- B. Protección e interconexión a tierra
- C. Equipo Motor-Generador
- D. Equipo distinto del Motor-Generador

- 668 CELDAS ELECTROLÍTICAS
- 669 GALVANOPLASTIA
- 670 MAQUINARIA INDUSTRIAL
- 675 MÁQUINAS DE RIEGO OPERADAS O CONTROLADAS ELÉCTRICAMENTE
 - A. Disposiciones generales
 - B. Máquinas de riego con pivote central
- 680 ALBERCAS, FUENTES E INSTALACIONES SIMILARES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Albercas de instalación permanente
 - C. Albercas desmontables
 - D. Fuentes de aguas termales y bañeras térmicas
 - E. Fuentes
 - F. Albercas y bañeras para uso terapéutico
 - G. Bañeras de hidromasaje
- 685 SISTEMAS ELÉCTRICOS INTEGRADOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Interrupción programada
- 690 SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS
 - A. Disposiciones generales
 - B. Requisitos para los circuitos
 - C. Medios de desconexión
 - D. Métodos de alambrado
 - E. Puesta a Tierra
 - F. Marcado
 - G. Interconexión a otras fuentes de energía
 - H. Baterías de acumuladores
- 695 BOMBAS CONTRA INCENDIOS
- 4.7 CONDICIONES ESPECIALES
 - 700 SISTEMAS DE EMERGENCIA
 - A. Disposiciones generales
 - B. Alambrado de circuitos
 - C. Fuentes de alimentación
 - D. Circuitos de emergencia para alumbrado y fuerza
 - E. Control de los circuitos del alumbrado de emergencia
 - F. Protección contra sobrecorriente
 - 701 SISTEMAS DE RESERVA REQUERIDOS LEGALMENTE
 - A. Disposiciones generales
 - B. Alambrado de circuitos
 - C. Fuentes de alimentación
 - D. Protección contra sobrecorriente
 - 702 SISTEMAS DE RESERVA OPCIONALES
 - A. Disposiciones generales
 - B. Alambrado de circuitos
 - 705 FUENTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA INTERCONECTADA
 - 709 ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN EN LUGARES DE REUNIÓN
 - 710 INSTALACIONES CON TENSIONES ELÉCTRICAS NOMINALES MAYORES DE 600 V
 - A. Disposiciones generales
 - B. Disposiciones generales para equipos
 - C. Disposiciones específicas para equipos
 - D. Instalaciones accesibles únicamente a personas calificadas
 - E. Equipo móvil y portátil
 - F. Instalaciones en túneles
 - G. Calderas de electrodos
 - 720 CIRCUITOS Y EQUIPOS QUE OPERAN A MENOS DE 50 V
 - 725 CIRCUITOS CLASE 1, CLASE 2 Y CLASE 3 PARA CONTROL REMOTO, SEÑALIZACIÓN Y DE POTENCIA LIMITADA
 - A. Disposiciones generales
 - B. Circuitos Clase 1
 - C. Circuitos Clase 2 y Clase 3

760 SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

- A. Disposiciones generales
- B. Circuitos de señalización de potencia no-limitada para protección contra incendios
- C. Circuitos de señalización de potencia limitada para protección contra incendios

770 CABLES DE FIBRA ÓPTICA Y SUS CANALIZACIONES

- A. Disposiciones generales
- B. Protección
- C. Cables en el interior de edificios

780 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN PROGRAMADA**4.8 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN****800 CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN**

- A. Disposiciones generales
- B. Cables en exteriores y entrada a edificios
- C. Protección
- D. Métodos de puesta a tierra
- E. Conductores de comunicaciones dentro de los edificios

810 EQUIPOS DE RADIO Y TELEVISIÓN

- A. Disposiciones generales
- B. Equipos receptores- Sistemas de antenas
- C. Estaciones transmisoras y receptoras de aficionados – Sistemas de antenas
- D. Instalaciones interiores – Estaciones transmisoras

820 ANTENAS DE TELEVISIÓN COMUNITARIAS Y SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE RADIO

- A. Disposiciones generales
- B. Cables en exteriores y entrada a edificios
- C. Protección
- D. Métodos de puesta a tierra
- E. Cables dentro de edificios

4.9 INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PÚBLICO**920 DISPOSICIONES GENERALES****921 PUESTA A TIERRA**

- A. Disposiciones generales
- B. Líneas aéreas
- C. Líneas subterráneas
- D. Subestaciones
- E. Otros

922 LÍNEAS AÉREAS

- A. Disposiciones generales
- B. Separación de conductores en una misma estructura, espacios para subir y trabajar
- C. Separación entre conductores soportados en diferentes estructuras
- D. Altura de conductores y partes vivas de equipo, sobre el suelo, agua y vías férreas
- E. Separación de conductores a edificios, puentes y otras construcciones
- F. Distancia horizontal de estructuras a vías férreas, carreteras y aguas navegables
- G. Derecho de vía
- H. Cargas mecánicas en líneas aéreas
- I. Clases de construcción en líneas aéreas
- J. Retenidas

923 LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

- A. Instalación y aplicación de cables subterráneos en la vía pública
- B. Obra civil

924 SUBESTACIONES**930 ALUMBRADO PÚBLICO**

- A. Disposiciones generales
- B. Especificaciones de los sistemas de alumbrado
- C. Especificaciones de los componentes
- D. Métodos de alumbrado

4.10 TABLAS

APÉNDICE A. Tablas adicionales de capacidad de conducción de corriente (normativo)

APÉNDICE B. Catálogo de normas de productos eléctricos (informativo)

APÉNDICE C. Tablas de relleno de conductores en tubo (*conduit*) (informativo)



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE OCTUBRE

Tema

**CONDUCTORES, CONDICIONES DE DISEÑO
BASADOS EN LA NOM-001- SEDE-1999**

**EXPOSITOR: ING. LAZARO PONCE DIAZ
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DEL 2003**

CONDUCTORES, CONDICIONES DE DISEÑO

BASADOS EN LA NOM-001-SEDE-1999

CONTENIDO:

- 1.0 DESCRIPCIÓN DE LOS CONDUCTORES
- 2.0 AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES
- 3.0 USO Y APLICACIÓN DE LOS CONDUCTORES
- 4.0 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES
- 5.0 EJEMPLO DE CALCULO

ING. LÁZARO PONCE DÍAZ

1.0 DESCRIPCIÓN DE LOS CONDUCTORES

1.1 DEFINICIÓN

CONDUCTORES ELÉCTRICOS SON AQUELLOS MATERIALES QUE PERMITEN EL PASO CONTINUO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA, A TRAVÉS DE ELLOS, CON POCA RESISTENCIA.

1.2 NORMA APLICABLE

LA SELECCIÓN Y LOS MÉTODOS DE INSTALACIÓN DE LOS CONDUCTORES DEBEN CUMPLIR CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA

EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN PUBLICÓ EL DÍA 27 DE SEPTIEMBRE DE 1999 LA **NOM-001-SEDE-1999 INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN)**

EXPEDIDA POR LA SECRETARIA DE ENERGÍA

ESTA NORMA ENTRO EN VIGOR EL DIA 27 DE MARZO DE 2000, SEIS MESES DESPUÉS DE SU PUBLICACIÓN EL DIARIO OFICIAL)

LOS ARTÍCULOS, SECCIONES Y/O TABLAS QUE SE MENCIONEN SERÁN REFERIDAS A ESTA NORMA

1.3 MATERIALES

LOS MATERIALES MAS USADOS PARA LA FABRICACIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS SON EL COBRE Y EL ALUMINIO

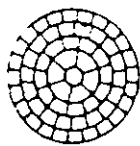
| <u>CARACTERÍSTICAS</u> | | <u>COBRE</u> | <u>ALUMINIO</u> |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|
| PESO ESPECIFICO | (g/cm ³) | 8.9 | 2.7 |
| CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA | (%) | 100 | 61 |
| RESISTIVIDAD A 20 ° C | (ohm-mm ² /m) | 0.0172 | 0.03 |
| TENSIÓN DE RUPTURA | (kg/mm ²) | 31 (100 %) | 16 (40 %) |
| TEMPERATURA DE FUSIÓN | (°C) | 1.083 | 660 |
| COEF. DE DILATACIÓN LINEAL POR °C | | 16.22x10 ⁻⁶ | 23 x10 ⁻⁶ |

1.4 CONFIGURACIÓN FÍSICA

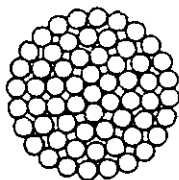
LOS CONDUCTORES SE FABRICAN EN ALGUNA DE LAS SIGUIENTES FORMAS.

ALAMBRE FORMADO POR UN HILO SÓLIDO DE SECCIÓN CIRCULAR

CABLE FORMADO POR VARIOS HILOS REUNIDOS EN FORMACIÓN GEOMÉTRICA (CABLE REDONDO CONCÉNTRICO O COMPACTO, CABLE SECTORIAL)



Cable redondo compacto



Cable concéntrico



Cable sectorial

CORDÓN FORMADO POR VARIOS HILOS REUNIDOS AL AZAR

SOLERA FORMADO POR UNA BARRA SÓLIDA DE SECCIÓN RECTANGULAR

DESNUDO ES EL QUE NO TIENE CUBIERTA NI AISLAMIENTO ELÉCTRICO DE NINGUNA ESPECIE NORMALMENTE SE UTILIZAN EN LÍNEAS AERIAS O ENTERRADOS PARA SISTEMAS DE TIERRAS

AISLADO ES EL QUE ESTA AISLADO CON UN MATERIAL DE COMPOSICIÓN Y ESPESOR ACEPTADO POR LA NOM-001-SEDE-1999 SE UTILIZAN PARA INSTALACIONES EN EL INTERIOR DE LOS EDIFICIOS

CUBIERTO ES EL QUE ESTA CUBIERTO CON UN MATERIAL, DE COMPOSICIÓN Y ESPESOR NO ES ACEPTADO COMO AISLAMIENTO ELÉCTRICO POR LA NOM-001-SEDE-1999

1.5 TAMAÑO DE LOS CONDUCTORES

EL TAMAÑO DE LOS CONDUCTORES SE DEFINE POR EL ÁREA DE SU SECCIÓN TRANSVERSAL EN mm^2

TAMBIÉN SE DEFINE POR:

- a) CALIBRE AWG, NOMENCLATURA DE LA AMERICAN WIRE GAUGE
- b) CALIBRE EN CM (CIRCULAR MILLS), PARA DESIGNAR EL ÁREA TRANSVERSAL QUE TIENE UN CIRCULO CUYO DIÁMETRO SEA UNA MILÉSIMA DE PULGADA

$$\begin{aligned} 0.001'' &= 0.0254 \text{ mm} \\ \text{CM} &= 0,0005067 \text{ mm}^2 \\ 1 \text{ mm}^2 &= 1.973,5 \text{ CM} \\ &= 1,9735 \text{ kCM} \end{aligned}$$

LOS CONDUCTORES SE FABRICAN DE DIFERENTES SECCIONES TRANSVERSALES EN FUNCIÓN DE SU APLICACIÓN VER TABLAS DE CONDUCTORES ANEXAS

2.0 AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

EL AISLAMIENTO SIRVE PARA CONFINAR LA CORRIENTE Y EL CAMPO ELÉCTRICO EN LA MASA DEL CONDUCTOR DEBE SER UN MATERIAL DE MUY BAJA CONDUCTIVIDAD.

LOS PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN A LOS AISLAMIENTOS ELÉCTRICOS SON LOS SIGUIENTES:

2.1 MATERIALES AISLANTES

LOS MATERIALES AISLANTES MAS USADOS ACTUALMENTE PARA CONDUCTORES, INSTALADOS EN EDIFICIOS, SON LOS SIGUIENTES

| MATERIAL | TENSIÓN MAX. kV | TEMPERATURA MÁXIMA | |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | OPERACIÓN °C | CIRC. CORTO °C |
| 1- TERMOFIJOS | | | |
| EP (ETILENO PROPILENO) | 150 | 90 | 250 |
| XLP (POLIETILENO DE CA- DENA CRUZADA) | 220 | 90 | 250 |
| 2 - TERMOPLÁSTICOS | | | |
| PVC (POLICLORURO DE VINILO) | HASTA 1 kV | 105 | 250 |

2.2.- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS AISLAMIENTOS

A CONTINUACIÓN SE ENUMERAN LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MAS IMPORTANTES

a) RIGIDEZ DIELECTRICA

REPRESENTA LA CANTIDAD DE VOLT NECESARIOS PARA PERFORARLO ES LA RELACIÓN ENTRE LA TENSIÓN Y EL ESPESOR DEL AISLAMIENTO (kV/mm)

b) RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO

ES LA RESISTENCIA MEDIA ENTRE EL CONDUCTOR Y UN ELECTRODO QUE SE ENCUENTRE ENVOLVIENDO LA SUPERFICIE EXTERIOR DEL AISLAMIENTO

c) FACTOR DE POTENCIA O FACTOR DE PERDIDAS DE AISLAMIENTO.

FACTOR QUE PERMITE RELACIONAR Y CALCULAR LAS PERDIDAS DEL DIELECTRICO DE LOS CABLES DE ENERGÍA.

d) GRADIENTE DE OPERACIÓN

e) TAN θ

2.2.- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

SE PUEDEN ENUMERAR:

- RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (CARGA DE ROTURA Y ALARGAMIENTO)
- RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
- RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO
- FLEXIBILIDAD

2.2.- OTRAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

SE PUEDEN ENUMERAR:

- RESISTENCIA A LA HUMEDAD
- RESISTENCIA AL FRÍO Y AL CALOR
- RESISTENCIA A LA INTEMPERIE
- RESISTENCIA A LA LUZ SOLAR
- RESISTENCIA AL OZONO
- RESISTENCIA A LOS PRODUCTOS QUÍMICOS
- RESISTENCIA AL FUEGO

2.3.- SELECCIÓN DE LOS AISLAMIENTOS

LA SELECCIÓN DE LOS AISLAMIENTOS SE HACE EN FUNCIÓN DE LOS DIFERENTES FACTORES QUE PUEDAN INFLUIR EN SU APLICACIÓN, TALES COMO

- LA TENSIÓN DE OPERACIÓN,
- LA TEMPERATURA AMBIENTE,
- LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN,
- LAS CONDICIONES MECÁNICAS DE INSTALACIÓN,
- EL MEDIO AMBIENTE (HUMEDAD, INTEMPERISMO, PRESENCIA DE PRODUCTOS QUÍMICOS)

COMPARACIÓN DE AISLAMIENTOS

· TABLA 2.1 Propiedades de los aislamientos más comúnmente usados en cables de energía (5-35 kV)

| Características | SINTENAX | VULCANEL XLP | VULCANEL EP | Papel impregnado |
|---|---|---|---|---|
| Rigidez dieléctrica, kV/mm, (corriente alterna, elevación rápida) | 18 | 25 | 25 | 28 |
| Rigidez dieléctrica, kV/mm, (Impulsos) | 47 | 50 | 50 | 70 |
| Permitividad relativa SIC. (60 ciclos, a temp. de op.) | 7 | 2.1 | 2.6 | 3.9 |
| Factor de potencia, % máx. (a 60 ciclos, a temp. de op.) | 9 | 0.1 | 1.5 | 1.1 |
| Constante K de resistencia del aislamiento a 15.6°C. (megohm-km) mín. | 750 | 6100 | 6100 | 1000 |
| Resistencia a la ionización | buena | buena | muy buena | buena |
| Resistencia a la humedad | buena | muy buena | excelente | mala |
| Factor de pérdidas | mala | buena | excelente | buena |
| Flexibilidad | regular | mala | excelente | regular |
| Facilidad de instalación de empalmes y terminales (problemas de humedad o ionización): | excelente | regular | muy buena | regular |
| Temperatura de operación normal (°C) | hasta 6 kV, 80 más de 6 kV, 75 | 90 | 90 | hasta 9 kV, 95 |
| Temperatura de sobrecarga (°C) | 100 | 130 | 130 | 100 |
| Temperatura de cortocircuito (°C) | 160 | 250 | 250 | 200 |
| Principales ventajas | Bajo costo, resistente a la ionización, fácil de instalar. | Factor de pérdidas bajo | Bajo factor de pérdidas, flexibilidad, resistencia a la ionización. | Bajo costo, experiencia de años, excelentes propiedades eléctricas. |
| Principales inconvenientes | Pérdidas dieléctricas comparati- vamente altas. | Rigidez. Baja resistencia a la ionización | Es atacable por hidrocarburos a temp. superiores a 60°C. | Requiere tubo de plomo y terminales herméticas. |



CONDUMEX

INDUSTRIAL DE COMPONENTES ELECTRICOS S.A. DE C.V.

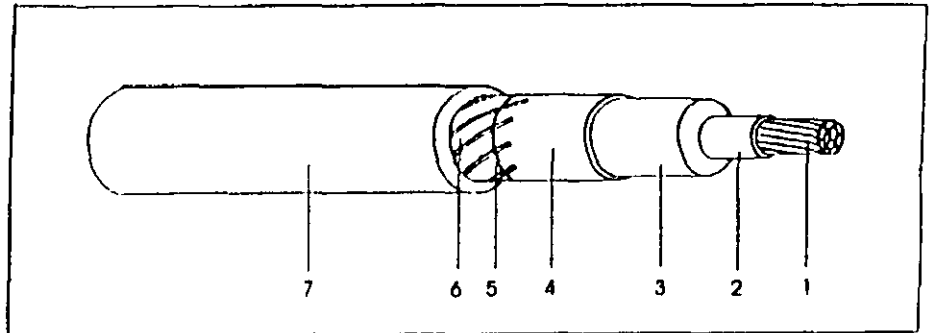


CABLE DE ENERGIA VULCANEL^{MR} EP ó XLP TIPO DS PARA 15, 25 Y 35

MT 26.0

DESCRIPCION:

1. Conductor compacto cableado clase "B", de aluminio.
2. Pantalla semiconductora extruida sobre el conductor.
3. Aislamiento de EP ó XLP.
4. Pantalla semiconductora extruida sobre aislamiento.
5. Pantalla electrostática a base de alambres de cobre suave.
6. Cinta separadora.
7. Cubierta exterior de PVC.



APLICACIONES:

Este cable está diseñado para usarse en sistemas trifásicos de distribución y es apropiado para instalación de ductos, directamente enterrados o en chatolas cuando se requiera de máxima seguridad en la instalación.

TENSION MAXIMA DE OPERACION:

15, 25 Y 35 kV.

TEMPERATURA MAXIMA EN EL CONDUCTOR:

Normal 90 °C
Sobrecarga 130 °C
Cortocircuito 250 °C

ESPECIFICACIONES:

CFE E0000-16

REGISTRO:

Autorización NOM

DATOS PARA PEDIDO:

Cable de energía VULCANEL^{MR} EP ó XLP tipo DS, tensión entre fases, calibre, longitud en metros y número de producto.

- La pantalla semiconductora extruida sobre el aislamiento es fácilmente retirable (easy stripping).
- La pantalla de hilos de cobre permite una capacidad de cortocircuito elevada y una impedancia uniforme.
- El cable terminado ofrece:
 - o Resistencia a la propagación del incendio (IEEE-383).
 - o Mínima emisión de humos densos y obscuros (ASTM E-662).
 - o Mínima emisión de gases tóxicos y corrosivos (IEC-754-1).
 - o Resistencia a la abrasión, calor, humedad, ozono, aceites, grasas y productos químicos.

PROPIEDADES:

- Proceso de triple extrusión que mejora notablemente las características eléctricas.
- El aislamiento de EP (Etileno Propileno) ofrece:
 - o Excelente resistencia al calor y a la humedad.
 - o Resistencia excepcional a la descargas parciales.
 - o Alta rigidez dieléctrica.
 - o Baja absorción de humedad.
 - o Gran resistencia a las intemperancias.
 - o Bajas pérdidas dieléctricas.
- El aislamiento de XLP (Poliétileno de Cadena Cruzada) ofrece:
 - o Excelente resistencia al calor y la humedad.
 - o Buena resistencia a aceites.
 - o Resistencia a descargas parciales.
 - o Bajas pérdidas dieléctricas.
 - o Alta rigidez dieléctrica.

| Calibre AWG/KCM | Número de producto | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | EP | | | XLP | | |
| | 15KV | 25KV | 35KV | 15KV | 25KV | 35KV |
| 2 | 310014 | - | - | 310149 | - | - |
| 1/0 | 310011 | 310023 | 311140 | 310094 | 310126 | 310170 |
| 2/0 | 310124 | 310057 | 310141 | 310150 | 310159 | 310171 |
| 3/0 | 310015 | 310058 | 310142 | 310151 | 310160 | 310172 |
| 4/0 | 310017 | 310059 | 310143 | 310152 | 310161 | 310173 |
| 250 | 310087 | 310060 | 310144 | 310088 | 310162 | 310174 |
| 350 | 310072 | 310134 | 310027 | 310153 | 310163 | 310175 |
| 500 | 310012 | 310024 | 310080 | 310055 | 310164 | 310176 |
| 600 | 310131 | 310135 | 310145 | 310154 | 310165 | 310177 |
| 750 | 310016 | 310136 | 310146 | 310155 | 310166 | 310178 |
| 900 | 310132 | 310137 | 310147 | 310156 | 310157 | 310179 |
| 1000 | 310008 | 310138 | 310148 | 310157 | 310168 | 310180 |

NOTA: Los números de producto mostrados se refieren a productos estándar. Si se requiere alguna construcción distinta a la descrita, favor de incluir en el pedido el número de producto del cable, indicando las modificaciones correspondientes.

3.0- USO Y APLICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

LOS CONDUCTORES SON LAS VENAS O CAMINOS. INSTALADOS EN LOS EDIFICIOS, PARA HACER LLEGAR LA ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS PUNTOS DE UTILIZACIÓN TALES COMO: ALUMBRADO, CONTACTOS, ELEVADORES, EQUIPOS DE BOMBEO, EQUIPOS DE COMPUTO, ETC.

3.1- TENSIONES MANEJADAS EN EDIFICIOS

EN LOS EDIFICIOS, LOS EQUIPOS OPERAN, NORMALMENTE, A CUALQUIERA DE LAS SIGUIENTES TENSIONES.

120 V, 1 F, 2 H, C.A., 60 Hz

220 V, 1 F, 3 H, C.A , 60 Hz

220 V, 3 F, 3 ó 4 H, C.A , 60 Hz

LOS USUARIOS PUEDEN CONTRATAR CON LAS COMPAÑÍAS SUMINISTRADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA LUZ Y FUERZA DEL CENTRO Ó COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, EN CUALQUIERA DE LAS TENSIONES ANTERIORES

EN LOS EDIFICIOS QUE, POR EL TAMAÑO DE SU CARGA, CONVenga LA INSTALACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS, PUEDE CONTRATARSE EL SUMINISTRO EN MEDIA TENSIÓN:

25 kV, 3 F, 3 H. (NOMINAL) CON LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (LYFC)

15 kV, 3 F, 3 H, (NOMINAL) CON COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)

3.2- CONDUCTORES EMPLEADOS

LOS CONDUCTORES DE INSTALADOS EN EL INTERIOR DE LOS EDIFICIOS, NORMALMENTE SON DE COBRE CON AISLAMIENTO TIPO THW.LS, 75 °C DE OPERACIÓN, PARA 600 V

LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS QUE REQUIERAN LA CONSTANCIA DE UNA UNIDAD VERIFICADORA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEBEN EJECUTARSE CON MARCAS Y TIPOS CERTIFICADOS POR LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO, A C (ANCE)

SE ANEXA INFORMACIÓN REFERENTE A CONDUCTORES CONTENIDA EN LA NOM:

a) SECCIONES DEL ART. 310 - CONDUCTORES PARA INSTALACIONES DE USO GENERAL

b) TABLA 310-13. CONDUCTORES - AISLAMIENTOS Y USOS

c) TABLAS 310-16 Y 17 CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE

d) NOTAS A LAS TABLAS ANTERIORES

e) CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES

f) TABLAS 430-147, 148 Y 150. CORRIENTES A PLENA CARGA DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA, DE MOTORES MONOFASICOS Y DE MOTORES TRIFASICOS, RESPECTIVAMENTE

ARTÍCULO 310 - CONDUCTORES PARA INSTALACIONES DE USO GENERAL

310-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos generales para los conductores y su designación de tipo, aislamientos, marcados, resistencia mecánica, capacidades de corriente y usos.

Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integral de equipos tales como motores, control de motores y equipo similar.

310-2. Conductores

a) Aislados. Los conductores deben estar aislados.

Excepción: Cuando se permiten específicamente en algún lugar de esta NOM conductores con cubierta o desnudos.

b) ... los conductores a los que se refiere este Artículo deben ser de cobre o de aluminio.

Cuando se especifiquen conductores de **aluminio o aleaciones** de aluminio, el **tamaño nominal mínimo** debe ser **13,3 mm² (6 AWG)**

310-3. ... Los conductores de tamaño nominal **8,367 mm² (8 AWG)** y mayores deben ser cableados, cuando van instalados en canalizaciones.

310-4. ... Los conductores cobre o de aluminio de tamaño **nominal 53,48 mm² (1/0 AWG)** y mayores, que sean los conductores de fase, el neutro o el conductor puesto a tierra de un circuito, **pueden ir conectados en paralelo** (unidos eléctricamente en ambos extremos para formar un solo conductor).

Los conductores en paralelo de fase, neutro o puestos a tierra en cada circuito, deben ser:

- 1) De la misma longitud.
- 2) Del mismo material conductor.
- 3) Del mismo tamaño nominal.
- 4) Con el mismo tipo de aislamiento.
- 5) Con terminales de las mismas características.
- 6)

310-5. Tamaño nominal mínimo de los conductores. En la Tabla 310-5 se indica el tamaño nominal mínimo de los conductores permitido por esta NOM

Tabla 310- 5. Tamaño nominal mínimo de los conductores

| Tensión eléctrica nominal del conductor (V) | Tamaño nominal mínimo del conductor | |
|---|-------------------------------------|----------|
| | mm ² (AWG) | Material |
| De 0 a 2000 | 2,082 (14) | Cobre |
| | 13,3 (6) | Aluminio |
| De 2001 a 5000 | 8,367 (8) | Cobre |
| | 13,3 (6) | Aluminio |
| De 5001 a 8000 | 13,3 (6) | Cu o Al |
| De 8001 a 15000 | 33,62 (2) | Cu o Al |
| De 15001 a 25000 | 42,41 (1) | Cu o Al |
| De 28001 a 35000 | 53,48 (1/0) | Cu o Al |

310-6. Blindaje. Los conductores aislados con dieléctrico sólido en instalaciones permanentes que operen a más de 2000 V, deben tener un aislamiento resistente al ozono y estar blindados.

Todos los blindajes metálicos de aislamiento se deben poner a tierra por un método eficaz que cumpla los requisitos indicados en 250-51.

El blindaje debe servir para el propósito de confinar los esfuerzos de la tensión eléctrica en el aislamiento.

d. **310-7. Conductores directamente enterrados.** Los conductores que vayan directamente enterrados deben ser de un tipo aprobado e identificado para ese uso.

Los cables de más de 2000 V nominales deben estar blindados.

El blindaje, cubierta o armadura metálica se debe conectar a tierra por un método eficaz que cumpla los requisitos indicados en 250-51.

310-8. En lugares mojados

a) Conductores aislados. Los conductores aislados que se utilicen en lugares mojados deben ser

(1) recubiertos con plomo;

(2) de los tipos RHW, TW, THW, THW-LS, THHW, THHW-LS, THWN o XHHW, o

(3) de un tipo aprobado y listado para uso en lugares mojados.

b) Cables. Los cables de uno o más conductores utilizados en lugares mojados, deben ser de un tipo aprobado y listado para su uso en lugares mojados.

310-9. Condiciones corrosivas. Los conductores expuestos a aceites, grasas, vapores, gases, humos, líquidos u otras sustancias que tengan un efecto corrosivo sobre el conductor o el aislamiento, deben ser de un tipo adecuado para esa aplicación.

310-10. Límites de temperatura de los conductores. Ningún conductor se debe utilizar de modo que su temperatura de funcionamiento supere la del diseño para el tipo de conductor aislado al que pertenezca.

NOTA: La temperatura nominal de un conductor (véanse las Tablas 310-13 y 310-61) es la temperatura máxima, en cualquier punto de su longitud, que puede soportar durante un periodo prolongado de tiempo sin que se produzca una fuerte degradación.

Los principales determinantes de la temperatura de operación de los conductores son:

1. ... La temperatura ambiente puede variar a lo largo del conductor y con el tiempo.
2. El calor generado interiormente en el conductor por el paso de la corriente eléctrica, incluidas las corrientes fundamentales y sus armónicas.
3. El factor de disipación del calor generado al medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre o rodea a los conductores, puede afectar ese factor de disipación.
4. ... Los conductores adyacentes tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente y de impedir la disipación de calor.

310-11 Marcado

a) Información necesaria. Todos los conductores y cables deben ir marcados con la información necesaria siguiente:

- 1) La tensión eléctrica nominal máxima que soporta el conductor.
- 2) La letra o letras que indican el tipo de hilos o cables, ...
- 3) El nombre del fabricante, marca comercial u otra marca que permita identificar fácilmente a la organización responsable del producto.
- 4) El tamaño nominal en mm^2 (AWG o kcmil)

b) Métodos de marcado

c) Sufijos que indican el número de conductores. Una letra o letras solas indican un solo conductor aislado. Las siguientes letras utilizadas como sufijo indican lo que se expresa en cada una:

D: Dos conductores aislados en paralelo, dentro de un recubrimiento exterior no-metálico.

M: Conjunto de dos o más conductores aislados y cableados en espiral, dentro de un recubrimiento exterior no-metálico.

d) **Marcas opcionales.** Se permite que los conductores de los tipos aprobados indicados en las Tablas 310-13 y 310-61 lleven en su superficie marcas que indiquen características especiales o el material de los cables.

NOTA: Ejemplos de estas marcas son, entre otros, la "LS" (no-propagador de incendios y baja emisión de humos) o "resistente a la luz solar".

310-12. Identificación de los conductores

a) **Conductores puestos a tierra.** Los conductores aislados, de tamaño nominal de $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) o más pequeños, diseñados para usarse como conductores puestos a tierra en circuitos, deben tener una identificación exterior de **color blanco o gris natural**.

b) **Conductores de puesta a tierra.** Se permite instalar conductores ... **desnudos, cubiertos o aislados**. Los conductores de puesta a tierra, cubiertos o aislados individualmente, deben tener un acabado exterior continuo **verde o verde con una o más franjas amarillas**.

Excepción 1: Se permite identificar permanentemente en el momento de la instalación a un conductor aislado o cubierto de tamaño mayor a $13,30 \text{ mm}^2$ (6 AWG) como conductor de puesta a tierra en sus dos extremos y en todos los puntos en los que el conductor esté accesible. La identificación se debe hacer por uno de los métodos siguientes:

a. *Quitando el aislamiento o cubierta del conductor en toda la parte expuesta.*

b. *Pintando de verde el aislamiento o cubierta en toda la parte expuesta.*

c. *Marcando la parte expuesta del aislamiento o cubierta con cinta verde o etiquetas adhesivas de color verde.*

c) **Conductores de fase.** Los conductores ... de fase, si se usan conductores sencillos o en cables multiconductores, deben estar acabados de modo que se distingan claramente de los conductores puestos a tierra y los de puesta a tierra. Los conductores de fase se deben distinguir **por colores distintos al blanco, gris claro o verde** o por cualquier combinación de colores y sus correspondientes marcas. con las marcas

310-13. Construcción y aplicaciones de los conductores. Los conductores aislados deben cumplir las disposiciones aplicables de una o más de las siguientes Tablas: 310-13, 310-61, 310-62, 310-63 y 310-64.

Se permite el uso de estos conductores en cualquiera de las instalaciones descritas en el Capítulo 3 y como se especifique en sus respectivas tablas.

NOTA: Los aislamientos termoplásticos se pueden poner rígidos a temperaturas menores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. A temperatura normal, los termoplásticos también se pueden deformar si están sometidos a presión, como por ejemplo, en los puntos de apoyo.

Tabla 310 – 13 Conductores – Aislamientos y usos

| Nombre Genérico | Tipo | Temp Máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Tamaño nominal | | Espesor nominal de aislamiento mm | | Cubierta exterior | |
|---|------|-----------------------------|---|---|-----------------|---------------|-----------------------------------|----------|---|--|
| | | | | | Mm ² | AWG-kcmil | | | | |
| Etileno Propileno Fluorado | FEP | 90 | Lugares secos o húmedos | Etileno Propileno Fluorado | 2,082 - 5,260 | (14 - 10) | 0,51 | | Ninguna | |
| | | | | | 8,367 - 33,620 | (8 - 2) | 0,76 | | | |
| | FEPB | 200 | Lugares secos Aplicaciones especiales | Etileno Propileno Fluorado | 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 o 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 art 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 | |
| | | | | | 5,26 | (10) | 0,76 | 0,51 | | |
| | | | | | 8,367 | (8) | 1,14 | 0,76 | (B) Cubierta de nylon o equivalente | |
| | | | | | 13,30 | (6) | 1,52 | 0,76 | | |
| | | 90 | Alambrado de máquinas herramientas en lugares secos (véase el Artículo 670) | | | 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 - 1000) | 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 y a la flama | 2,082 - 5,26 | (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 | | | |
| | | | | | 304,0 - 506,7 | (600 - 1 000) | 2,79 | | | |
| | | | | | 633,3 - 1013,6 | (1250 - 2000) | 3,18 | | | |
| Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor | RHW | 75 | Lugares secos o mojados | Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor a la humedad y a la flama | 2,082 - 5,26 | (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 | | | |
| | | | | | 304,0 - 506,7 | (600 - 1 000) | 2,79 | | | |
| | | | | | 633,3 - 1013,6 | (1250 - 2000) | 3,18 | | | |

Tabla 310 - 13 Conductores - Aislamientos y usos (continuación 1)

| Nombre Genérico | Tipo | Temp. Máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Tamaño nominal | | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|------|------------------------------|--|---|-----------------|------------|-----------------------------------|---|
| | | | | | mm ² | AWG-kcmil | | |
| Silicón - FV | SF | 150 200 | Lugares secos y húmedos En aplicaciones donde existen condiciones de alta temperatura | Hule Silicón | 0,8235 - 3,307 | 18 - 12 | 0,762 | Malla de fibra de vidrio o material equivalente |
| | | | | | 8,367 - 33,62 | 8 - 2 | 1,524 | |
| | | | | | | 1 - 4/0 | 2,032 | |
| | | | | | 42,41 - 107,2 | | | |
| 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 | |
| Termoplástico para tableros | TT | 75 | 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 - 3,307 | 20 - 12 | 0,76 | 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 | 0,76 | Ninguna |
| | | | | | 13,30 - 33,62 | 8 | 1,14 | |
| | | | | | 8,367 | 6 - 2 | 1,52 | |
| Cable plano termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio. | TWD | 60 | Lugares secos y mojados | Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio | 0,519 - 1,307 | 20 - 16 | 0,64 | Ninguna |
| | | | | | 2,082 - 5,260 | 14 - 10 | 0,9 | |
| 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 1000V o menos en circuito abierto y a tamaños nominales de 2,082 a 8,367 mm ² (14-8 AWG) | Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio | 2,082 - 5,26 | 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 - 508,7 | 600 - 1000 | 2,79 | |

Tabla 310 – 13 Conductores – Aislamientos y usos (continuación 2)

| Nombre Genérico | Tipo | Temp. Máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Tamaño nominal | | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|---|--------------|------------------------------|--|---|-----------------|-------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | | | | | mm ² | AWG | | |
| Termoplástico o resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido | THW – LS | 75 | Lugares secos y mojados Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica Restringido a 1000V ó menos en circuito y áreas de las secciones transversales de 2082 a 8367 mm ² (14-08) | Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, 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 | |
| Termoplástico o resistente a la humedad y al calor y a la propagación de incendios | THHW | 75 90 | Lugares secos y mojados. Locales secos | Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios | 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 | |
| Termoplástico o resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios y de emisión reducida de humos y gas ácido | THHW-LS | 75 90 | Lugares mojados Lugares secos | Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, 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 | |
| Termoplástico o 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 | (800 - 1000) | 1,78 | | | | | | |

Tabla 310 - 13 Conductores - Aislamientos y usos (continuación 3)

| Nombre Genérico | Tipo | Temp. Máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Tamaño nominal | | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|--|------------|------------------------------|--|--|-----------------|-------------|-----------------------------------|---|
| | | | | | mm ² | AWG kcmil | | |
| Termoplástico con cubierta de nylon, resistente calor y a la propagación de la flama | THHN | 90 | Lugares secos | Termoplástico con cubierta de nylon, resistente 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 | (600-1000) | 1,78 | | | | | | |
| Cable plano para acometida aérea y sistemas fotovoltaicos | TWD-LV | 60 | Lugares secos y mojados Acometida aérea Ver artículo 338 Sistemas fotovoltaicos Ver artículo 690 | Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio | 3,307 - 8,367 | (12 - 8) | 1,14 | Ninguna |
| Cable monoconductor para acometida subterránea | BTC | 90 | Lugares secos y mojados Acometida subterránea Ver artículo 338 | Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama | 15 - 35 | (4 - 2) | 1,60 | Ninguna |
| Cable monoconductor y multiconductor para acometida subterránea | DRS | 90 | Lugares secos y mojados Acometida subterránea Ver Art. 338. | Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama | 21,15 - 33,62 | | 1,58 | Ninguna |
| Cable para acometida aérea | CCE | 60 | Lugares secos y mojados Acometida aérea Ver artículo 338 | Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama | 3,307 - 5,26 | | 1,2 | Termoplástico resistente a la humedad y a la intemperie |
| | | | | | 13,3 - 21,15 | | 1,6 | |

Tabla 310 – 13 Conductores – Aislamientos y usos (continuación 4)

| Nombre Genérico | Tipo | Temp. Máxima de operación °C | Usos permitidos | Tipo de aislamiento | Tamaño nominal | | Espesor nominal de aislamiento mm | Cubierta exterior |
|--|---------|------------------------------|--|--|-----------------|-------------|-----------------------------------|-------------------|
| | | | | | mm ² | AWG kcmil | | |
| Cable para acometida aérea | BM - AL | 75 | Lugares secos y mojados Acometida aérea Ver Art 338 | Termoplástico resistente a la humedad y a la intemperie | 13,3 - 33,62 | (6 - 2) | 1,14 | Ninguna |
| Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor | XHFW | 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 | |
| | | | | | 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 | XHFW-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 | (800-1000) | 2,03 | |

OBSERVACIONES GENERALES A LAS TABLAS 310-13

1. Los tipos de cables marcados con el sufijo "-2", para usarse en temperaturas de operación continua de 90 °C en ambiente mojado y seco, por ejemplo THW-2 y XHHW-2.
2. Cuando el aislamiento y la cubierta exterior (si la hay), cubren los requerimientos de no-propagación de incendio, de emisión reducida de humos y de gas ácido, de acuerdo con las normas nacionales, se permite agregar al tipo el sufijo "LS". Por ejemplo THW-LS.

310-14. Material de los conductores de aluminio. Los conductores cableados de aluminio en tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) a 506,7 mm² (1000 kcmil) de tipos XHHW, XHHW-2, RHW, RHH y RHW-2, THW, THHW, THWN, THHN, SE estilo U y SE estilo R, deben ser de aleación de aluminio AA 8000..

310-15. Capacidad de conducción de corriente. Se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante los siguientes apartados (a) o (b).

NOTA: Para las capacidades de conducción de corrientes calculadas en esta Sección no se tiene en cuenta la caída de tensión eléctrica. Para los circuitos derivados, véase la Nota 4 de 210-19(a), para los circuitos de alimentación, véase la Nota 2 de 215-2(b).

a). Disposiciones generales. Para la selección del tamaño nominal de los conductores, la capacidad de conducción de corriente de los conductores de 0 a 2000 V nominales se debe considerar como máximo los valores especificados en las Tablas de capacidad de conducción de corriente 310-16 a 310-19 y sus observaciones correspondientes.

La capacidad permisible de conducción de corriente de los conductores con aislamiento dieléctrico sólido, de 2001 a 35000 V, es la especificada en las Tablas 310-67 a 310-86 con sus Notas correspondientes.

... La capacidad de conducción de corriente permanentemente admisible es el resultado de tener en cuenta uno o más de los siguientes factores:

1. La compatibilidad en temperatura con equipo conectado, sobre todo en los puntos de interconexión.
2. La coordinación con los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito y de la instalación.
3. El cumplimiento de los requisitos del producto de acuerdo con su norma específica correspondiente
4. El cumplimiento de las normas de seguridad establecidas por las prácticas industriales y procedimientos normalizados.

b) Supervisión por personas calificadas y aprobación de la autoridad competente

c) Selección de la capacidad de conducción de corriente. Cuando se calculan diferentes capacidades de conducción de corrientes que se pudieran aplicar para un circuito de longitud dada, se debe tomar la de menor valor.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores según su interconexión a los puntos terminales, véase 110-14(c).

d) Ductos eléctricos. Como se usa en el Artículo 310, se entiende por conductos eléctricos cualquiera de los sistemas de tubo (*conduit*) reconocidos en el Capítulo 3

como adecuados para uso subterráneo; y otras canalizaciones de sección transversal circular aprobadas y listadas para uso subterráneo, ya sea enterradas directamente o embebidas en concreto.

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*, THWN*, XHHW*, TT | TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW- 2*, THWN-2*, XHHW*, XHHW-2. | TIPOS TW* | TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, BM-AL | TIPOS THHN*, THHW*, THW- 2, THWN-2, RHW-2, XHHW, XHHW- 2, DRS | |
| | COBRE | | | Aluminio | | | |
| 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 |

A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,082 mm² (14 AWG); 20 A para 3,307 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

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 MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, TH-LS THWN-2*, XHHW*, XHHW-2 | TIPOS TW* | TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW* | TIPOS THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, 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 | 960 | 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 | 0,98 | 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 menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar 15 A para 2,082 mm² (14 AWG); 20 A para 3,307 mm² (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm² (10 AWG), todos de cobre.

Observaciones a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2,000 V

1. Explicación de las tablas. Para la explicación de las letras de tipo, el tamaño nominal de los conductores y el aislamiento, véase 310-13. Para los requisitos de instalación, véanse 310-1, 310-10 y diversos Artículos de esta NOM. Para los cordones flexibles, véanse las Tablas 400-4, 400-5(a) y 400-5(b).

3. Circuitos de alimentación y acometidas a unidades de vivienda a 120/240 V, tres hilos. ... se permite utilizar los conductores de la siguiente lista como conductores de acometida monofásica a 120/240 V, tres hilos, ...

TIPOS Y TAMAÑOS DE LOS CONDUCTORES RH, RHH, RHW, THHW, THW, THWN, THHN, XHHW, USE

| De cobre mm ² (AWG o kcmil) | De aluminio mm ² (AWG o kcmil) | Capacidad de conducción de corriente de la acometida o circuito de alimentación (A) |
|---|--|--|
| 21,15 (4) | 33,63 (2) | 100 |
| 26,67 (3) | 42,41 (1) | 110 |
| 33,63 (2) | 53,48 (1/0) | 125 |
| 42,41 (1) | 67,43 (2/0) | 150 |
| 53,48 (1/0) | 85,01 (3/0) | 175 |
| 67,43 (2/0) | 107,2 (4/0) | 200 |
| 85,01 (3/0) | 126,7 (250) | 225 |
| 107,2 (4/0) | 152 (300) | 250 |
| 126,7 (250) | 177,3 (350) | 300 |
| 177,3 (350) | 253,4 (500) | 350 |
| 202,7 (400) | 304 (600) | 400 |

5. Conductores desnudos o cubiertos. Cuando se usen juntos conductores desnudos o cubiertos y conductores aislados, su capacidad de conducción de corriente se debe limitar al permitido para conductores aislados adyacentes.

6. Cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral. ...

8. Factores de ajuste.

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 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 |

Cuando los conductores y los cables multiconductores vayan juntos una distancia de más de 0,60 m sin mantener la separación y no vayan instalados en canalizaciones, las capacidades de conducción de corriente de cada conductor se deben reducir como se indica en la tabla anterior.

Excepción 3: Estos factores de corrección no se deben aplicar en uniones de canalizaciones cuya longitud no supere 0,60 m

b) Más de un conducto o canalización. Se debe conservar la separación entre conductos o canalizaciones.

9. Protección sobrecorriente. Cuando las capacidades nominales o el ajuste de los dispositivos de protección contra sobrecorriente no correspondan con las capacidades nominales y de valores de ajuste permitidos para esos conductores, se permite tomar los valores inmediatamente superiores.

10. Conductor neutro.

a) Un conductor neutro que transporte sólo la **corriente desbalanceada** de otros conductores del mismo circuito, **no se considera para lo establecido en la Nota 8.**

b) En un circuito de **tres hilos consistente en dos fases y el neutro** o un sistema de **cuatro hilos, tres fases en estrella**, un conductor común transporta aproximadamente la misma corriente que la de línea a neutro de los otros conductores, por lo **que se debe considerar al aplicar lo establecido en la Nota 8.**

c) En un circuito de **cuatro hilos tres fases en estrella** cuyas principales cargas sean no-lineales, por el conductor neutro pasarán armónicas de la corriente por lo **que se le debe considerar como conductor activo.**

11. Conductor de puesta a tierra o de empalme. Al aplicar lo establecido en la Nota 8, no se debe tener en cuenta el conductor de puesta o el empalmado a ésta

4.0 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

LOS PASOS QUE DEBEN SEGUIRSE SON LOS SIGUIENTES:

- PASO 1. CALCULO DE LA CORRIENTE DE LA CARGA
- PASO 2. FACTORES DE CORRECCIÓN
- PASO 3. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR Y DEL AISLAMIENTO
- PASO 4. REVISIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN.
- PASO 5. REVISIÓN POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.
- PASO 6. CALCULO DEL CALIBRE ECONÓMICO

PASO 1. CORRIENTE DE LA CARGA

PUEDE OBTENERSE POR MEDIO DE:

- PLACA DE DATOS DE LOS EQUIPOS
- INFORMACIÓN DE LOS FABRICANTES.
- LAS TABLAS 430.147, 430.148 Y 430.150 DE LA NOM-001-SEDE-1999 CONTIENEN CORRIENTES DE MOTORES A PLENA CARGA.
- FÓRMULAS

FÓRMULAS USUALES:

a) UNA FASE, DOS HILOS:

$$I = VA / V$$
$$I = W / (V \times fp)$$
$$I = (746 \text{ hp}) / (V \times fp \times e)$$

b) TRES FASE, TRES HILOS

$$I = VA / (1.732 \times V)$$
$$I = W / (1.732 \times V \times fp)$$
$$I = (746 \text{ hp}) / (1.732 \times V \times fp \times e)$$

DONDE:

| | |
|----|-------------------------------|
| I | CORRIENTE EN AMPERES |
| V | TENSIÓN ENTRE LÍNEAS EN VOLTS |
| hp | POTENCIA EN CABALLOS |
| W | POTENCIA EN WATTS |
| VA | POTENCIA EN VOLT-AMPERES |
| fp | FACTOR DE POTENCIA |
| e | EFICIENCIA |

PASO 2. FACTORES DE CORRECCIÓN

LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DE LOS CONDUCTORES, DEBE AFECTARSE POR:

| | |
|-----|--|
| FT | FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (VER TABLAS 310-16 A 310-19) |
| FAC | FACTOR DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE CONDUCTORES (VER NOTAS DE LAS TABLAS ANTERIORES, PÁRRAFO 8.-) |
| FM | CAPACIDAD MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES QUE ALIMENTAN MOTORES (430-22a; 430-24) |

PASO 3. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR Y DEL AISLAMIENTO

LOS CONDUCTORES ALIMENTADORES DEBEN TENER SUFICIENTE CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN PARA ALIMENTAR LAS CARGAS CONECTADAS (220-10 a) y b)) EL TAMAÑO NOMINAL MÍNIMO DE LOS CONDUCTORES DEBE TENER UNA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN IGUAL O MAYOR QUE LA CARGA NO-CONTINUA MAS EL 125 % DE LA CARGA CONTINUA (3 HORAS O MAS). PARA EVITAR TEMPERATURAS DE OPERACIÓN SUPERIORES A LA PERMITIDA POR EL AISLAMIENTO, LOS CONDUCTORES DEBEN TENER CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE MAYOR QUE LA DEMANDADA POR LA CARGA SERVIDA.

SE SELECCIONARA EL TIPO DE AISLAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA TENSION DE OPERACIÓN Y DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

LAS TABLAS 310-13 Y 310-16 A 310-19 REFERENTES A LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE DE CONDUCTORES AISLADOS DE 0 - 2 000 V, NOS SIRVEN PARA SELECCIONAR EL TAMAÑO DEL CONDUCTOR

PASO 4. REVISIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN.

LAS SECCIONES 215-2(b) Nota 1 Y 210-19(a) Nota 4 ESTABLECEN LAS CAÍDAS DE TENSIÓN PERMISIBLES PARA CIRCUITOS ALIMENTADORES Y DERIVADOS.

SI LA TENSIÓN DE SUMINISTRO ES MENOR QUE LA TENSIÓN DE UTILIZACIÓN DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS, ESTOS PUEDEN DAÑARSE Y NO OPERAR ADECUADAMENTE A MENOR TENSION RESULTA MAYOR CORRIENTE PARA UNA MISMA CARGA

LA CAÍDA TOTAL, EN CIRCUITOS ALIMENTADORES MAS DERIVADO NO DEBE EXCEDER DEL 5%, SIN EXCEDER EN NINGUNO DE ELLOS EL 3%.

LA CAÍDA DE TENSIÓN ES FUNCIÓN DE LAS SIGUIENTES VARIABLES:

- a) CORRIENTE QUE FLUYE POR EL CONDUCTOR
- b) TENSIÓN DE OPERACIÓN
- c) LONGITUD DEL CONDUCTOR
- d) SECCIÓN TRANSVERSAL
- e) RESISTENCIA Y MATERIAL DEL CONDUCTOR

PARA EL CALCULO DE LA CAÍDA DE TENSION PUEDEN UTILIZARSE LAS SIGUIENTES FÓRMULAS:

| SISTEMA | CAÍDA (e %) |
|----------|---|
| 1 F, 2 H | $200 I L (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta) / 1000 V_{fn}$ |
| 1 F, 3 H | $100 I L (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta) / 1000 V_{fn}$ |
| 3 F, 4 H | $173 I L (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta) / 1000 V_{ff}$ |
| 3 F, 3 H | $173 I L (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta) / 1000 V_{ff}$ |

DONDE:

| | | |
|----------|--------|-----------------------------|
| I | A | CORRIENTE A PLENA CARGA |
| L | km | LONGITUD DEL CONDUCTOR |
| R | ohm/km | RESISTENCIA |
| X | ohm/km | RESISTENCIA INDUCTIVA |
| θ | | FACTOR DE POTENCIA |
| V_{fn} | V | TENSIÓN ENTRE FASE Y NEUTRO |
| V_{ff} | V | TENSIÓN ENTRE FASES |

FÓRMULAS SIMPLIFICADAS PARA EL CALCULO DE LA CAÍDA DE TENSION (NO SE CONSIDERA EL VALOR DE LA REACTANCIA)

| SISTEMA | FORMULA GENERAL | FORMULA COND. COBRE |
|------------|----------------------------|---------------------|
| 127 V, 1 F | $e \% = 200 p I L / 127 S$ | $4 I L / 127 S$ |
| 220 V, 1 F | $e \% = 200 p I L / 220 S$ | $4 I L / 127 S$ |
| 220 V, 3 F | $e \% = 173 p I L / 220 S$ | $2 I L / 127 S$ |
| 440 V, 3 F | $e \% = 173 p I L / 440 S$ | $2 I L / 254 S$ |

DONDE:

| | | |
|---------------|-------------------------|--|
| e % | | CAÍDA DE TENSION EN POR CIENTO |
| I | A | CORRIENTE A PLENA CARGA |
| L | m | LONGITUD DEL CONDUCTOR EN UN SOLO SENTIDO |
| p | ohm·mm ² / m | RESISTIVIDAD DEL CONDUCTOR (Cu 0,02 A 75 °C) |
| S | mm ² | SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR |
| $R = p L / S$ | ohm | RESISTENCIA DEL CONDUCTOR |

PASO 5. REVISIÓN POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.

LOS CONDUCTORES AISLADOS DEBEN SOPORTAR, SIN DAÑARSE; EL CALOR PRODUCIDO POR LA CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO SIN DAÑARSE.

EL VALOR OBTENIDO CON LA FORMULA DEBE SER MENOR AL INDICADO EN LA GRÁFICA

LAS GRÁFICAS SON ELABORADAS POR ASOCIACIONES DE FABRICANTES

$$I_{cc} = (330 S / \sqrt{t}) \sqrt{\log((234.5 + T_f) / (234.5 + T_i))}$$

DONDE:

| | | |
|----------------|-----------------|---|
| I_{cc} | A | CORRIENTE MÁXIMA DE CIRCUITO CORTO |
| S | mm ² | SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR |
| t | s | DURACIÓN DEL CORTO CIRCUITO |
| 234,5 | °C | TEMPERATURA BAJO CERO A LA CUAL LA RESISTENCIA ES CERO |
| T _f | | TEMPERATURA MAX. DEL CONDUCTOR DURANTE EL C.C. 150°C PARA AISLAMIENTOS TERMOPLÁSTICOS (PVC) 250°C PARA AISLAMIENTOS ELASTOMEROS (EP, XLP) |
| T _i | | TEMPERATURA INICIAL DEL CONDUCTOR (°C) |

PASO 6. CALCULO DEL CALIBRE ECONÓMICO

LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE LOS CONDUCTORES AISLADOS ESTA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA QUE PUEDA SOPORTAR SU AISLAMIENTO SIN DAÑARSE

POR EJEMPLO: LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DE UN CONDUCTOR AISLADO DE 21 mm² (4 AWG) PUEDE SER DE 70, 85 O 95 A, SI LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN DEL AISLAMIENTO ES RESPECTIVAMENTE DE 60, 75 O 90°C (TABLA 310-16)

AL AUMENTAR LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN PUEDE REDUCIRSE EL COSTO INICIAL DE LAS INSTALACIONES; PERO, ES NECESARIO CONSIDERAR QUE EL COSTO DE OPERACIÓN SE INCREMENTA AL DISIPARSE MAYOR CANTIDAD DE ENERGÍA EN FORMA DE CALOR

LEY DE JOULE: $W = I^2 R$

LAS SIGUIENTES FORMULAS CONTIENEN PARÁMETROS QUE PUEDEN USARSE PARA CALCULAR EL CALIBRE MAS ECONÓMICO, COMPARANDO LOS COSTOS DE INSTALACIÓN Y DE OPERACIÓN DURANTE UN DETERMINADO PERIODO DE VIDA DEL CONDUCTOR

FORMULAS EMPLEADAS

$$\begin{aligned}
 Wc &= I^2 \times Rca \times L \times N \times H \times Fc \times 10^{-3} && \text{kWh / año} \\
 W\$ &= Wc \times K && \$ / \text{año} && Z1 \times Rca \\
 A &= M \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} && \$ / \text{año} && Z2 \times M
 \end{aligned}$$

DONDE:

| <u>SIMBOLO</u> | <u>CANT</u> | <u>UNIDAD</u> | <u>CONCEPTO</u> |
|----------------|-------------|---------------|---|
| Wc | r | kWh/año | PERDIDAS |
| W\$ | r | \$/año | PERDIDAS EN PESOS |
| Rca | r | ohm/km | RESISTENCIA DEL CONDUCTOR |
| I | d | A | CORRIENTE |
| L | d | km | LONGITUD DEL CIRCUITO |
| N | d | | Nº DE CABLES ACTIVOS |
| H | d | h | HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO |
| Fc | d | | FACTOR DE CARGA |
| K | d | \$/kWh | COSTO DE LA ENERGÍA |
| n | d | AÑOS | PERIODO DE AMORTIZACIÓN |
| i | d | | INTERÉS FINANCIERO ANUAL (CETES) |
| A | r | \$ | PAGOS ANUALES PARA AMORTIZAR EL COSTO |
| m | r | \$/m | COSTO DE LOS CONDUCTORES E-INSTALACION |
| M | r | \$ | COSTO TOTAL DE CONDUCTORES E INSTALACION INSTALACIÓN EN TUBO |

TABULANDO LOS VALORES ANTERIORES, PARA CONDUCTORES DE DIFERENTES TAMAÑOS, PUEDE OBTENERSE EL QUE REPRESENTA EL COSTO/año MAS BAJO

| COND | | Rca | W\$ | m | M | A | COSTO/año |
|------------|-----------------------|---------------|----------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| <u>AWG</u> | <u>mm²</u> | <u>ohm/km</u> | <u>\$/ año</u> | <u>\$/m</u> | <u>\$</u> | <u>\$</u> | <u>\$</u> |
| 10 | 5,26 | 3,970 | | | | | |
| 8 | 8,37 | 2,510 | | | | | |
| 6 | 13,30 | 1,610 | | | | | |
| 4 | 21,15 | 1,010 | | | | | |
| 2 | 33,62 | 0,636 | | | | | |
| 1/0 | 53,48 | 0,400 | | | | | |

LA INSTALACION MAS ECONOMICA SERA CON
CONDUCTOR mm^2 (AWG)

5.- EJEMPLO DE CALCULO

DATOS:

| | | |
|------|---------------------|-------------------|
| P | CARGA | 10 hp |
| Vff | TENSIÓN | 220 V, 3 F, 60 Hz |
| F.P. | FACTOR DE POTENCIA | 0,85 |
| e | EFICIENCIA | 0,8 |
| FM | FACTOR PARA MOTOR | 1,25 |
| | CONDUCTOR THW.LS., | COBRE |
| L | LONGITUD DEL CIRCUI | 100 m |
| Ta | TEMP. AMBIENTE | 35°C |
| | CONDUCTORES/TUBO | 3 |

PASO 1. CORRIENTE DE LA CARGA

CORRIENTE A PLENA CARGA =

APLICANDO LA FORMULA $I = (746 \text{ hp}) / (1.732 \text{ V} \times \text{fp} \times e)$

$$I = 28,79 \text{ A}$$

SEGUN TABLA 430-150 $I = 29,00 \text{ A}$

PASO 2. FACTORES DE CORRECCIÓN

| | | | |
|-----|---------------------------------|---------------------------|-----------|
| FT | POR TEMPERATURA : | TABLA 310-16, PARA 35 °C, | FT = 0,94 |
| FAC | POR AGRUPAMIENTO DE CONDUCTORES | 3 COND. | FAC = 1 |
| FM | PARA MOTOR | | FM = 1,25 |

$$I \text{ corregida} = 29 \times 1,25 / 0,94 =$$

38,56 A (CAPACIDAD MÍNIMA DE CONDUCCIÓN QUE DEBE TENER EL CONDUCTOR)

PASO 3. CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DEL CONDUCTOR

SE SELECCIONARA UN CONDUCTOR DE COBRE CON AISLAMIENTO TIPO THW.LS, 75 °C

EL CONDUCTOR DE 8.36 mm² (8 AWG) TIENE UNA CAPACIDAD DE

CONDUCCIÓN DE CORRIENTE DE

50 A para aisl. de 75°C

40 A para aisl. de 60°C

(110-14 c)(1) TEMP. DE OPERACION DE CONEXIONES ELECTRICAS)

PASO 4. REVISIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN.

PARA: 3 F, 3 H,
 $e \% = 173 I L (R \cos \theta + X \text{sen } \theta) / 1000 V_{ff}$

| | mm ² | 8,37 | 13,3 | 21,15 |
|-----------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | AWG | <u>CAL. 8</u> | <u>CAL. 6</u> | <u>CAL. 4</u> |
| I | A | 29 | 29 | 29 |
| L | m | 100 | 100 | 100 |
| R | ohm/km | 2,5500 | 1,6100 | 1,0100 |
| X | ohm/km | 0,2133 | 0,2100 | 0,1969 |
| COS θ | | 0,9000 | 0,9000 | 0,9000 |
| SEN θ | | 0,4359 | 0,4359 | 0,4359 |
| ANG θ | ° | 25,8419 | 25,8100 | 25,8100 |
| V _{ff} | V | 220 | 220 | 220 |
| e % | | <u>5,45</u> > 5 % | <u>3,51</u> < 5 % | <u>2,27</u> < 5 % |

SELECCIONAREMOS CABLE CAL. 6 AWG

PASO 5. REVISIÓN POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.

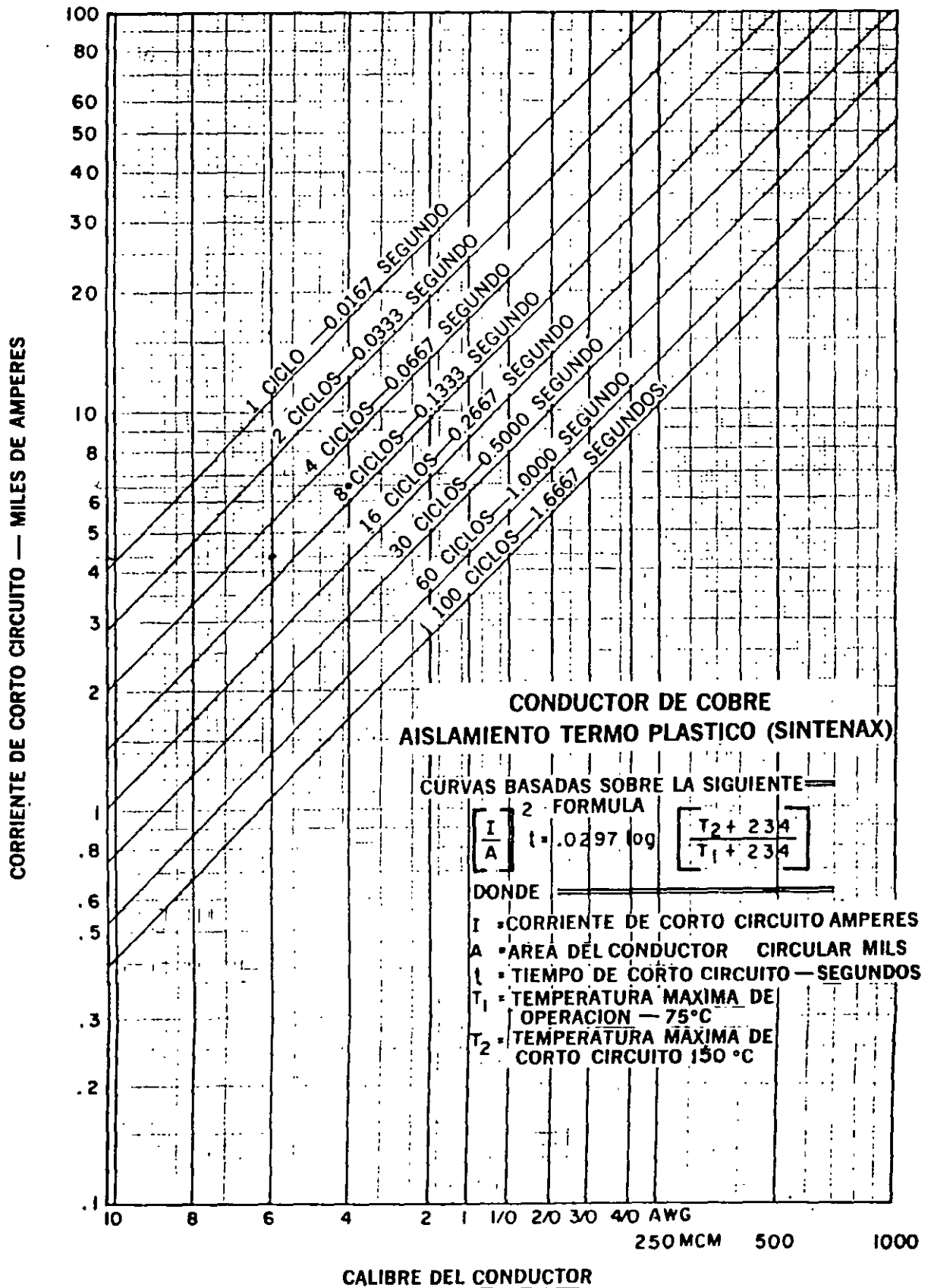
$$I_{cc} = (330 S / \sqrt{t}) \sqrt{\log((234.5 + T_f) / (234.5 + T_i))}$$

DONDE:

| | | |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|
| S | 13,3 mm ² (6 AWG) | 21,15 mm ² (4 AWG) |
| t | 0,1 | 0,1 s (6 ciclos) |
| T _f | 150 | 150 °C AISL. TERMOPLASTICO PVC |
| T _i | 75 | 75 °C |
| I _{cc} | 4.260,62 | 6.775,35 A |

REVISANDO LA GRAFICA DE "CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES" PUEDE OBSERVARSE QUE EL VALOR CALCULADO ESTA DENTRO DE LOS LIMITES DE LA CURVA DE 6 CICLOS

CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTOR DE COBRE



PASO 6. CALCULO DEL CALIBRE ECONOMICO

FORMULAS EMPLEADAS

| | | |
|---|-----------------------|-----------|
| $Wc = I^2 \times Rca \times L \times N \times H \times Fc \times 10^{-3}$ | $2,21E+06 \times Rca$ | kWh / año |
| $W\$ = Wc \times K$ | — | \$ / año |
| $A = M \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right)$ | $0,1992521 \times M$ | \$ / año |

| <u>SIMBOLO</u> | <u>CANT</u> | <u>UNIDAD</u> | <u>CONCEPTO</u> |
|----------------|-------------|---------------|--|
| Wc | | kWh/año | PERDIDAS |
| W\$ | | \$/año | PERDIDAS EN PESOS |
| Rca | | ohm/m | RESISTENCIA DEL CONDUCTOR |
| I | 29 | A | CORRIENTE |
| L | 100 | m | LONGITUD DEL CIRCUITO |
| N | 3 | | Nº DE CABLES ACTIVOS |
| H | 8760 | h | HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO |
| Fc | 100% | | FACTOR DE CARGA |
| K | 0,9 | \$/kWh | COSTO DE LA ENERGÍA |
| n | 10 | AÑOS | PERIODO DE AMORTIZACIÓN |
| i | 15% | | INTERÉS FINANCIERO ANUAL (CETES) |
| A | | \$ | PAGOS ANUALES PARA AMORTIZAR EL COSTO |
| m | | \$/ m | COSTO DE LOS CONDUCTORES E INSTALACION |
| M | mxLxN | \$ | COSTO TOTAL DE CONDUCTORES E INSTALACION |
| C / A | W\$ + A | \$ | INSTALACIÓN EN TUBO |
| | | | COSTO TOTAL ANUAL |

| COND | Rca | Wc | W\$ | m | M | A | C / A |
|-----------------|---------------|--------------|--------------|-----------|---------------|--------------|--------------|
| mm ² | ohm/m | kWh/año | \$/ año | \$/ m | \$ | \$ | \$ |
| 5,26 | 0,0040 | 8.774 | 7.897 | 20 | 6.000 | 1.196 | 9.092 |
| 8,37 | 0,0026 | 5.636 | 5.072 | 30 | 9.000 | 1.793 | 6.866 |
| 13,30 | 0,0016 | 3.558 | 3.203 | 40 | 12.000 | 2.391 | 5.594 |
| 21,15 | 0,0010 | 2.232 | 2.009 | 55 | 16.500 | 3.288 | 5.297 |
| 33,62 | 0,0006 | 1.406 | 1.265 | 90 | 27.000 | 5.380 | 6.645 |
| 53,48 | 0,0004 | 884 | 796 | 160 | 48.000 | 9.564 | 10.360 |

LA INSTALACION MAS ECONOMICA SERA CON CONDUCTOR DE:

21,15 mm² (4 AWG)



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 7 DE OCTUBRE

Tema

DIFERENTES SISTEMAS DE GENERACIÓN ELECTRICA

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ORDÓÑEZ LEZAMA
PALACIO DE MINERÍA
OCTUBRE DEL 2003**

Diferentes Sistemas de Generación Eléctrica

1.- Dif. A) Generación Privada o Propia

vs.

Dif. B) Generación para Suministro Público.

2.- En Generación Propia

- Servicio Continuo
- Servicio Emergencia

3.- Servicio Continuo

- Plantas Hidroeléctricas
- Plantas Termoeléctricas
 - Turbinas Vapor
 - Motores de Combustión Interna
 - Turbinas de Gases
- Plantas Eolicas
- Plantas Maremotrices
- Plantas Congeneración, etc.

4.- Servicios de Emergencia

- Para Circuitos Críticos (comerciales)
- Para Circuitos Legales
- Para Circuitos de Vida.

5.- Emergencia Circuito Criticos (comerciales)

a) Sistemas de C.D.

Sistemas de CA Monofásicos

Sistemas de CA Trifásicos

Sistemas especiales, CA Alta Frecuencia, etc.

b) Soporte de Suministro Normal

- Alumbrado por Baterías.
- Plantas de Gasolina
- Plantas Diesel
- Plantas a Gas
- Inversores de Potencia Eléctrica (UPS) SIP.

c) Sistemas de Arranque Manual

Sistemas de Arranque Semiautomático

Sistemas de Arranque y Paro Automático

6.- Emergencia para Circuitos Legales

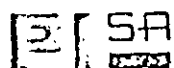
7.- Emergencia para Circuitos de Vida

| CARACTERISTICAS | | DE | | SUMINISTRO | | ELECTRICO | | USUAL | | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------|----------------------------------|--|---|-------|---------------|----|----|
| SISTEMA | SERVICIO | CONFIABILIDAD TMEF (hs) (MTBF) | ORDEN DE TIEMPO DE INTERRUPT. (MTTR) | PERMANENCIA EN SERVICIO | ORDEN DE CAPA- CIDA KW | EQUIPO | | | | | |
| A) Suministro Normal Gov. o Concesionaria | Continuo (Varias Plan- tas). | 200/2000 | Minutos/Horas | Años | Millones | Hi | D | M | Te | Tu | Eo |
| | | | | | | Geo | N | | | | |
| F) Gen. Propia | Continuo (Respaldo otra unidad) | 500/2000 | Minutos/Horas | Años | 100-10,000 ó más | Hi | D | | Te | Tu | |
| C) Ger Propia | Emergencia | 2000/10,000 | 3-5 seg. ó más (arranque) | Minutos | 20 - 500 ó más | D | | | Ga | | |
| D) Baterías (c.c) Bats. Ni Cd | Emergencia | 9000/50,000 100,000/200,000 | 0.25 seg. | Minutos | 0.1 - 10 (so- lo corr. Cont.) | Bat. Plomo Acido | | | Bat. Alcalina | | |
| E) SPI*MGV* | Continuo | 6000/8000 | - 0 - | Sems. | 30 - 72 | MG con Volante y Planta de Respaldo. | | | | | |
| F) SPI* (Off Line) | Emergencia | 8000/10,000 | 0.15 | Meses 10-30 min. | 0.25-1 | Eq. Electrónico+ Batería. | | | | | |
| G) SPI* (On Line) | Continuo | 15,000/50,000 | - 0 - | Meses (Bat. 15 min.) | 1-500 | Equipo Electróni cc + Batería. (Respal do Planta). | | | | | |
| H) SPI* (On Line) Con redundancia | Continuo (Respaldo) | 60,000/100,000 ó más | - 0 - | Meses Bat. 15 min. | 1 - 500 (x2 ó x3) | Eq. Eléct. + Bat. (Res paldo, otros SPI + - Planta). | | | | | |

(*) Abreviaturas: SPI - Sistema de Potencia Ininterrumpible MGV = Moto Generador con Volante E= Electrónica
TMEF- Tiempo Medio entre fallas (Hr) (MTBF)
Hi - Hidráulico D - Diesel N - Nucleoeléctrico
Te - Termoeléctrico Ga- Gasolina Eo- Eólica
Geo - Geotérmica Tu- Turbina M - Maremotriz

Fig. 1

CORTESIA DE:



PROYECTO INDUSTRIALES, S.A. de C.V.

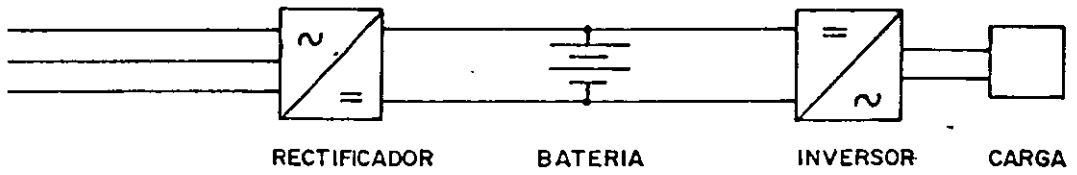
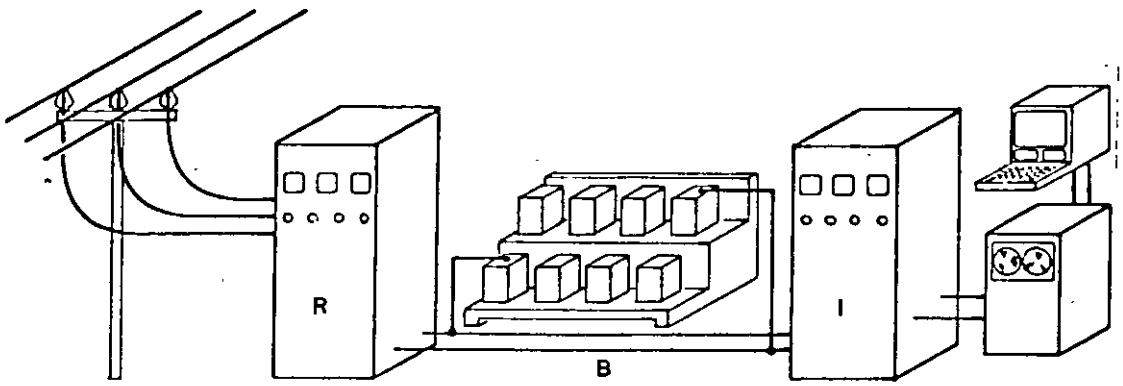
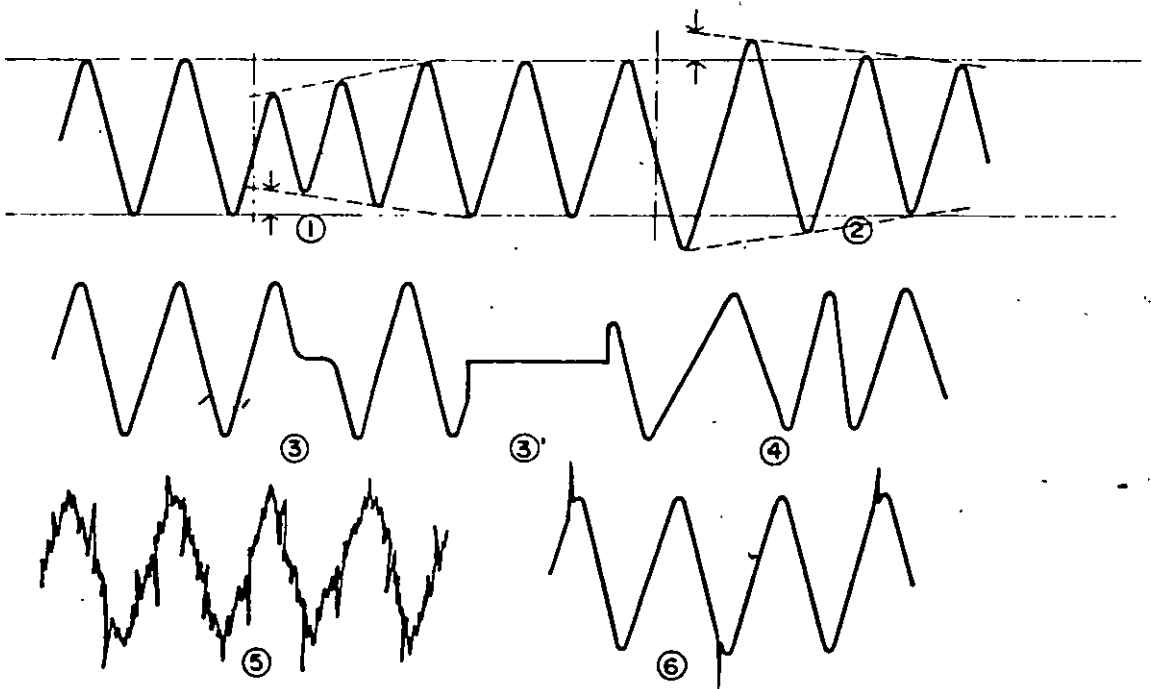


Fig. 2



- ① CAIDA
- ② INCREMENTO
- ③ FALTA

- ④ VARIACION EN FRECUENCIA
- ⑤ BASURA o SUPERPOSICION
- ⑥ PICOS

Fig. 3

ciones dentro de la electrónica se hacen a velocidades de nona segs. ó sea millonésimas de segundos, pueden perderse datos ó introducirse errores que hechan a perder totalmente el programa.

Por esta razón es necesario conocer las características de los equipos confiables y dar las soluciones apropiadas.

Por otra parte, como los mismos equipos SPI son susceptibles de falla, se han previsto soluciones que permitan hacerlos confiables.

Un equipo SPI tiene una configuración como se indica, con sus respectivos interruptores de aislamiento y protección. (Ver Fig. 4)

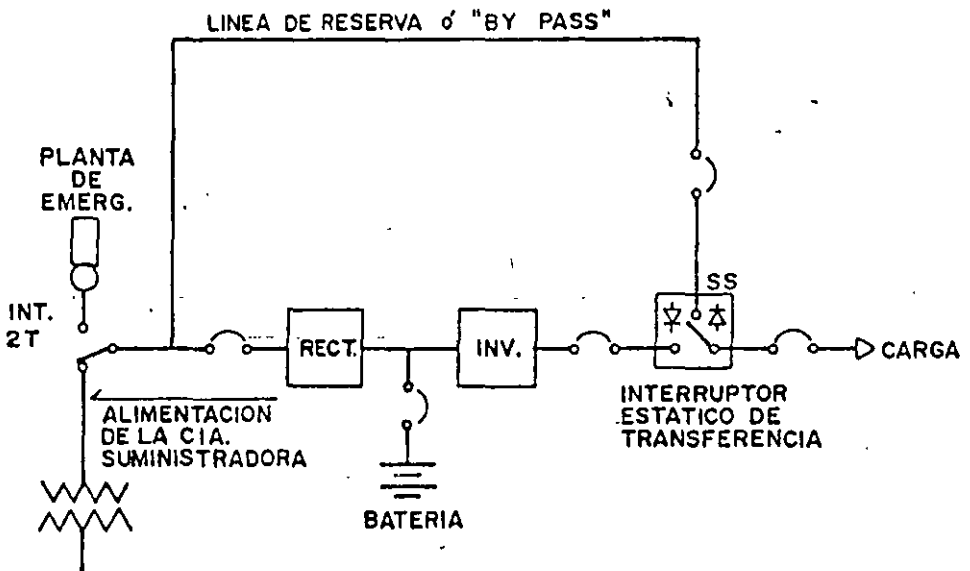


Fig. 4

La operación sobre la marcha permite que, en caso de fallar el equipo SPI ó que se requiera aislarlo para mantenimiento, el interruptor estático de transferencia (SS) permite que sin ninguna interrupción, la carga quede conectada a una línea de reserva o de puente desde el bus de alimentación.

Una configuración redundante que permita todavía una mayor -- protección sería la siguiente.

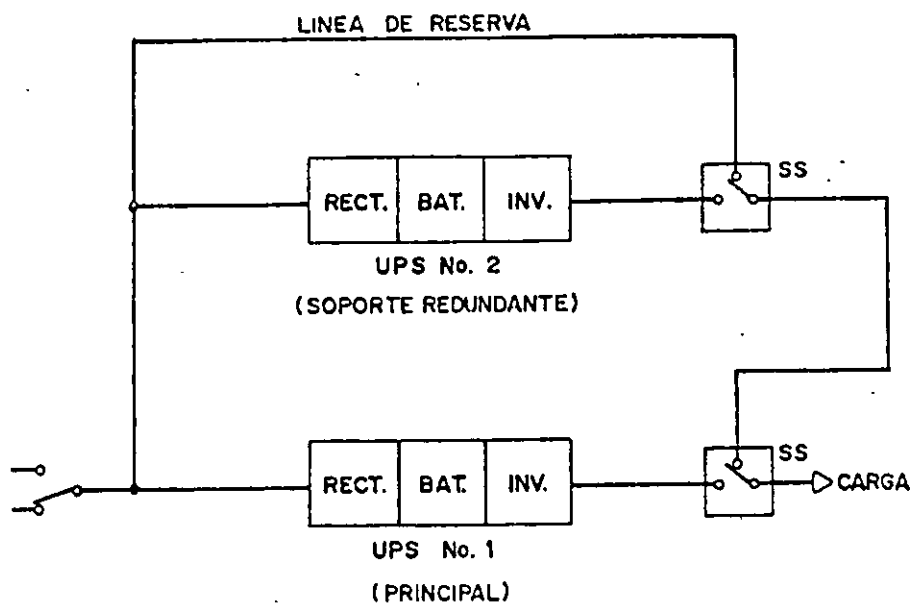


Fig. 5

Configuración 1 de 2

En caso de tenerse más unidades pueden usarse otras configuraciones como la que se indica.

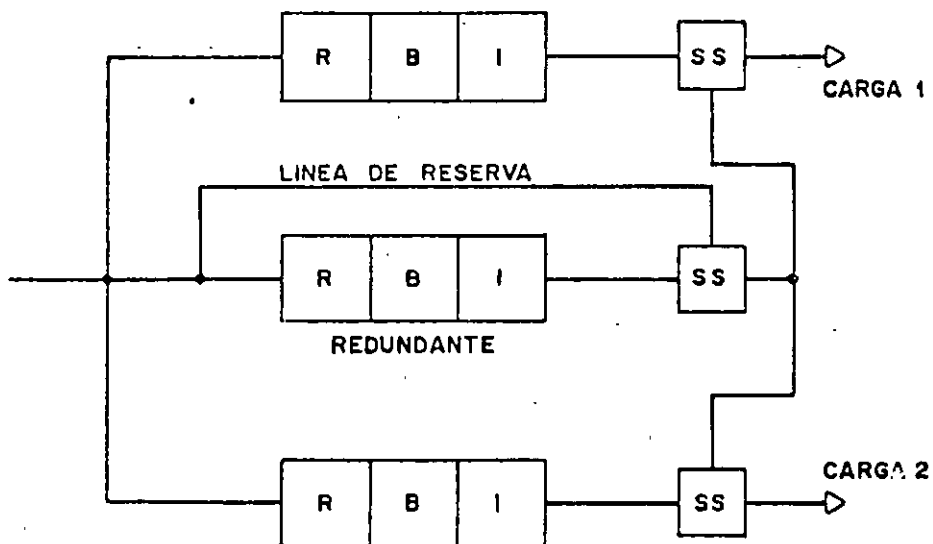



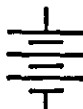

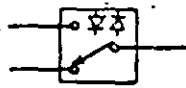


Fig. 6

Configuración 2 de 3

En estas condiciones, la confiabilidad del conjunto de equipos, (que pueden medirse en MTBF ó sea Tiempo Medio entre Fallas), se incrementa considerablemente.

Ejemplo:

| | | | MTBF o TMEF | MTTR o TMDR |
|---|-----|-------------------|-----------------------------|-------------------|
|  | sum | Suministrador | 80/100 | 0.25 |
|  | Tr | Transformador | 300 000 | 24 |
|  | R | Rectificador | 75 000 (10) 50 000 (30) | 1 2 |
|  | B | Batería | 80 000/100 000 | 2 |
|  | I | Inversor | 40 000 (10) 25 000 (30) | 2 3 |
|  | IE | "Switch" Estático | 100 000 (10) 50 000 (30) | 2 3 |

TMEF = Tiempo medio entre fallas (h)

TMDR = Tiempo medio de reparación (h)

$$A = \text{Disponibilidad} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} - \text{TMDR}}$$

$$\lambda = \text{Índice de falla} = \frac{1}{\text{TMEF}} \quad (1/h)$$

$$\rho = \frac{\text{TMDR}}{\text{TMEF}} \quad \text{Relación para redundancia}$$

Fig 7

El índice de falla de un conjunto SPI trifásico por ejemplo, es la suma de los índices e falla de sus componentes:

$$\lambda_T = \lambda_R + \lambda_B + \lambda_I + \lambda_{SS} =$$

$$\lambda_T = \frac{1}{50\ 000} + \frac{1}{100\ 000} + \frac{1}{25\ 000} + \frac{1}{50\ 000} =$$

$$\lambda_T = 10^{-6} (20 + 10 + 40 + 20) = 90 \times 10^{-6}$$

o sea que las probabilidades de falla en 1 hora de funcionamiento del conjunto ó sistema son 90 millonésimos.

$$TMEF = \frac{1}{\lambda_T} = \frac{1}{90 \times 10^{-6}} = 11,111 \text{ h}$$

o sean 15.22 meses = 1.3 años

Esto nos da una idea de la confiabilidad de un equipo similar.

En el caso de varias unidades de SPI combinados la confiabilidad resulta muy alta y podría calcularse en base a las partes comunes y las propias del Sistema y la sola adición de la línea de reserva e interruptor estático aumenta más del doble dicha confiabilidad.

Por ejemplo, con línea de reserva del suministrador SUM. según la figura 7, calculandose el índice de confiabilidad del Sistema y del Suministro paralelo, le agregamos en serie el dispositivo común IE.

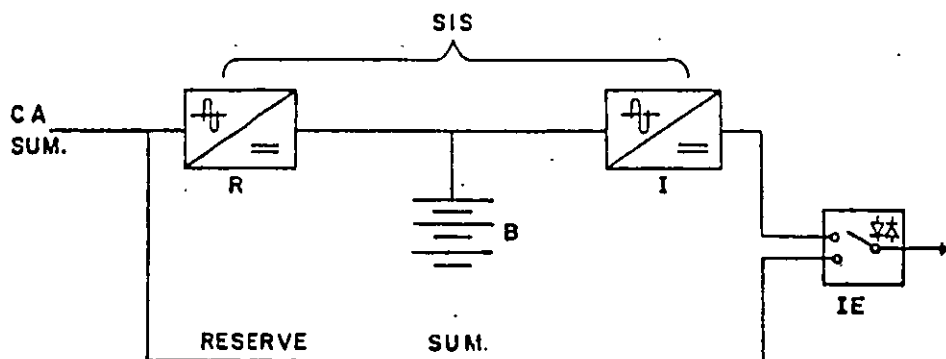


Fig. 8

$$\lambda_T = \left(\frac{1}{\lambda_{sis}} + \frac{1}{\lambda_{sum}} + \frac{1}{\lambda_{sis}} \cdot \frac{1}{\lambda_{sum}} \cdot \frac{1}{TMDR_{sis}} \right)^{-1} + \lambda_{IE}$$

| | | |
|------------|---|-------------------------------------|
| | | TMEF |
| Calculando | { | operación monofásica 50 000 h |
| TMEF para: | | operación trifásica 36 000 h |

Con dos unidades o sistemas redundantes y un Interruptor estático la confiabilidad nuevamente se incrementa.

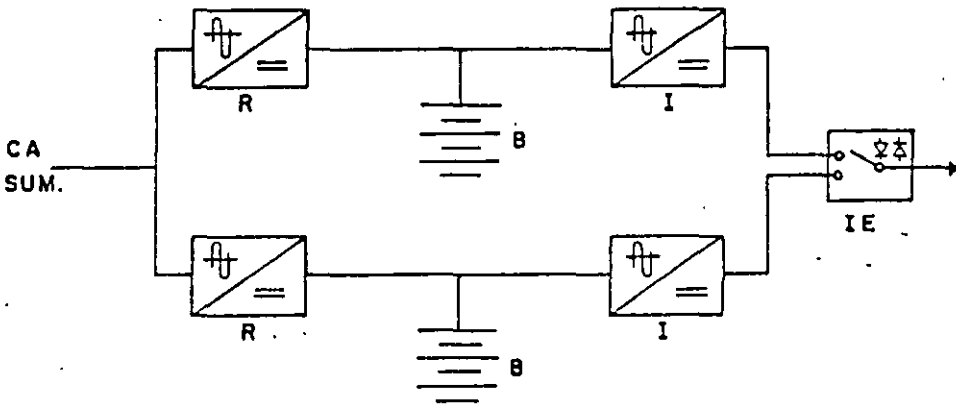


Fig. 9

$$\lambda_T = \left[\frac{2}{\lambda_{sis}} + \left(\frac{1}{\lambda_{sis}} \right)^2 \cdot \frac{1}{TMDR_{sis}} \right]^{-1} + \lambda_{IE}$$

| | | |
|------------|---|-------------------------------------|
| | | TMEF |
| Calculado | { | operación monofásica 99 500 h |
| TMEF para: | | operación trifásica 66 000 h |

Como se ve, para cargas muy críticas, debe uno buscar las soluciones adecuadas, de tal modo de correr los menores riesgos posibles.

Como ejemplos de casos muy críticos podemos mencionar el rastreo y control remoto de satélites o naves tripuladas, donde una interrupción de energía o una forma de onda anormal podrían introducir errores que llevarían a resultados fatales la misión planeada al salirse de órbita o perderse su control.

Ante estas condiciones se busca que los procesos más importantes tengan como alimentación principal la propia generación y como emergencia a la Cía. suministradora mediante circuitos de transferencia automáticos.

Esto daría una interrupción forzada mínima de aproximadamente 0.130 seg. pero, para contar con un Sistema -- "NO BREAK" INDUSTRIAL puede ser factible tener permanentemente conectada las dos alimentaciones (publica y propia) en paralelo. Esto, siempre y cuando se tengan, no solamente los dispositivos de protección como interruptores con reles de potencia inversa, sino al personal idóneo para verificar que las operaciones de sincronización y desconexión se hagan adecuadamente y sin causar perjuicio o variaciones a los demás usuarios del suministro público.
Ver Fig. 11.

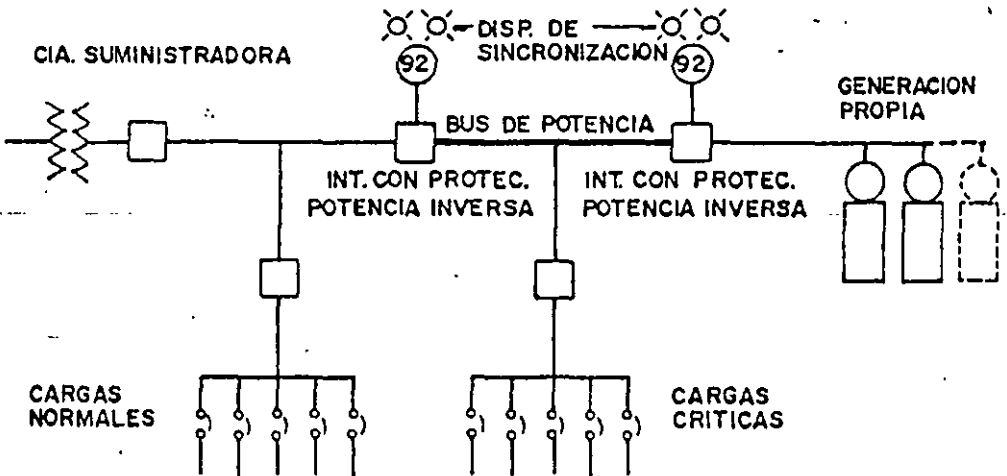


Fig. 12

Ante una situación como se describe la carga crítica puede funcionar sin interrupción como con un SPI ya que, al faltar energía en el suministro normal, este se desconecta automáticamente del Bus de potencia constante y lo mismo, - al fallar la generación propia se desconecta su interruptor dejando las cargas críticas alimentadas con la Cía. suministradora.

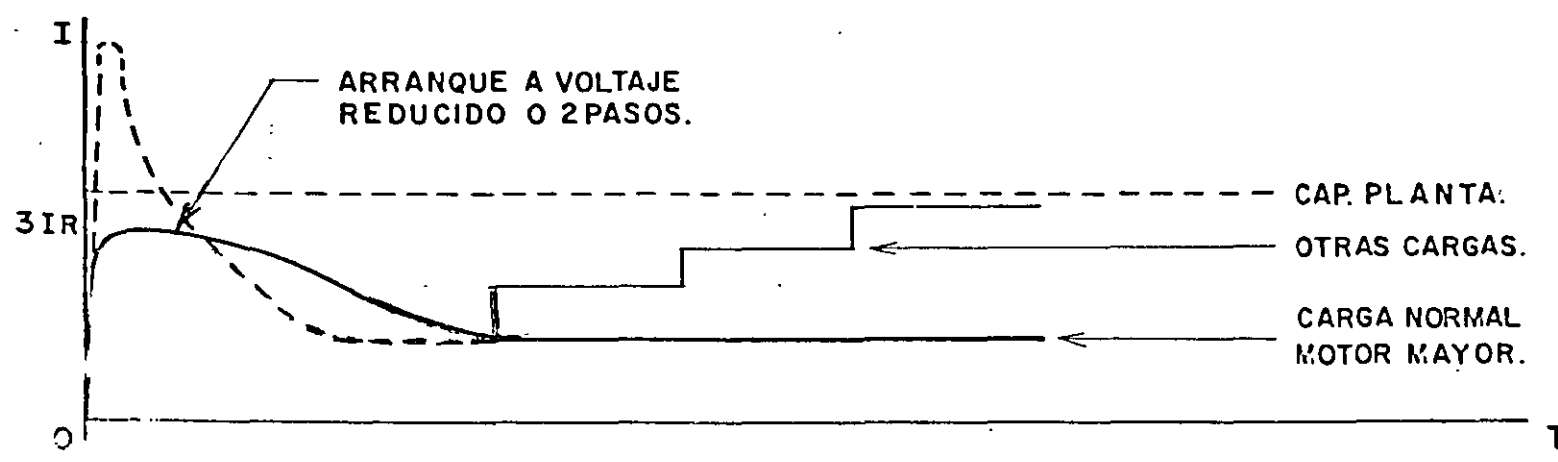
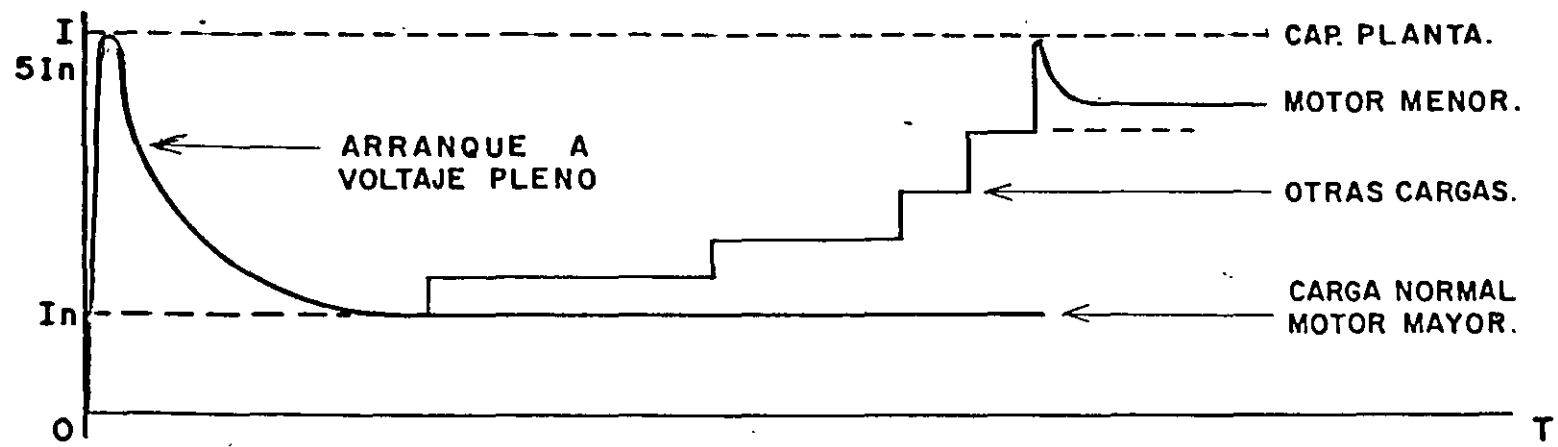


Fig 13

A L.R.

821202

K-455

PISA
 PROYECTOS INDUSTRIALES, S. A.
 MONTERREY 89-303 TELS. 533 62 69
 MEXICO 7, D. F. 514-37-58
 - INSTALACIONES ELECTRICAS Y MECANICAS
 FABRICACION DE TABLEROS - SUBESTACIONES
 UNITARIAS - CONVERTIDORES DE FRECUENCIA
 CONTROLES Y PLANTAS

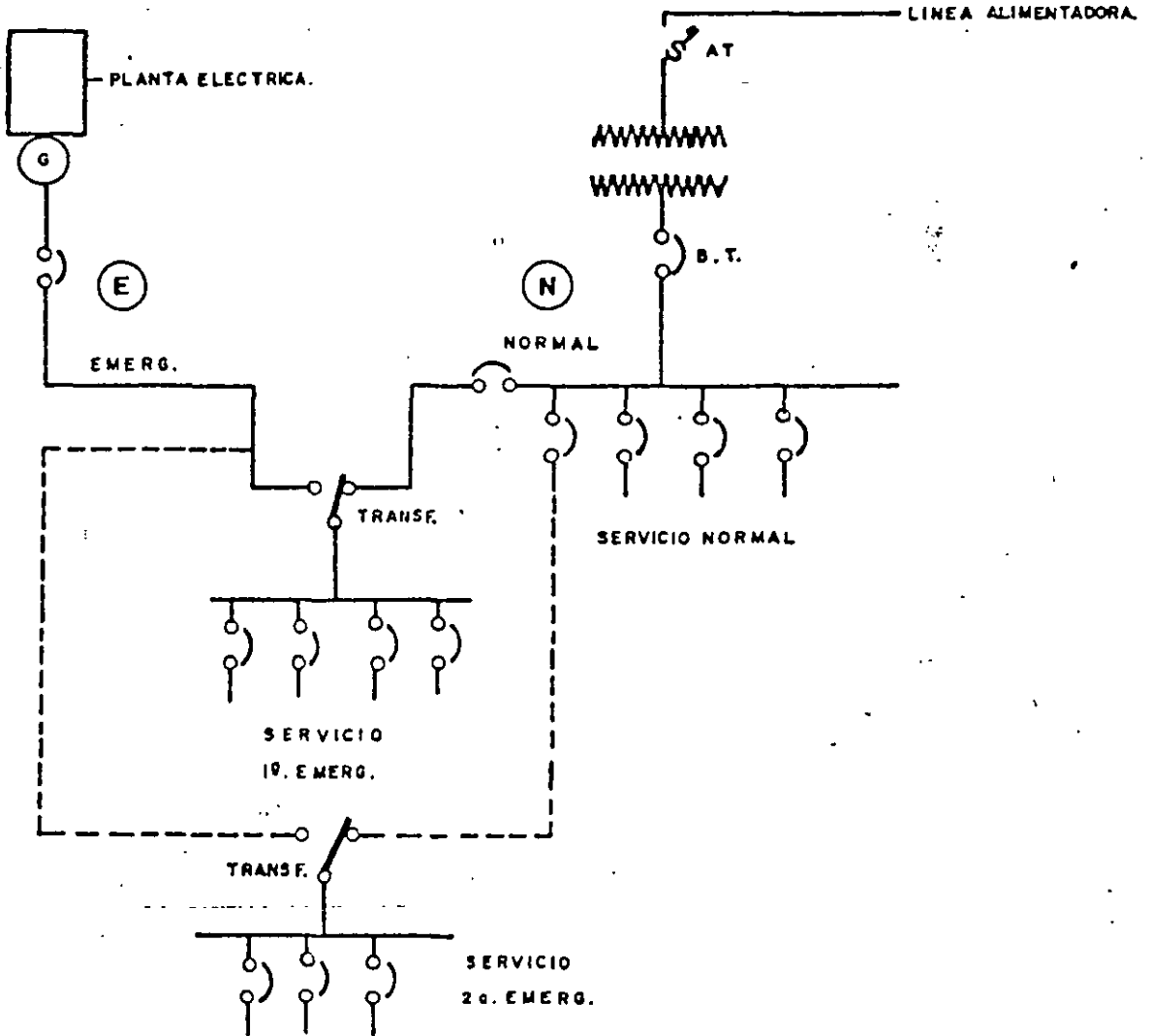


Fig. 16

Si una planta de emergencia tiene sistema automático de arranque y paro, no se concibe que el Doble Tiro sea manual y por consiguiente es necesario un Interruptor Automático de Transferencia que reconozca siempre una alimentación preferente.

Similarmente, si la planta es de operación manual no es necesario transferencia automática.

FORMATO PARA CALCULO DE CARGA ELECTRICA Y BATERIAS

| ELECTRO DOMESTICOS | HORAS DE USO DIARIO X | CONSUMO WATTS = | USO DIARIO HORAS/WATTS |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|
| Microondas | 0,25 | 600 | 0 150 |
| Alumbrado | 6 | 350 | 0 2100 |
| Secador de pelo | | 1200 | 0 |
| Televisión | 4 | 100 | 0 400 |
| Lavadora de ropa | 0,5 | 350 | 0 175 |
| Refrigerador | 8-10 | 700 | 0 5600 -7000 |
| Tostador | | 600 | 0 |
| Aire acondicionado 10000 BTU | | 1700 | 0 |
| Aire acondicionado 12000 BTU | | 2000 | 0 |
| Aire acondicionado 18000 BTU (220V) | | 2500 | 0 |
| Calentador | No | 3500 | 0 |
| Radio | 4 | 20 | 0 30 |
| Computadora | 2 | 120 | 0 240 |
| Impresora de tinta | 0,15 | 20 | 0 3 |
| Impresora Laser | | 400 | 0 |
| Fax | 24 | 100 | 0 2400 |
| Copiadora | | 110 | 0 |
| Lámpara fluorescente (x2)x | 6 | 80 | 0 480 |
| Lavadora presión | | 110 | 0 |
| Ventilador de piso | | 60 | 0 |
| Ventilador de techo | | 120 | 0 |
| Conmutador | 24 | 200 | 0 4800 |
| Puerta eléctrica 1/2 HP | 0,5 | 500 | 0 |
| Puerta eléctrica 1 HP | 60 | 1000 | 0 165 |
| Cargador teléfono celular | 4 | 15 | 0 60 |
| Plancha | 1 | 1200 | 0 1200 |
| Cafetera | 0,25 | 1100 | 0 275 |
| Persianas eléctricas | | 350 | 0 |
| Unidad central | | 500 | |
| Tostador | | 400 | 0 |

| | | | |
|---|---------|--------|--------------------------|
| 0 | (18515) | 18.130 | Watts usados diariamente |
|---|---------|--------|--------------------------|

Voltage empleado
Dias de autonomia (VDC) 12/24/48
operados (1-5)

4.8 hrs = 0.2 Dias x 24 = 4.8 H. 3626 W-Hrs

| | | | |
|---|----|---------|-------------------------------|
| 2 | 24 | 435.012 | Capacidad de batería estimada |
|---|----|---------|-------------------------------|

Agregar 50% por emergencia

| | | | |
|---|---|---------|------------------------------------|
| 0 | 0 | 652.662 | Tamaño de batería propia Watt/Hora |
|---|---|---------|------------------------------------|

| | |
|----------------------------|----|
| Sistema cargador amper (A) | 70 |
|----------------------------|----|

Sistema de voltage bat/Hrs (VDC)

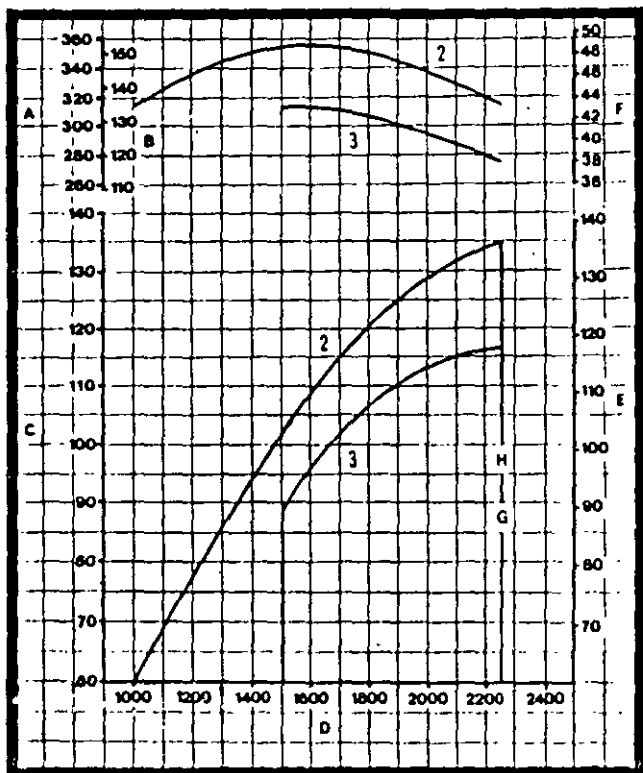
| | | | |
|-------|---|---|------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | Tamaño de batería en Amp/Hr. |
| 0 | 0 | 0 | Tiempo de cargador en horas |
| 23144 | | | Tamaño inverteor |

en 24h
755 W / H x 2
x 1.5
5440
x 2
= 7252

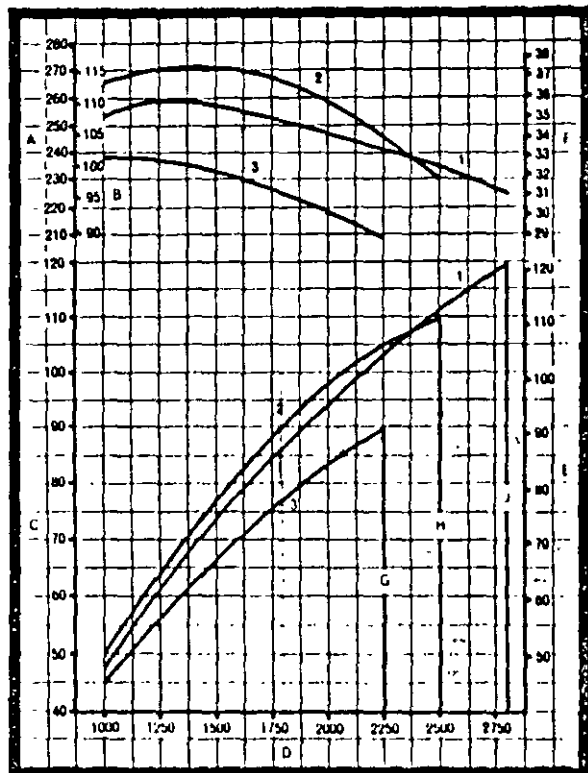
CURVAS DE EFICIENCIA

- A Torque lbf pie
- B B.M.E.P. lbf/pulg
- C B.H.P.
- D R.P.M.
- E CV ó PS
- F Torque Kgf m
- G Máxima velocidad continua
- H Máxima velocidad intermitente (Regulación mecánica)
- I Mínima velocidad regimen continua
- J Máxima velocidad intermitente (Regulación hidráulica)

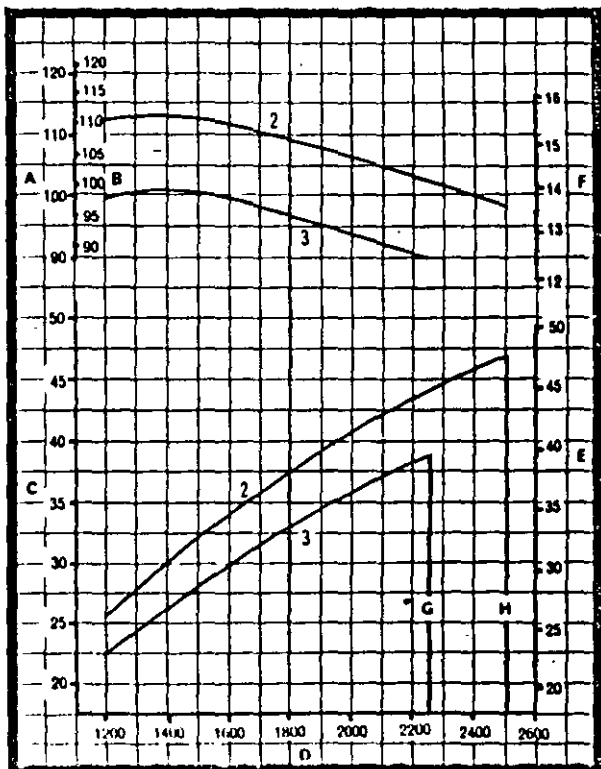
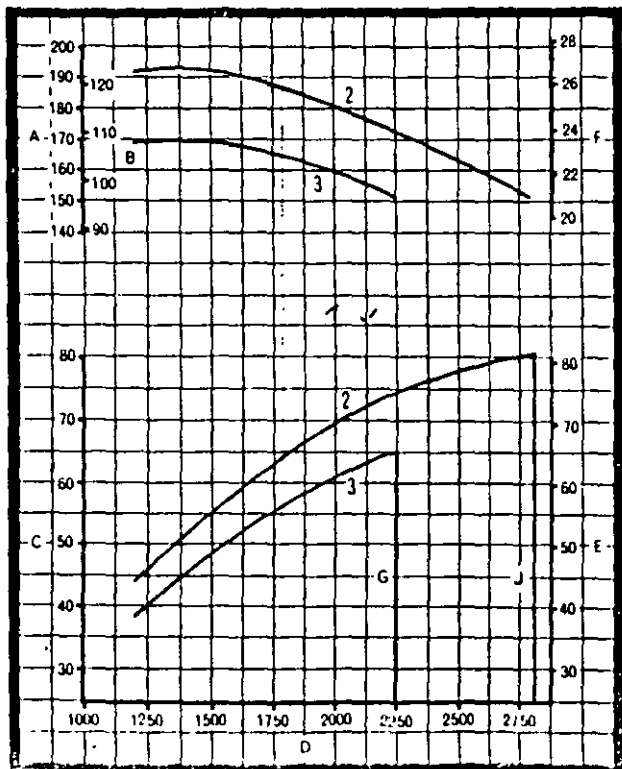
- 1 Máximo HP intermitente bruto (29-38 Pulgadas Hg. 85°F) (Regulación Hidráulica)
 - 2 Máximo HP intermitente bruto (29-38 Pulgadas Hg. 85°F) (Regulación Mecánica)
 - 3 HP continuo según B.S. 649:1958 (29.5 pulgadas Hg. 85°F) (Regulación Mecánica)
- Combustible: BS:2869:1967 Clase A
Aceite: SAE 20



T6 354 (I)



6.354 (I)



0,3 - 2 kVA 1/1

Harviot

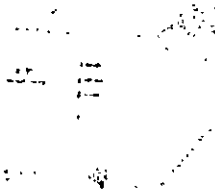
300 VA - 530 VA



technical datasheet (PDF)

Eco Interactive SX-I

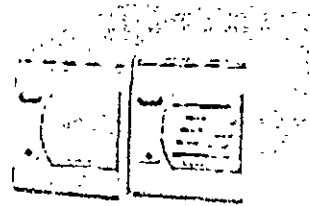
770 VA - 1100 VA



technical datasheet (PDF)

Eco Network

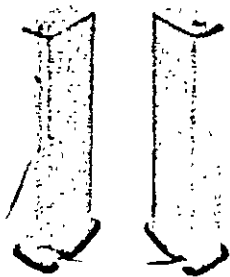
750 VA - 2100 VA



technical datasheet (PDF)

Ordinatore ORT550

550 VA



technical datasheet (PDF)

Bi-Twice

800 VA - 1250 VA



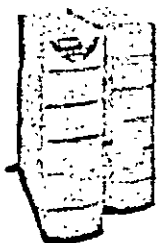
technical datasheet (PDF)

4,5 - 20 kVA 1/1 - 1/3

5 - 20 kVA 1/1 - 1/3

Primewave plus

5 kVA-10 kVA 1/1-3/1



techn. data (PDF)

Powerwave

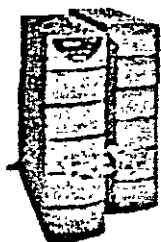
7,5 kVA-20 kVA 1/1-3/1



techn. data (PDF)

Primewave plus

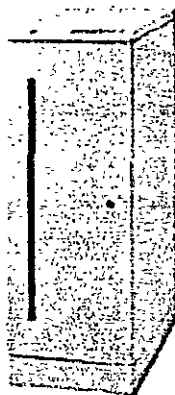
5 kVA-10 kVA 1/1-3/1



[techn. data \(PDF\)](#)

Powerwave

7,5 kVA-20 kVA 1/1-3/1



[techn. data \(PDF\)](#)

0,3 - 2 kVA 1/1

Harviot

300 VA - 530 VA



[technical datasheet \(PDF\)](#)

Eco Interactive SX-I

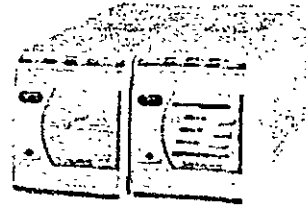
770 VA - 1100 VA



[technical datasheet \(PDF\)](#)

Eco Network

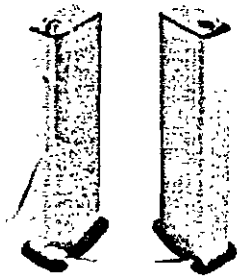
750 VA - 2100 VA



[technical datasheet \(PDF\)](#)

Ordinatore ORT550

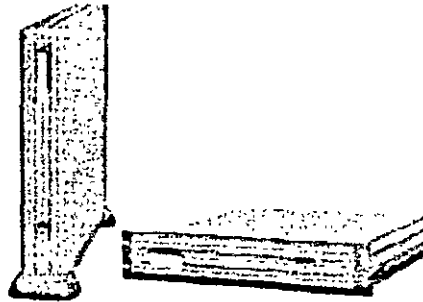
550 VA



[technical datasheet \(PDF\)](#)

Bi-Twice

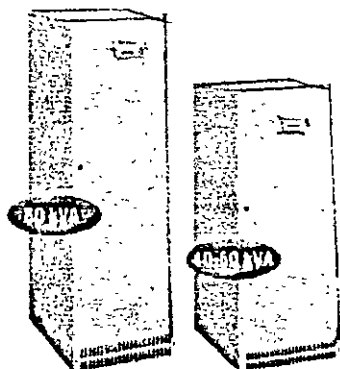
800 VA - 1250 VA



[technical datasheet \(PDF\)](#)

conceptpower midi

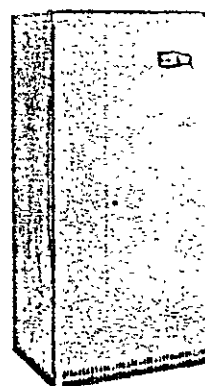
40 kVA - 80 kVA



technical datasheet (PDF)

conceptpower maxi

80 kVA - 250 kVA



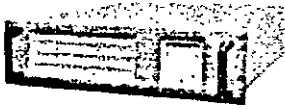
technical datasheet (PDF)

You can order the brochure "conceptpower" here.

0,75 - 4 kVA modular 1/1, 19"

Eco Interactive R

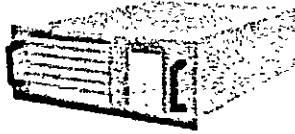
750 VA - 1050 VA



[technical datasheet \(PDF\)](#)

HFR Millenium

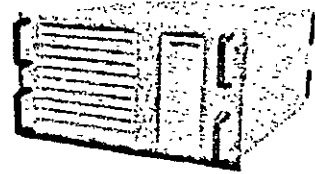
1000 VA - 2000 VA



[technical datasheet \(PDF\)](#)

HFR Topline

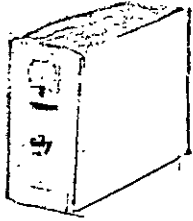
1000 VA - 4000 VA



[technical datasheet \(PDF\)](#)

Ally HF

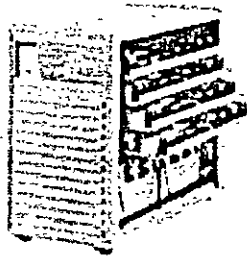
800 VA - 2500 VA



[technical datasheet \(PDF\)](#)

HF Topline/1

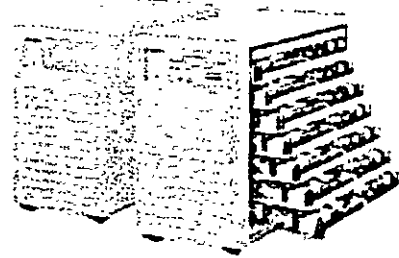
1000 VA - 4000 VA



[technical_datasheet \(PDF\)](#)

HF Topline/2

4000 VA - 8000 VA

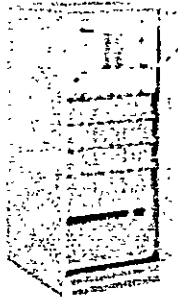


[technical_datasheet \(PDF\)](#)

10 - 40 kVA 3/3

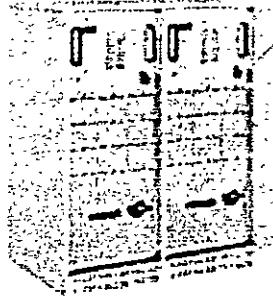
conceptpower
slim-line

10 kVA - 40 kVA
stand-alone



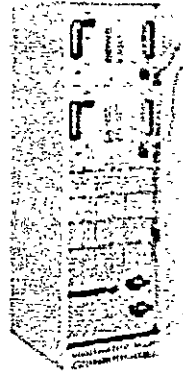
conceptpower
classic-line

10 kVA - 40 kVA
19" modules



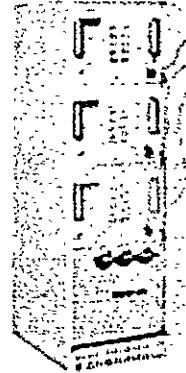
conceptpower
gemini-line

10 kVA - 30 kVA
19" modules



conceptpower
upgrade-line

10 kVA - 40 kVA
19" modules



techn. data (PDF)

You can order the brochure "conceptpower" here.

FORMATO PARA CALCULO DE CARGA ELECTRICA Y BATERIAS

| ELECTRO DOMESTICOS | HORAS DE USO DIARIO X | CONSUMO WATTS = | USO DIARIO HORAS/WATTS |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|
| Microondas | 0.25 | 600 | 0 150 |
| Alumbrado | 6 | 350 | 0 2100 |
| Secador de pelo | | 1200 | 0 --- |
| Televisión | 4 | 100 | 0 400 |
| Lavadora de ropa | 0.5 | 350 | 0 175 |
| Refrigerador | 8-10 | 700 | 0 5600 -7000 |
| Tostador | | 600 | 0 |
| Aire acondicionado 10000 BTU | | 1700 | - 0 |
| Aire acondicionado 12000 BTU | | 2000 | 0 |
| Aire acondicionado 18000 BTU (220V) | | 2500 | 0 |
| Calentador | No | 3500 | 0 |
| Radio | 4 | 20 | 0 30 |
| Computadora | 2 | 120 | 0 240 |
| Impresora de tinta | 0.15 | 20 | 0 3 |
| Impresora Laser | | 400 | 0 |
| Fax | 24 | 100 | 0 2400 |
| Copiadora | | 110 | 0 |
| Lámpara fluorecente (x2)x | 6 | 80 | 0 480 |
| Lavadora presión | | 110 | 0 |
| Ventilador de piso | | 60 | 0 |
| Ventilador de techo | | 120 | 0 |
| Conmutador | 24 | 200 | 0 4800 |
| Puerta eléctrica 1/2 HP | 0.5 | 500 | 0 |
| Puerta eléctrica 1 HP | 60 | 1000 | 0 160 |
| Cargador teléfono celular | 4 | 15 | 0 60 |
| Plancha | 1 | 1200 | 0 1200 |
| Cafetera | 0.25 | 1100 | 0 275 |
| Persianas eléctricas | | 350 | 0 |
| Unidad dental | | 500 | 0 |
| Tostador | | 400 | 0 |

| | | | |
|---|---------|--------|--------------------------|
| 0 | (18515) | 18,130 | Watts usados diariamente |
|---|---------|--------|--------------------------|

en 24 H

Voltage empleado
Días de autonomía (VDC) 12/24/48 esperados (1.5)

→ 755 W / H x 0

4.8 hs = 0.2 Días x 24 = 4.8 H: 3626 W-Hs

| | | | |
|---|----|---------|-------------------------------|
| 2 | 24 | 435,012 | Capacidad de batería estimada |
|---|----|---------|-------------------------------|

x 1.5

Agregar 50% por emergencias

| | | |
|---|---------|-----------------------------------|
| 0 | 652,662 | Tamaño de batería propia Watt/Ho. |
|---|---------|-----------------------------------|

5440
x 2
= 7252

| | |
|---------------------------|----|
| Sistema cargador amos (A) | 70 |
|---------------------------|----|

Sistema de voltage bat/Hrs (VDC)

| | |
|-------|------------------------------|
| 0 | Tamaño de batería en Amp/Hr. |
| 0 | Tiempo de cargador en horas |
| 23144 | Tamaño inv. sor |



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

MODULO III CA 157

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

22 DE SEPTIEMBRE AL 07 DE OCTUBRE

Tema

TARIFAS ELECTRICAS

**EXPOSITOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
PALACIO DE MINERÍA
OCTUBRE DEL 2003**

Como ya lo sabemos el suministro de energía eléctrica en el país se encuentra a cargo de la Comisión Federal de electricidad y de Luz y Fuerza del Centro.

Ambas compañías tienen las mismas tarifas para la distribución de la energía, dichas tarifas se clasifican de la siguiente manera:

1. Tarifas específicas

| | |
|----------------------------|--|
| Domésticas | <u>1</u> <u>1A</u> <u>1B</u> <u>1C</u> <u>1D</u> <u>1E</u> <u>1F</u> |
| Domesticas de alto Consumo | <u>DAC</u> |
| Servicios públicos | <u>5</u> <u>5-A</u> <u>6</u> |
| Agrícolas | <u>9</u> <u>9M</u> <u>9-CU</u> <u>9-N</u> |
| Temporal | <u>7</u> |

2. Tarifas generales

| | |
|------------------------|--|
| En baja tensión | <u>2</u> <u>3</u> |
| En media tensión | <u>O-M</u> <u>H-M</u> <u>H-MC</u> |
| En alta tensión | <u>HS</u> <u>HS-L</u> <u>HT</u> <u>HT-L</u> |
| Servicio de respaldo | <u>HM-R</u> <u>HM-RF</u> <u>HM-RM</u> <u>HS-R</u> <u>HS-RF</u> <u>HS-RM</u> <u>IIT-R</u> <u>IIT-RF</u> <u>IIT-RM</u> |
| Servicio interrumpible | <u>I-15</u> <u>I-30</u> |

1. Tarifas Especificas

Servicio doméstico 1

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda.

Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general

Cargos por energía consumida, para consumos hasta 140 (ciento cuarenta) kilowatts-hora.

| | | |
|--------------------|----------|---|
| Consumo básico | \$ 0.521 | por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora. |
| Consumo intermedio | \$ 0.628 | por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores |

Cargos por energía consumida, para consumos mayores a 140 (ciento cuarenta) kilowatts-hora.

| | | |
|--------------------|----------|--|
| Consumo básico | \$ 0.521 | por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora |
| Consumo intermedio | \$ 0.871 | por cada uno de los siguientes 50 (cincuenta) kilowatts-hora. |
| Consumo excedente | \$ 1.826 | por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores. |

Mínimo mensual

El equivalente a 25 (veinticinco) kilowatts-hora.

NOTA: Las cuotas indicadas corresponden al día 8 de febrero de 2002 y estarán sujetas a un ajuste mensual acumulativo de 1.00682 en los términos del resolutivo **SEGUNDO** del Acuerdo publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 31 de diciembre de 2000, a excepción de los cargos del rango intermedio del numeral 2.2 de la tarifas 1 al que se le aplicará un factor de ajuste acumulativo de 1.023 como lo indica el ARTÍCULO CUARTO del Acuerdo publicado el día 7 de febrero de 2002

Tarifa 1A 2003

Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25 grados centígrados

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 25 grados centígrados como mínimo. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general

Se considerará que una localidad alcanza la temperatura media mínima en verano de 25 grados centígrados, cuando alcance el límite indicado durante tres ó más años de los últimos cinco de que se disponga de la información correspondiente. Se considerará que durante un año alcanzó el límite indicado cuando registre la temperatura media mensual durante dos meses consecutivos ó más, según los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Tarifa 1B 2003

Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28 grados centígrados

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 28 grados centígrados como mínimo. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general

Se considerará que una localidad alcanza la temperatura media mínima en verano de 28 grados centígrados, cuando alcance el límite indicado durante tres ó más años de los últimos cinco de que se disponga de la información correspondiente. Se considerará que durante un año alcanzó el límite indicado cuando registre la temperatura media mensual durante dos meses consecutivos ó más, según los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Tarifa 1C

Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30 grados centígrados

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 30 grados centígrados como mínimo. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general.

Se considerará que una localidad alcanza la temperatura media mínima en verano de 30 grados centígrados, cuando alcance el límite indicado durante tres ó más años de los últimos cinco de que se disponga de la información correspondiente. Se considerará que durante un año alcanzó el límite indicado cuando registre la temperatura media mensual durante dos meses consecutivos ó más, según los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Tarifa 1D

Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31 grados centígrados

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas

individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 31 grados centígrados como mínimo. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general.

Se considerará que una localidad alcanza la temperatura media mínima en verano de 31 grados centígrados, cuando alcance el límite indicado durante tres ó más años de los últimos cinco de que se disponga de la información correspondiente. Se considerará que durante un año alcanzó el límite indicado cuando registre la temperatura media mensual durante dos meses consecutivos ó más, según los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Temporada de verano

Cargos por energía consumida, para consumos hasta 400 (cuatrocientos) kilowatts-hora

| | | |
|--------------------|----------|--|
| Consumo básico | \$ 0.461 | por cada uno de los primeros 175 (ciento setenta y cinco) kilowatts-hora |
| Consumo intermedio | \$ 0.535 | por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores. |

Cargos por energía consumida, para consumos mayores a 400 (cuatrocientos) kilowatts-hora

| | | |
|--------------------|----------|--|
| Consumo básico | \$ 0.461 | por cada uno de los primeros 175 (ciento setenta y cinco) kilowatts-hora. |
| Consumo intermedio | \$ 0.686 | por cada uno de los siguientes 425 (cuatrocientos veinticinco) kilowatts-hora. |
| Consumo excedente | \$ 1.826 | por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores. |

Tarifa 1E

Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32 grados centígrados

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 32 grados centígrados como mínimo. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general

Se considerará que una localidad alcanza la temperatura media mínima en verano de 32 grados centígrados, cuando alcance el límite indicado durante tres ó más años de los últimos cinco de que se disponga de la información correspondiente. Se considerará que durante un año alcanzó el límite indicado cuando registre la temperatura media mensual durante dos meses consecutivos ó más, según los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Temporada de verano

Cargos por energía consumida, para consumos hasta 750 (setecientos cincuenta) kilowatts-hora.

| | | |
|--------------------|----------|--|
| Consumo básico | \$ 0.374 | por cada uno de los primeros 300 (trescientos) kilowatts-hora. |
| Consumo intermedio | \$ 0.488 | por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores. |

Cargos por energía consumida, para consumos mayores a 750 (setecientos cincuenta) kilowatts-hora.

| | | |
|--------------------|----------|--|
| Consumo básico | \$ 0.374 | por cada uno de los primeros 300 (trescientos) kilowatts-hora |
| Consumo intermedio | \$ 0.622 | por cada uno de los siguientes 600 (seiscientos) kilowatts-hora. |
| Consumo excedente | \$ 1.826 | por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores. |

Tarifa 1F

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas

individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 33 grados centígrados como mínimo. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general.

Se considerará que una localidad alcanza la temperatura media mínima en verano de 33 grados centígrados, cuando alcance el límite indicado durante tres o más años de los últimos cinco de que se disponga de la información correspondiente. Se considerará que durante un año alcanzó el límite indicado cuando registre la temperatura media mensual durante dos meses consecutivos o más, según los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Cuotas aplicables mensualmente

Cargos por energía consumida, para consumos hasta 1200 (mil doscientos) kilowatts-hora.

Consumo básico \$ 0.374 por cada uno de los primeros 300 (trescientos) kilowatts-hora.
Consumo intermedio \$ 0.488 por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

Cargos por energía consumida, para consumos mayores a 1200 (setecientos cincuenta) kilowatts-hora.

Consumo básico \$ 0.374 por cada uno de los primeros 300 (trescientos) kilowatts-hora.
Consumo intermedio bajo \$ 0.622 por cada uno de los siguientes 900 (novecientos) kilowatts-hora.
Consumo intermedio alto \$ 1.151 por cada uno de los siguientes 1300 (mil trescientos) kilowatts-hora.
Consumo excedente \$ 1.826 por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

TARIFAS DOMESTICAS, CARGOS POR ENERGIA (\$/kWh)

Tarifa 1

Para consumo hasta 140 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio | 0.600 | 0.604 | 0.607 | 0.610 | 0.613 | 0.616 | 0.619 | 0.622 | 0.625 | 0.628 | 0.631 | 0.634 | 0.637 |

Para consumo superior a 140 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio 76-125 | 0.820 | 0.839 | 0.843 | 0.847 | 0.851 | 0.855 | 0.859 | 0.863 | 0.867 | 0.871 | 0.875 | 0.879 | 0.883 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 250 kWh/mes. se reclasificará el servicio en la Tarifa Domestica de Alto Consumo(DAC) que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

Tarifa 1A

TEMPORADA DE VERANO

Para consumo hasta 150 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-100 | 0.442 | 0.445 | 0.447 | 0.449 | 0.451 | 0.453 | 0.455 | 0.457 | 0.459 | 0.461 | 0.463 | 0.465 | 0.467 |
| Intermedio | 0.515 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 | 0.529 | 0.531 | 0.533 | 0.535 | 0.538 | 0.541 | 0.544 |

Para consumo superior a 150 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-100 | 0.442 | 0.445 | 0.447 | 0.449 | 0.451 | 0.453 | 0.455 | 0.457 | 0.459 | 0.461 | 0.463 | 0.465 | 0.467 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Intermedio 101-150 | 0.647 | 0.662 | 0.665 | 0.668 | 0.671 | 0.674 | 0.677 | 0.680 | 0.683 | 0.686 | 0.689 | 0.692 | 0.695 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

TEMPORADA FUERA DE VERANO

Para consumo hasta 150 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May | Jun | Jul. | Ago. | Sep | Oct | Nov. | Dic |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio | 0.600 | 0.604 | 0.607 | 0.610 | 0.613 | 0.616 | 0.619 | 0.622 | 0.625 | 0.628 | 0.631 | 0.634 | 0.637 |

Para consumo superior a 150 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep | Oct. | Nov | Dic. |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio 76-125 | 0.820 | 0.839 | 0.843 | 0.847 | 0.851 | 0.855 | 0.859 | 0.863 | 0.867 | 0.871 | 0.875 | 0.879 | 0.883 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 300 kWh/mes. se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

Tarifa 1B

TEMPORADA DE VERANO

Para consumo hasta 225 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic /2002 | Ene. | Feb | Mar. | Abr | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep | Oct. | Nov | Dic |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-125 | 0.442 | 0.445 | 0.447 | 0.449 | 0.451 | 0.453 | 0.455 | 0.457 | 0.459 | 0.461 | 0.463 | 0.465 | 0.467 |
| Intermedio | 0.515 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 | 0.529 | 0.531 | 0.533 | 0.535 | 0.538 | 0.541 | 0.544 |

Para consumo superior a 225 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene | Feb | Mar | Abr. | May. | Jun | Jul. | Ago | Sep. | Oct. | Nov | Dic |
|--------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-125 | 0.442 | 0.445 | 0.447 | 0.449 | 0.451 | 0.453 | 0.455 | 0.457 | 0.459 | 0.461 | 0.463 | 0.465 | 0.467 |
| Intermedio 126-200 | 0.647 | 0.662 | 0.665 | 0.668 | 0.671 | 0.674 | 0.677 | 0.680 | 0.683 | 0.686 | 0.689 | 0.692 | 0.695 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 400 kWh/mes. se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

TEMPORADA FUERA DE VERANO

Para consumo hasta 175 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio | 0.600 | 0.604 | 0.607 | 0.610 | 0.613 | 0.616 | 0.619 | 0.622 | 0.625 | 0.628 | 0.631 | 0.634 | 0.637 |

Para consumo superior a 175 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun | Jul | Ago. | Sep. | Oct | Nov | Dic. |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Intermedio 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio 76-150 | 0.820 | 0.839 | 0.843 | 0.847 | 0.851 | 0.855 | 0.859 | 0.863 | 0.867 | 0.871 | 0.875 | 0.879 | 0.883 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 400 kWh/mes. se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

Tarifa 1C

TEMPORADA DE VERANO

Para consumo hasta 300 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-150 | 0.442 | 0.445 | 0.447 | 0.449 | 0.451 | 0.453 | 0.455 | 0.457 | 0.459 | 0.461 | 0.463 | 0.465 | 0.467 |
| Intermedio | 0.515 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 | 0.529 | 0.531 | 0.533 | 0.535 | 0.538 | 0.541 | 0.544 |

Para consumo superior a 300 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|--------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-150 | 0.442 | 0.445 | 0.447 | 0.449 | 0.451 | 0.453 | 0.455 | 0.457 | 0.459 | 0.461 | 0.463 | 0.465 | 0.467 |
| Intermedio 151-450 | 0.647 | 0.662 | 0.665 | 0.668 | 0.671 | 0.674 | 0.677 | 0.680 | 0.683 | 0.686 | 0.689 | 0.692 | 0.695 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 850 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

TEMPORADA FUERA DE VERANO

Para consumo hasta 175 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio | 0.600 | 0.604 | 0.607 | 0.610 | 0.613 | 0.616 | 0.619 | 0.622 | 0.625 | 0.628 | 0.631 | 0.634 | 0.637 |

Para consumo superior a 175 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio 76-150 | 0.820 | 0.839 | 0.843 | 0.847 | 0.851 | 0.855 | 0.859 | 0.863 | 0.867 | 0.871 | 0.875 | 0.879 | 0.883 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 850 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

Tarifa 1D

TEMPORADA DE VERANO

El período de aplicación de esta tarifa comprende los 6 meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. Los 6 meses restantes se aplican los precios de la temporada Fuera de Verano.

Para consumo hasta 400 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-175 | 0.442 | 0.445 | 0.447 | 0.449 | 0.451 | 0.453 | 0.455 | 0.457 | 0.459 | 0.461 | 0.463 | 0.465 | 0.467 |
| Intermedio | 0.515 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 | 0.529 | 0.531 | 0.533 | 0.535 | 0.538 | 0.541 | 0.544 |

Para consumo superior a 400 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|--------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-175 | 0.442 | 0.445 | 0.447 | 0.449 | 0.451 | 0.453 | 0.455 | 0.457 | 0.459 | 0.461 | 0.463 | 0.465 | 0.467 |
| Intermedio 176-600 | 0.647 | 0.662 | 0.665 | 0.668 | 0.671 | 0.674 | 0.677 | 0.680 | 0.683 | 0.686 | 0.689 | 0.692 | 0.695 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 1,000 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

TEMPORADA FUERA DE VERANO

Para consumo hasta 200 kWh mensuales

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio | 0.600 | 0.604 | 0.607 | 0.610 | 0.613 | 0.616 | 0.619 | 0.622 | 0.625 | 0.628 | 0.631 | 0.634 | 0.637 |

Para consumo superior a 200 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio 76-175 | 0.820 | 0.839 | 0.843 | 0.847 | 0.851 | 0.855 | 0.859 | 0.863 | 0.867 | 0.871 | 0.875 | 0.879 | 0.883 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 1,000 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la **Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC)** que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

Tarifa 1E

TEMPORADA DE VERANO

Para consumo hasta 750 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-300 | 0.356 | 0.358 | 0.360 | 0.362 | 0.364 | 0.366 | 0.368 | 0.370 | 0.372 | 0.374 | 0.376 | 0.378 | 0.380 |
| Intermedio | 0.469 | 0.472 | 0.474 | 0.476 | 0.478 | 0.480 | 0.482 | 0.484 | 0.486 | 0.488 | 0.490 | 0.492 | 0.494 |

Para consumo superior a 750 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|--------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-300 | 0.356 | 0.358 | 0.360 | 0.362 | 0.364 | 0.366 | 0.368 | 0.370 | 0.372 | 0.374 | 0.376 | 0.378 | 0.380 |
| Intermedio 301-900 | 0.585 | 0.598 | 0.601 | 0.604 | 0.607 | 0.610 | 0.613 | 0.616 | 0.619 | 0.622 | 0.625 | 0.628 | 0.631 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 2,000 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la **Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC)** que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

TEMPORADA FUERA DE VERANO

Para consumo hasta 250 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio 76-200 | 0.600 | 0.604 | 0.607 | 0.610 | 0.613 | 0.616 | 0.619 | 0.622 | 0.625 | 0.628 | 0.631 | 0.634 | 0.637 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Para consumo superior a 250 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio 76-200 | 0.820 | 0.839 | 0.843 | 0.847 | 0.851 | 0.855 | 0.859 | 0.863 | 0.867 | 0.871 | 0.875 | 0.879 | 0.883 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 2,000 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la **Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC)** que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

Tarifa 1F

TEMPORADA DE VERANO

Para consumo hasta 1,200 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-300 | 0.356 | 0.358 | 0.360 | 0.362 | 0.364 | 0.366 | 0.368 | 0.370 | 0.372 | 0.374 | 0.376 | 0.378 | 0.380 |
| Excedente | 0.469 | 0.472 | 0.474 | 0.476 | 0.478 | 0.480 | 0.482 | 0.484 | 0.486 | 0.488 | 0.490 | 0.492 | 0.494 |

Para consumo superior a 1.200 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-----------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-300 | 0.356 | 0.358 | 0.360 | 0.362 | 0.364 | 0.366 | 0.368 | 0.370 | 0.372 | 0.374 | 0.376 | 0.378 | 0.380 |
| Intermedio Bajo 301-1.200 | 0.585 | 0.598 | 0.601 | 0.604 | 0.607 | 0.610 | 0.613 | 0.616 | 0.619 | 0.622 | 0.625 | 0.628 | 0.631 |
| Intermedio Alto 1.201-2.500 | | 1.111 | 1.116 | 1.121 | 1.126 | 1.131 | 1.136 | 1.141 | 1.146 | 1.151 | 1.156 | 1.161 | 1.166 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

TEMPORADA FUERA DE VERANO

Para consumo hasta 250 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio 76-200 | 0.600 | 0.604 | 0.607 | 0.610 | 0.613 | 0.616 | 0.619 | 0.622 | 0.625 | 0.628 | 0.631 | 0.634 | 0.637 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Para consumo superior a 250 kWh mensuales

| Rango de consumo | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Básico 1-75 | 0.502 | 0.505 | 0.507 | 0.509 | 0.511 | 0.513 | 0.515 | 0.517 | 0.519 | 0.521 | 0.523 | 0.525 | 0.527 |
| Intermedio 76-200 | 0.820 | 0.839 | 0.843 | 0.847 | 0.851 | 0.855 | 0.859 | 0.863 | 0.867 | 0.871 | 0.875 | 0.879 | 0.883 |
| Excedente | 1.749 | 1.761 | 1.769 | 1.777 | 1.785 | 1.793 | 1.801 | 1.809 | 1.817 | 1.826 | 1.835 | 1.844 | 1.853 |

Cuando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 2,500 kWh/mes. se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

Tarifa DAC Servicio doméstico de alto consumo

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, considerada de alto consumo o que por las características del servicio así se requiera

Se considera que un servicio es de alto consumo cuando registra un consumo mensual promedio superior al límite de alto consumo definido para su localidad.

El consumo mensual promedio se determinará con el promedio móvil del consumo registrado por el usuario en los últimos 12 meses

Cuando el Consumo Mensual Promedio sea inferior al Límite de Alto consumo fijado en la localidad, se aplicará la tarifa doméstica 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F: que corresponda

El límite de alto consumo se define en función de la tarifa doméstica: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F: que se aplique en tu localidad.

| TARIFA | LIMITE |
|--------|-------------|
| 1 | 250 kWh/mes |
| 1A | 300 kWh/mes |

| | |
|----|---------------|
| 1B | 400 kWh/mes |
| 1C | 850 kWh/mes |
| 1D | 1.000 kWh/mes |
| 1E | 2.000 kWh/mes |
| 1F | 2.500 kWh/mes |

REGION CENTRAL

CUOTAS MENSUALES

| CARGOS POR | Dic./2002 | Enc. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|--|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Cargo fijo | | | | | | | | | | | | | |
| (\$/mes) | 37.37 | 37.59 | 37.79 | 38.52 | 40.42 | 41.45 | 41.32 | 40.37 | 39.48 | 39.77 | | | |
| Cargos por la energía consumida (\$ / kWh) | | | | | | | | | | | | | |
| 1-500 kWh | 1.618 | 1.628 | 1.636 | 1.667 | 1.749 | 1.793 | 1.787 | 1.746 | 1.708 | 1.721 | | | |
| kWh Adicionales | 1.892 | 1.903 | 1.913 | 1.950 | 2.046 | 2.098 | 2.091 | 2.043 | 1.998 | 2.013 | | | |

Tarifas de alumbrado publico

Tarifa 5

Esta tarifa sólo se aplicará al suministro de energía eléctrica para el servicio a semáforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos En las zonas conurbadas del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara, definiéndose éstas como las señaladas en la Segunda Resolución de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, que reforma y adiciona a la que establece reglas generales y otras disposiciones de carácter fiscal para el año de 1989, en su regla 81-A, y en la Cuarta Resolución que reforma, adiciona y deroga algunas disposiciones de la que establece reglas generales y otras disposiciones de carácter fiscal para el año de 1989, publicadas en el Diario Oficial de la Federación, los días 2 de mayo y 26 de junio de 1989, respectivamente.

Horario

Del anochecer al amanecer del día siguiente, excepto el servicio a semáforos; o el que se establezca en los convenios que en cada caso suscriban las partes contratantes.

Cargo por la energía consumida en los servicios suministrados en media tensión

\$ 1.464 por cada kilowatt-hora.

Cargo por la energía consumida en los servicios suministrados en baja tensión

\$ 1.740 por cada kilowatt-hora.

Tarifa 6

Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público

Esta tarifa se aplicará al suministro de energía eléctrica para servicio público de bombeo de aguas potables o negras.

\$ 165.04 Cargo fijo, independiente de la energía consumida

2.2 Cargo adicional por la energía consumida

\$ 0.906 por cada kilowatt-hora.

SERVICIOS AGRICOLAS

Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en baja tensión

TARIFA 9

Esta tarifa se aplicará exclusivamente a los servicios en baja tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

Demanda por contratar

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario, su valor no será menor de 60% de la carga total conectada, ni menor de la capacidad del mayor motor o aparato instalado. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

Tarifa 9M

Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en media tensión

Esta tarifa se aplicará exclusivamente a los servicios en media tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

Tarifa 9-CU Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en media tensión

Esta tarifa se aplicará a los servicios en baja o media tensión que destinen la energía eléctrica para el bombeo de agua hasta por el volumen que es utilizado en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas. Asimismo, se aplicará al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo. El uso agrícola deberá ser acreditado por el usuario mediante alguna de las siguientes formas:

- 1.1 Presentar al suministrador el original y copia del Título de Concesión de aguas nacionales y/o bienes públicos inherentes, expedido por la Comisión Nacional del Agua, en el que se especifique que el agua es para uso agrícola. El suministrador regresará el original del Título de Concesión al usuario, previo cotejo de la copia de dicho documento con el mismo.
- 1.2 Para el caso de sentencias agrarias y documentos o permisos precarios vigentes, el derecho para el uso y explotación del agua para riego agrícola se podrá acreditar con el Certificado de inscripción en el Registro Público de Derechos de Agua de la Comisión Nacional del Agua.
- 1.3 Presentar la certificación por parte de la Comisión Nacional del Agua de que en los pozos de riego, los Distritos de Riego y las obras de cabeza, administrados y operados por esa Comisión, el agua es utilizada para riego agrícola, explicitando en su caso, la proporción correspondiente.
- 1.4 En los casos de los servicios de rebombeo del agua cuyas concesiones de extracción se encuentren inscritas en el Registro Público de Derechos del Agua, se requiere presentar un certificado expedido por la Comisión Nacional del Agua, en el que se establezca que el agua se utiliza para riego agrícola.

Tarifas para riego agrícola (2002 - 2003)

Tarifa 9

| Cargo por energía (\$/kWh) | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rango | Dic./2002 | 1° al 7 de Ene | 8 al 31 de Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
| 1-5000 | 0.263 | 0.263 | 0.300 | 0.306 | 0.312 | 0.318 | 0.324 | 0.330 | 0.337 | 0.344 | 0.351 | 0.358 | 0.365 | 0.372 |
| 5001-15000 | 0.332 | 0.334 | 0.332 | 0.339 | 0.346 | 0.353 | 0.360 | 0.367 | 0.374 | 0.381 | 0.389 | 0.397 | 0.405 | 0.413 |
| 15001-35000 | 0.364 | 0.366 | 0.364 | 0.371 | 0.378 | 0.386 | 0.394 | 0.402 | 0.410 | 0.418 | 0.426 | 0.435 | 0.444 | 0.453 |
| Adic. | 0.398 | 0.400 | 0.398 | 0.406 | 0.414 | 0.422 | 0.430 | 0.439 | 0.448 | 0.457 | 0.466 | 0.475 | 0.485 | 0.495 |

Tarifa 9M

| Cargo por energía (\$/kWh) | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rango | Dic./2002 | 1° al 7 de Ene | 8 al 31 de Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
| 1-5000 | 0.265 | 0.266 | 0.300 | 0.306 | 0.312 | 0.318 | 0.324 | 0.330 | 0.337 | 0.344 | 0.351 | 0.358 | 0.365 | 0.372 |
| 5001-15000 | 0.336 | 0.338 | 0.336 | 0.343 | 0.350 | 0.357 | 0.364 | 0.371 | 0.378 | 0.386 | 0.394 | 0.402 | 0.410 | 0.418 |
| 15001-35000 | 0.367 | 0.369 | 0.367 | 0.374 | 0.381 | 0.389 | 0.397 | 0.405 | 0.413 | 0.421 | 0.429 | 0.438 | 0.447 | 0.456 |
| Adic. | 0.401 | 0.403 | 0.401 | 0.409 | 0.417 | 0.425 | 0.434 | 0.443 | 0.452 | 0.461 | 0.470 | 0.479 | 0.489 | 0.499 |

Tarifa 9CU

| Cargo por energía (\$/kWh) | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rango | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
| 1-5000 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 |

Tarifa 9N

| Cargo por energía (\$/kWh) | | | | | |
|----------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Rango | 9-30/Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
| 1-5000 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 |

Tarifa 7

Servicio temporal

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía temporalmente a cualquier uso, exclusivamente donde y cuando la capacidad de las instalaciones del suministrador lo permitan y éste tenga líneas de distribución adecuadas para dar el servicio.

Facturación y pagos

Las cuotas se formularán aplicando el cargo por demanda y los cargos por energía, a la demanda y consumo estimados por el suministrador.

Los pagos se harán por adelantado y conforme a dichas cuentas. En caso de que el suministrador mida los consumos y la demanda, podrá hacer una liquidación final a la terminación del contrato respectivo. En este último caso no se hará pago por adelantado y el usuario depositará como garantía una cantidad igual al doble de la que resulte de aplicar los cargos por demanda y energía a la demanda y consumo estimados

2. TARIFAS GENERALES

EN BAJA TENSION

Tarifa 2 Servicio general hasta 25 kW de demanda

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

| Cargo por energía (\$/kWh) | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|-----|
| Rango | Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago | Sep | Oct | Nov. | Dic |
| 1 - 50 | 1.099 | 1.106 | 1.112 | 1.133 | 1.189 | 1.219 | 1.215 | 1.187 | 1.161 | 1.170 | | | |
| 51 - 100 | 1.330 | 1.338 | 1.345 | 1.371 | 1.438 | 1.475 | 1.470 | 1.436 | 1.404 | 1.414 | | | |
| Adic. | 1.464 | 1.473 | 1.481 | 1.509 | 1.583 | 1.623 | 1.618 | 1.581 | 1.546 | 1.557 | | | |
| Cargo fijo | | | | | | | | | | | | | |
| (\$/mes) | 28.17 | 28.34 | 28.49 | 29.04 | 30.47 | 31.24 | 31.14 | 30.42 | 29.75 | 29.97 | | | |

Tarifa 3 Servicio general para más de 25 kW de demanda

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa, ca sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el período de facturación.

| Cargo por demanda (\$/kW) | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|------|------|--|
| Dic./2002 | Ene. | Feb. | Mar | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct | Nov. | Dic. | |
| 127.96 | 128.73 | 129.40 | 131.88 | 138.37 | 141.88 | 141.44 | 138.17 | 135.13 | 136.13 | | - | | |
| Cargo por energía (\$/kWh) | | | | | | | | | | | | | |
| 0.806 | 0.811 | 0.815 | 0.831 | 0.872 | 0.894 | 0.891 | 0.870 | 0.851 | 0.857 | | | | |

TARIFAS EN MEDIA TENSION

Tarifa O-M (2002 - 2003) Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100 kW

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW

Tarifa H-M (2002 - 2003) Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

Tarifa H-MC 2003 Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kw o más, para corta utilización.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión en la región Baja California, Sonora y Sinaloa con una demanda de 100 kilowatts o más, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año

TARIFAS EN ALTA TENSION

Tarifa H-S (2002 - 2003) Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año

2.- Cuotas aplicables

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía de semipunta, por la energía intermedia y por la energía de base.

| Región | Cargo por kilowatt de demanda facturable | Cargo por kilowatt - hora de energía de punta | Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia | Cargo por kilowatt - hora de energía de base |
|---------------------|--|---|---|--|
| * Baja California | \$ 99.60 | \$ 1.8977 | \$ 0.4422 | \$ 0.3758 |
| Baja California Sur | \$ 107.87 | \$ 1.3579 | \$ 0.6188 | \$ 0.4634 |
| Central | \$ 56.28 | \$ 1.8411 | \$ 0.4978 | \$ 0.4361 |
| Noreste | \$ 55.27 | \$ 1.7866 | \$ 0.4693 | \$ 0.3993 |
| Noroeste | \$ 110.60 | \$ 1.7038 | \$ 0.4948 | \$ 0.4162 |
| Norte | \$ 55.59 | \$ 1.7961 | \$ 0.4703 | \$ 0.3976 |
| Peninsular | \$ 57.23 | \$ 1.8976 | \$ 0.5138 | \$ 0.4160 |
| Sur | \$ 56.28 | \$ 1.7990 | \$ 0.4683 | \$ 0.4074 |

(*) En la región Baja California, el cargo por kilowatt-hora de energía de semipunta será **\$0.8228**

Tarifa H-T (2002 - 2003) Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

Cuotas aplicables

| Región | Cargo por kilowatt de demanda facturable | Cargo por kilowatt - hora de energía de punta | Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia | Cargo por kilowatt - hora de energía de base |
|---------------------|--|---|---|--|
| * Baja California | \$ 93.13 | \$ 1.8113 | \$ 0.4348 | \$ 0.3705 |
| Baja California Sur | \$ 82.90 | \$ 1.4579 | \$ 0.6034 | \$ 0.4501 |
| Central | \$ 49.04 | \$ 1.8019 | \$ 0.4589 | \$ 0.4247 |
| Noreste | \$ 49.04 | \$ 1.7602 | \$ 0.4226 | \$ 0.3807 |
| Noroeste | \$ 102.60 | \$ 1.6668 | \$ 0.4436 | \$ 0.4018 |
| Norte | \$ 49.04 | \$ 1.7610 | \$ 0.4216 | \$ 0.3778 |
| Peninsular | \$ 49.04 | \$ 1.8179 | \$ 0.4533 | \$ 0.3921 |
| Sur | \$ 49.04 | \$ 1.7593 | \$ 0.4278 | \$ 0.3959 |

Tarifa H-TL (2002 - 2003)

Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión para larga utilización

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

Cuotas aplicables

| Región | Cargo por kilowatt de demanda facturable | Cargo por kilowatt - hora de energía de punta | Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia | Cargo por kilowatt - hora de energía de base |
|---------------------|--|---|---|--|
| * Baja California | \$ 139.71 | \$ 1.3631 | \$ 0.4194 | \$ 0.3705 |
| Baja California Sur | \$ 124.32 | \$ 1.2046 | \$ 0.5834 | \$ 0.4501 |
| Central | \$ 73.53 | \$ 1.2799 | \$ 0.4499 | \$ 0.4247 |
| Noreste | \$ 73.53 | \$ 1.2387 | \$ 0.4141 | \$ 0.3807 |
| Noroeste | \$ 153.94 | \$ 1.1641 | \$ 0.4328 | \$ 0.4018 |
| Norte | \$ 73.53 | \$ 1.2391 | \$ 0.4130 | \$ 0.3778 |
| Peninsular | \$ 73.53 | \$ 1.2867 | \$ 0.4422 | \$ 0.3921 |
| Sur | \$ 73.53 | \$ 1.2374 | \$ 0.4190 | \$ 0.3959 |

Finalmente, cabe mencionar que también existen tarifas de respaldo las cuales son para el servicio de respaldo para falla y mantenimiento a productores externos, suministrado en media tensión, así como el servicio interrumpible.

Referencia

www.cfe.gob.mx