

**INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS**  
(del 3 de julio al 2 de agosto de 1978)

FECHAS	HORARIO	TEMA	PROFESOR
3 de julio	18 a 21 h	<ul style="list-style-type: none"><li>I Introducción<ul style="list-style-type: none"><li>a) Descripción del curso.</li><li>b) Presentación de los temas</li></ul></li> <li>II Características generales de una instalación eléctrica<ul style="list-style-type: none"><li>a) Definición de una instalación eléctrica</li><li>b) Diferentes puntos de vista del concepto instalación eléctrica.<ul style="list-style-type: none"><li>1. Interno</li><li>2. Externo</li></ul></li><li>c) Punto de vista externo: elementos <u>generales</u></li><li>d) Punto de vista interno: elementos generales.</li></ul></li> <li>III Condiciones que debe cumplir una instalación eléctrica<ul style="list-style-type: none"><li>a) Conveniencia</li><li>b) Capacidad</li><li>c) Regulación</li><li>d) Accesibilidad</li><li>e) Flexibilidad</li><li>f) Seguridad</li></ul></li> <li>IV Reglamentación como instrumento de seguridad<ul style="list-style-type: none"><li>a) Reglamentación existente en México<ul style="list-style-type: none"><li>1. Sobre métodos R.O.I.E. Antecedentes Estado actual.</li><li>2. Sobre las personas: capítulo XIX de la Ley de la Instalación Eléctrica</li><li>3. Sobre los materiales: reglamentación D.G.E.</li><li>4. Método de Control sobre la reglamentación.</li></ul></li></ul></li></ul>	Ing. Ignacio González Castillo

FECHA	HORARIO	TEMA	PROFESOR
5 de julio	18 a 21 h	b) La autoridad sobre reglamentación en México. La D.G.E. 1) La relación L.G.E. Usuario 2) Liversos Trámites 3) Importancia de la reglamentación	Ing. Héctor Sánchez Ceballos
7 de julio	18 a 21 h	V Elementos principales constitutivos de una instalación eléctrica a) Diagrama general b) Liversos elementos que la componen  VI Análisis de los elementos constitutivos a) Cargas. 1) Definición 2) Determinación de una carga 3) Clasificación de las cargas: normal y emergencia 4) Carga de alumbrado. Determinación de la cantidad de lámparas en función del uso. ° Método de lumens promedio ° Método del punto por punto 5) Carga de aparatos criterio para determinar cargas. 6) Cargas de fuerza. Parámetros necesarios para su determinación.	Ing. Guillermo Aguilar Campuzano
10 de julio	18 a 21 h	b) Medio de canalización 1) Elementos que integran un medio de canalización ° Conductores ° Medio de soporte ° Protección	Ing. José Antonio Lozano Villasaña

		<ul style="list-style-type: none"> <li>2) Conductores. Clasificación según su uso           <ul style="list-style-type: none"> <li>° Circuito derivado</li> <li>° Circuito alimentador</li> </ul> </li> <li>3) Circuitos derivados: definición y clasificación           <ul style="list-style-type: none"> <li>° Circuito derivado de uso general: capacidad y restricción</li> <li>° Circuito derivado para aparatos: capacidad y restricción.</li> <li>° Circuito derivado para fuerza: elementos integrantes. Capacidad</li> </ul> </li> <li>4) Circuitos alimentadores           <ul style="list-style-type: none"> <li>° Determinación de la carga: factor de demanda. Factor de diversidad</li> <li>° Caída de voltaje. Centro de carga</li> <li>° Alimentadores para fuerza y cargas mixtas</li> <li>° Sistema de distribución: primaria, secundaria y mixtas. Diferentes sistemas.</li> </ul> </li> </ul>	Ing. José Antonio Lozano Villasaña
12 de julio	18 a 21 h	<ul style="list-style-type: none"> <li>5) Conductores: condiciones de diseño           <ul style="list-style-type: none"> <li>° Características de un conductor</li> <li>° Capacidad permisible</li> <li>° Carga de caída de potencia</li> <li>° Aislamientos</li> <li>° Resistencia mecánica</li> </ul> </li> </ul>	Ing. Carlos Martínez Calderón
14 de julio	18 a 21 h	<ul style="list-style-type: none"> <li>6) Medio de soporte y protección de los conductores           <ul style="list-style-type: none"> <li>° Diferentes medios según R.O.I.E.</li> <li>° Tubo conduc</li> <li>° Ductos metálicos</li> <li>° Charolas</li> </ul> </li> </ul>	Ing. Ignacio González Castillo
17 de julio	18 a 21 h	<ul style="list-style-type: none"> <li>c) Medio de protección           <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Sobrecorriente: orígenes</li> <li>2) Sobrecarga</li> <li>3) Corto circuito</li> <li>4) Medio de protección VS sobrecorriente</li> <li>5) Fusibles</li> <li>6) Interruptores automáticos</li> </ul> </li> </ul>	Ing. Carlos Martínez Calderón

18 de julio

18 a 21 h

- d) Diseño de protección
  - 1) Protección de conductores
  - 2) Protección de cargas
- e) Medio de control
  - 1) Dispositivos de control para alumbrado. Circuitos alimentadores
  - 2) Dispositivos de control para fuerza. Circuitos alimentadores: el arranador

Ing. Noé Armas Morales

VII Centros de distribución

- a) Tableros principales
- b) Tableros secundarios

21 de julio

18 a 21 h

- VIII Subestaciones usadas en instalaciones para edificios
- a) Subestaciones receptoras
  - b) Subestaciones derivadas

Ing. Noé Armas Morales

24 de julio

18 a 21 h

- IX Suministros de energía eléctrica
- a) Empresa suministradora
    - 1) Sistema de distribución central de la Cía de Luz y Fza del Centro, S.A. Descripción. Tensiones usuales.
    - 2) Líneas de servicio.
      - ° En alta tensión: medición en alta medición en baja.
      - ° En baja tensión: monofásica, 2 y 3 fases. Local para subestación.
    - 3) Contratación.
      - ° Tarifas
      - ° Régimen de cuotas
      - ° Provisionales
      - ° Bajo factor de potencia

Personal de la Cía de Luz y Fza., S.A.

26 de julio	18 a 21 h	b) Sistemas de emergencia 1) Plantas de emergencia: selección y determinación de la capacidad 2) Sistemas en corriente directa: reglamentación. Características generales.	Ing. Sergio Ortiz Lezama
28 de julio	18 a 21 h	X Instalaciones especiales a) Sistemas de centralización y alarmas b) Sistemas de comunicación: teléfonos c) Sistemas de sonido	Ing. Pablo Zapiain Lechuga
31 de julio	18 a 21 h	d) Sistemas de pararrayos	Ing. Ignacio González Castillo
2 de agosto	18 a 21 h	XI Representación de una instalación eléctrica. Planos. Características de los mismos para la Dirección General de Electricidad	Ing. Héctor Sánchez Ceballos
		XII Panel con la Dirección General de Electricidad. Preguntas y respuestas.	
		CLAUSURA.	

DIRECTORIO DE PROFESORES  
INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO  
COORDINADOR DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
TORRE DE RECTORIA - PLANTA BAJA  
MEXICO 20, D. F.  
Tel. 548-37-20

ING. NOE ARMAS MORALES  
DIRECTOR DE CONSTRUCCION DEL GRUPO  
INDUSTRIAL MECSA  
MANUFACTURAS ELECTRICAS CAMARENA, S.A.  
GUANAJUATO No. 148  
MEXICO 7, D. F.  
TEL 584-85-77

ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO  
GERENTE TECNICO  
CONTRATISTAS EN INSTALACIONES Y EQUIPO, S. A.  
EUGENIA No 1360-B  
MEXICO 12, D. F.  
Tel 543-57-84 536-81 74

ING. JOSE ANTONIO LOZANO VILLAFANA  
GERENTE TECNICO  
CONSULTORES EN INGENIERIA Y DISEÑO DE  
INSTALACIONES, S A.  
PENNSYLVANIA No. 214-202  
MEXICO 18, D. F.  
TEL 543-86-34

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON  
DIRECTOR TECNICO  
RAYCHEM DE MEXICO, S. A.  
5 DE MAYO No. 325  
MEXICO 19, D.F.  
TEL. 651-33-11

ING. SERGIO ORDOÑEZ LEZAMA  
GERENTE GENERAL  
PROYECTOS INDUSTRIALES, S. A.  
MONTERREY No. 89 DESP. 303  
MEXICO 7, D. F.  
TEL. 514 58-58

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS  
DIRECTOR GENERAL DE ECOLOGIA URBANA  
SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS  
Y OBRAS PUBLICAS  
LIVERPOOL No. 3  
COL. JUAREZ  
MEXICO 6, D. F.  
TEL. 535-60-08

ING. PABLO ZAPIAIN LECHUGA  
SUBDIRECTOR  
FIDEICOMISO "LAZARO CARDENAS"  
CERRO DEL OTATE No. 18  
COL. ROMERO DE TERREROS  
MEXICO 21, D.F.  
TEL. 554-07-77

gm.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## INSTALACIONES ELECTRICAS PARA ELIFICIOS

- I INTROLUCCION
- II CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA  
INSTALACION ELECTRICA
- III CONLICIONES QUE LEBE CUMPLIR UNA  
INSTALACION ELECTRICA
- IV REGLAMENTACION COMO INSTRUMENTO  
DE SEGURIDAD

ING. IGNACIO O. GONZALEZ CASTILLO

JULIO, 1978.



NOTAS SOBRE "INSTALACIONES ELECTRICAS" PARA EL CURSO INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS.

SR. ING. IGNACIO O. GONZALEZ CASTILLO.

EL TERMINO " INSTALACION ELECTRICA" COMPRENDE EL CONJUNTO DE APARATOS, CONDUCTORES Y ACCESORIOS DESTINADOS A LA PRODUCCION, DISTRIBUCION Y UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

ESTE CONJUNTO LO PODEMOS CONSIDERAR DESDE DOS PUNTOS DE VISTA:

EXTERNO E INTERNO

DESDE EL PUNTO DE VISTA EXTERNO, SE DEBEN CONSIDERAR LOS SI--GUIENTES ELEMENTOS, GENERALMENTE FORMADOS POR INSTALACIONES DE LAS COMPAÑIAS SUMINISTRADORAS DEL SERVICIO DE ENERGIA (CIA DE LUZ, --CFE):

FUENTE DE ENERGIA

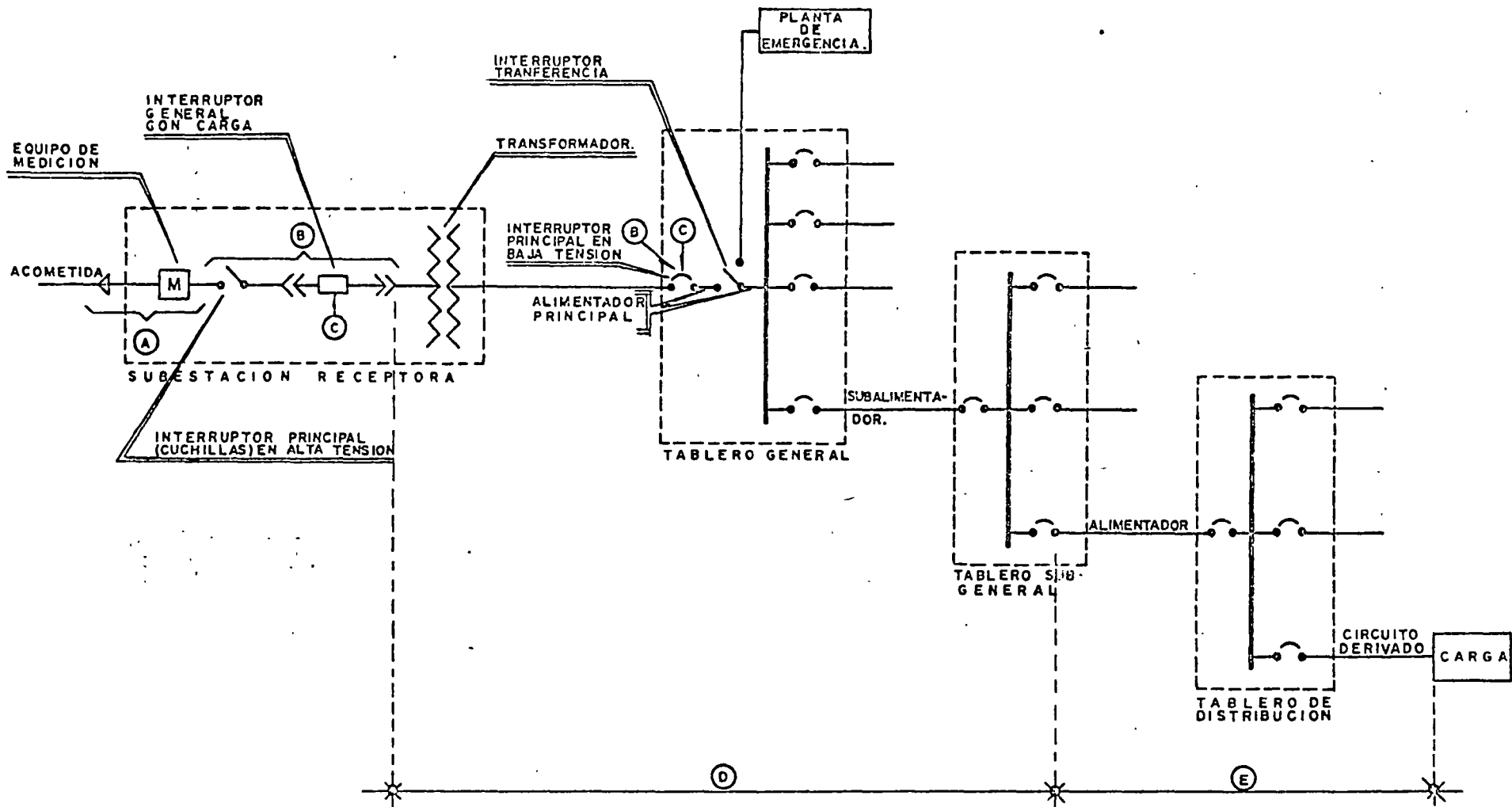
EQUIPO DE GENERACION

SISTEMA DE TRANSMISION

SISTEMA DE DISTRIBUCION

DESDE EL PUNTO DE VISTA INTERNO, EL CONCEPTO "INSTALACION --ELECTRICA", RESTRINGE, DE TODOS LOS ELEMENTOS MENCIONADOS, ES DE--CIR, CONDUCTORES, APARATOS Y ACCESORIOS NECESARIOS, AQUELLAS INSTALACIONES DE LA CIA SUMINISTRADORA, Y ABARCA SOLAMENTE LAS INSTALA--CIONES DEL USUARIO.

LOS ELEMENTOS INTEGRANTES DE UNA INSTALACION ELECTRICA DESDE ESTE PUNTO DE VISTA PUEDEN OBSERVARSE EN LA SIGUIENTE LAMINA:



- (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.

ANALISIS DE LOS ELEMENTOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA DESDE EL PUNTO DE VISTA INTERNO.

A.- DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA.

LOS DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA ESTAN FORMADOS POR LAS "LINEAS DE SERVICIO", QUE SON LOS CONDUCTORES Y EL EQUIPO QUE SE USAN PARA EL SUMINISTRO DE LA ENERGIA ELECTRICA DESDE LAS LINEAS O EQUIPOS INMEDIATOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTOS HASTA LOS MEDIOS PRINCIPALES DE DESCONEXION Y PROTECCION DE LA INSTALACION SERVIDA. QUEDAN PUES FORMADAS POR LA "ACOMETIDA" Y POR EL "EQUIPO DE MEDICION" DE LA CIA. DE LUZ.

B Y C.- DISPOSITIVOS DE DESCONEXION Y PROTECCION PRINCIPAL.

EL 2o. Y 3er. ELEMENTO NORMALMENTE ESTAN INTEGRADOS EN UN SOLO DISPOSITIVO, DE ACUERDO CON LAS DISPOSICIONES DE LOS ARTICULOS 7-9 Y 7-16 DEL R. DE O. E I. E. TODA ENTRADA DE SERVICIO DEBE DE TENER UN DISPOSITIVO QUE PERMITA DESCONECTAR A TODOS LOS CONDUCTORES DE LA INSTALACION SERVIDA, ASI COMO UN MEDIO DE PROTECCION CONTRA SOBRE-CORRIENTE.

D Y E. SISTEMA DE DISTRIBUCION.

EL 4o. ELEMENTO, O SEA EL SISTEMA DE DISTRIBUCION SE ACOSTUMBRA DIVIDIR EN PRIMARIO Y SECUNDARIO, DE ACUERDO CON LA CONDICION DE QUE EL VOLTAJE DE SUMINISTRO SE TRANSFORME O NO EN LA INSTALACION SERVIDA O AUN DE ACUERDO CON LOS DIFERENTES PASOS QUE SE PLANEEN EN LA DISTRIBUCION. EL SISTEMA DE DISTRIBUCION ESTA INTEGRADO POR:

- 1) LOS CIRCUITOS DERIVADOS
- 2) LOS TABLEROS DE DISTRIBUCION
- 3) LOS ALIMENTADORES

POR ULTIMO TENDREMOS LA UTILIZACION MISMA DE LA ENERGIA EN EL CONJUNTO DE ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA "CARGA".

UNA INSTALACION ELECTRICA PUEDE SER TAN COMPLICADA COMO LA ANTERIOR, O TAN SIMPLE QUE CONSISTA EN UNA SOLA CARGA PERO ES IMPORTANTE QUE SIEMPRE SEA "ADECUADA" Y QUE FACTORES SON LOS QUE HAY -- QUE CONSIDERAR PARA QUE UNA INSTALACION ELECTRICA SEA ADECUADA.

DEBEMOS DE CONSIDERAR.

CONVENIENCIA

CAPACIDAD

REGULACION

ACCESIBILIDAD

FLEXIBILIDAD

SEGURIDAD

#### CONVENIENCIA

SUS CARACTERISTICAS DEBEN DE SER CONGRUENTES CON EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE LA CIA. ABASTECEDORA, Y SUS NORMAS O CON EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO. EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PUEDE SER URBANO O PROPIO, CON LA CONSIDERACION DE QUE SALVO CASOS ESPECIALES, EL SISTEMA PROPIO SOLO ES POSIBLE PARA CASOS DE EMERGENCIA.

ADEMAS, SUS CARACTERISTICAS DEBEN SER CONGRUENTES CON EL EQUIPO STANDARD EN EL MERCADO Y DEBE DE TENDER A LA MAXIMA STANDARDIZACION.

CAPACIDAD

DEBEN SER CAPACES TODAS SUS PARTES DE CONDUCIR LAS CORRIENTES DE REGIMEN ESTABLECIDOS POR EL USO Y DEBEN DE PREVEERSE RESERVAS LOGICAS EN TODAS SUS PARTES.

REGULACION

DEBE DE PROVEER LA MAXIMA ESTABILIDAD DEL VOLTAJE, O SEA PROPORCIONAR LA CANTIDAD DE ENERGIA NECESARIA EN CADA PUNTA AL VOLTAJE REQUERIDO.

DEBEN POR LO TANTO CONSIDERARSE LA LONGITUD DE LOS CONDUCTORES EN RELACION CON LA LOCALIZACION DE LAS CARGAS PARA DEFINIR CAIDAS DE VOLTAJE ACEPTABLES.

DEBEN DE ESTUDIARSE LAS VARIACIONES DE LAS DIFERENTES CARGAS EN FUNCION CON SU CONCENTRACION EN ALIMENTADORES INDIVIDUALES.

ACCESIBILIDAD

DEBE SER ACCESIBLE PARA:

INSTALACION  
OPERACION  
MANTENIMIENTO  
AMPLIACIONES FUTURAS

FLEXIBILIDAD

DEBERA EN LO POSIBLE CONSIDERAR LA POSIBILIDAD DE CAMBIOS EN OPERACION O POR LOCALIZACION.

SEGURIDAD

SE DEBE DE CONSIDERAR LA SEGURIDAD DE:

EQUIPO  
PERSONAL EN OPERACION

PERSONAL EN MANTENIMIENTO  
FALLAS DE OPERACION

DEBERA POR LO TANTO CUMPLIR CON LA REGLAMENTACION. LA REGLA  
MENTACION EN NUESTRO PAIS LA PODEMOS CONSIDERAR FORMADA POR LOS  
SIGUIENTES CONCEPTOS:

SOBRE METODOS Y SISTEMAS.

MEDIANTE EL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS,  
EL CUAL FUE PUBLICADO EL 31 DE MARZO DE 1950.

EL NATIONAL ELECTRIC CODE ESTA PATROCINADO POR "NATIONAL FI  
RE PROTECTION ASSOCIATION" ASOC. NO DEL GOBIERNO.

ES NORMA OFICIAL EN LOS E.U.

EL PRIMER CODIGO (O LA 1a. EDICION) FUE PUBLICADO EN 1897 Y  
A SUFRIDO MULTIPLES REVISIONES.

SE REVISA DE TIEMPO EN TIEMPO, PERO NO A INTERVALOS FIJOS.

FUNCIONA UN COMITE PERMANENTE PARA SU REVISION

ACTUALMENTE ESTA EN VIGOR EL DE 1978

EN MEXICO EN 1926, EL GOBIERNO PUBLICO COMO DECRETO DE LA  
ENTONCES SECRETARIA DE ECONOMIA, EL CODIGO NACIONAL ELECTRICO,  
COPIA DEL AMERICANO EN VIGOR.

EL 31 DE MARZO DE 1950 SE PUBLICO EL "REGLAMENTO DE OBRAS E  
INSTALACIONES ELECTRICAS" REGLAMENTO DE LA LEY DE LA INDUSTRIA  
ELECTRICA, BASADO EN EL DE 1926.

NO SE HA ACTUALIZADO OBSOLETO, POSIBLEMENTE PRONTO SE PUBLI  
QUE UN NUEVO REGLAMENTO.

ADEMAS DE LA REGLAMENTACION SOBRE INSTALACIONES, EXISTE TAM  
BIEN SOBRE MATERIALES Y SOBRE PERSONAS DEDICADAS A TRABAJOS EN  
INSTALACION ELECTRICA.

SOBRE LAS PERSONAS

MEDIANTE EL CAPITULO XIX DEL REGLAMENTO DE LA LEY DE LA INDUSTRIA ELECTRICA.

SOBRE MATERIALES.

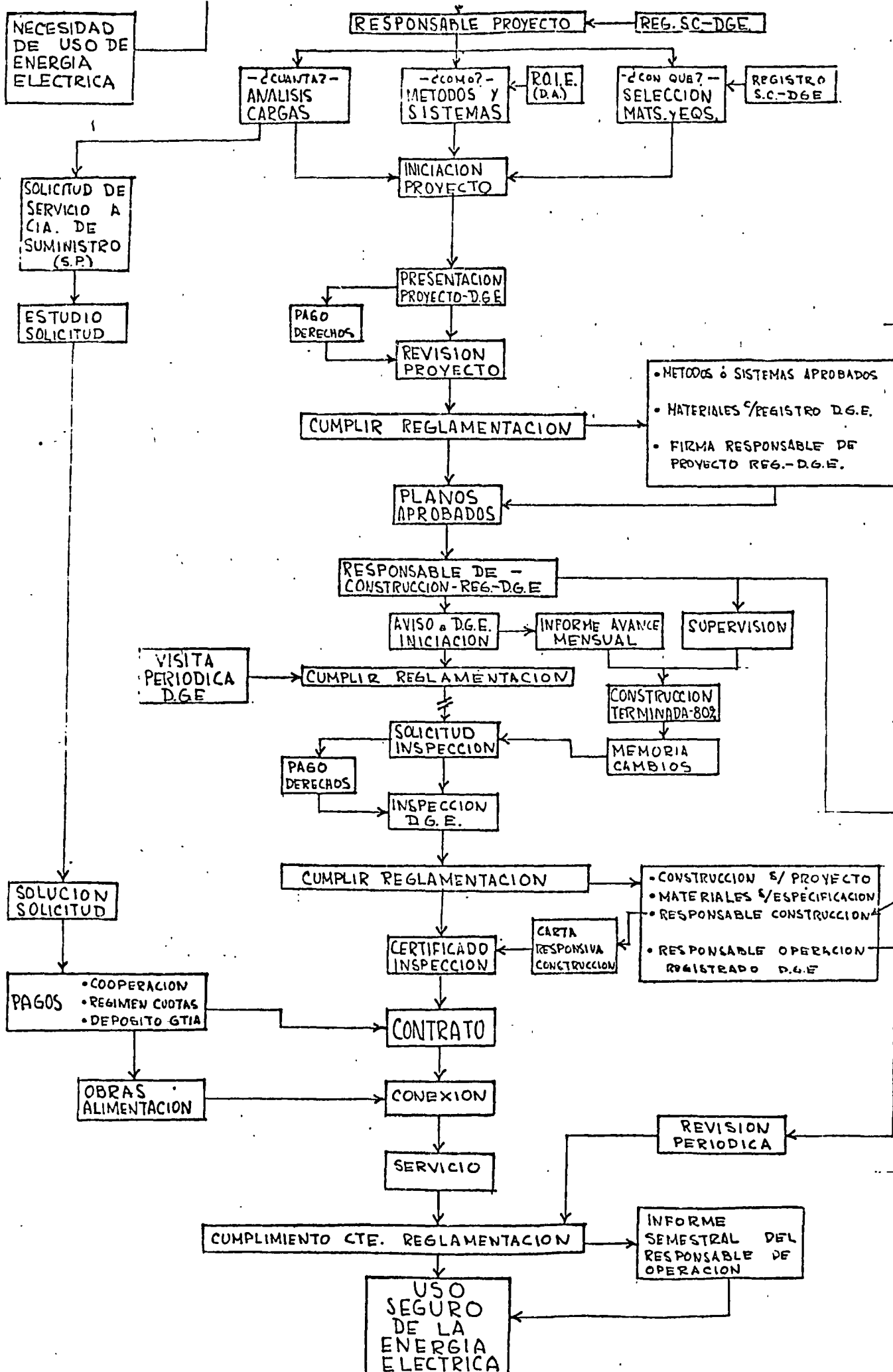
MEDIANTE REGISTROS "D,G,E." EN LA SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DE TODOS LOS MATERIALES Y EQUIPOS USADOS.

TODAS ESTAS DISPOSICIONES, FORMAN PARTE DE LA LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA, PUBLICADA EN EL "DIARIO OFICIAL" EL 22 DE DICIEMBRE DE 1975.

CONTROL ESTABLECIDO POR LA REGLAMENTACION

EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE PROYECTO, CONSTRUCCION Y TRAMITE, LA D.G.E. ESTABLECE EL CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DE NUESTRA REGLAMENTACION SEGUN SE OBSERVA EN LA LAMINA SIGUIENTE.

TRAMITES C.F.E. - CIA DE LOZ Y F.C.

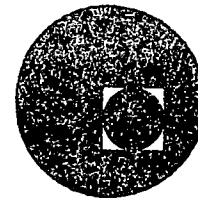


PROYEC  
OBRA  
TRAMITES  
SERVICIO





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## INSTALACIONES ELECTRICAS PARA ELIFICIOS

### V ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUTIVOS LE UNA INSTALACION ELECTRICA

- a) LIAGRAMA GENERAL
- b) LIVERSOS ELEMENTOS QUE LA COMPONEN

### VI ANALISIS DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

- a) CARGAS
  - 1) Definición
  - 2) Leterminación de una carga
  - 3) Clasificación de las cargas: Normal y emergencia
  - 4) Carga de alumbrado. Determinación de la cantidad de lámparas en función del uso.
  - 5) Carga de aparatos criterio para determinar cargas.
  - 6) Cargas de fuerza. Parámetros necesarios para su determinación.

ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO

JULIO, 1978.

ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO.

TERCERA SESION.- Viernes 7 de julio.

V.- Elementos principales constitutivos de una instalación eléctrica.

a).- Diagrama general.- El diagrama general que se muestra en la figura 1, nos indica los principales elementos que constituyen una instalación eléctrica, desde la carga más elemental, pasando por los diversos dispositivos de que se compone hasta la acometida en la que entrará la alimentación por parte de la compañía suministradora.

b).- Diversos elementos que la componen.- Los elementos integrantes de una instalación eléctrica son los siguientes:

1.- Dispositivos de recepción de energía.- Los dispositivos de recepción de la energía están formados por las líneas de servicio, que son los conductores y el equipo que se usan para el suministro de la energía eléctrica desde las líneas o equipos inmediatos del sistema general de abastecimiento hasta los medios principales de medición y protección de la 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 disposiciones del R.O.I.E., indica que la entrada de servicio debe tener un elemento que permita desconectar a todos los conductores de la instalación alimenta

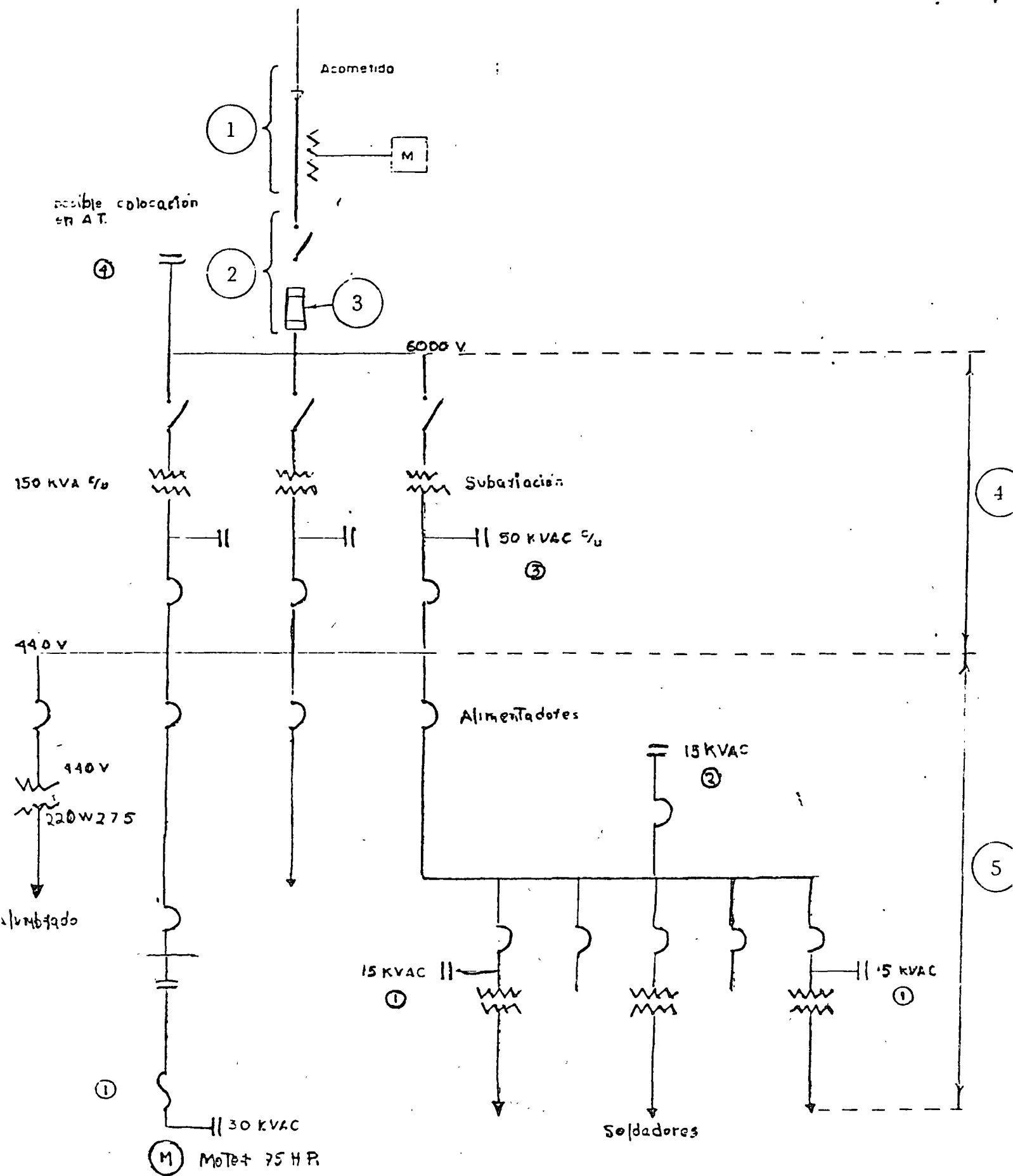


Fig-2

tada, 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.

## VI.- Análisis 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 ( calefacto---

res ), 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:

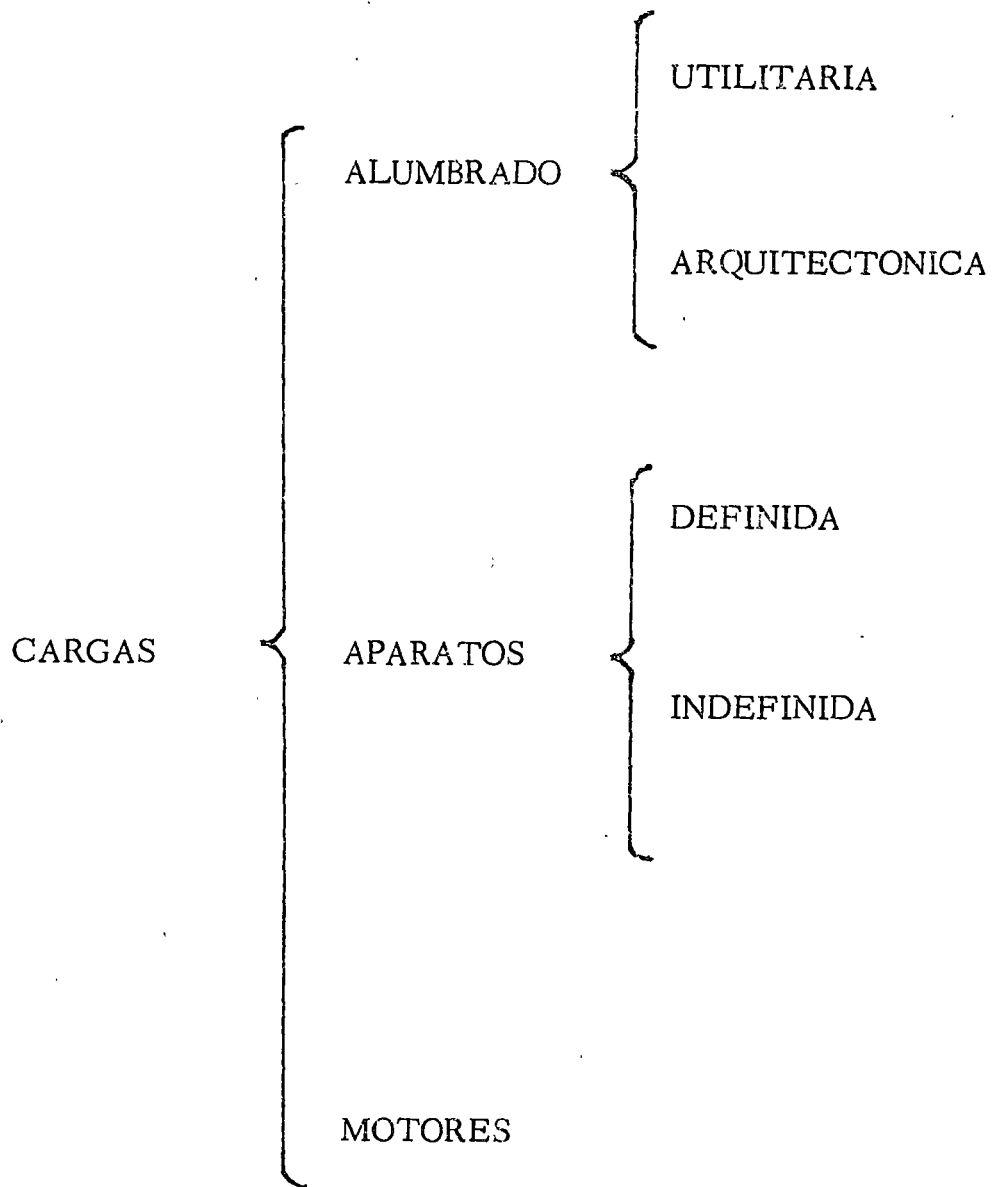
- 1.- Cargas en el sistema normal.
- 2.- Cargas en el sistema de emergencia

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

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

- 1.- Cargas de alumbrado.

° Utilitaria.



° Arquitectónica.

2.- Cargas de aparatos.

° Definida.

° Indefinida.

3.- Cargas de motores.

1.- 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 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 del trabajo, ya sea horizontal, vertical u oblicuo.

En el caso donde el área del 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.

Se anexan las tablas que representan los niveles recomendados -- por la I. E. S. ( Illumination Engineering Society ), y por la -- ( Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación )

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 --



⊕ Niveles mínimos de iluminación recomendados para  
el alumbrado general de interiores

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)		Nivel luminoso recomendado Lux (mínimo en cualquier momento)
<b>Auditorios.</b>			
Reunión o asamblea .....	150	Sala de reconocimiento de ojos, oído, nariz y garganta .....	500
Exposición y exhibiciones .....	300	Sala de fracturas:	
<b>Bancos.</b>			
Vestíbulos:			
General .....	500	General .....	500
Área de trabajo .....	700	Mesa de operaciones .....	2000
Correa andadura, claves, etc. ....	1500	Laboratorios:	
<b>Bomberos (ver Servicios del Municipio).</b>			
<b>Correos (Oficinas de).</b>			
Mesas del vestíbulo .....	300	Salas de ensayo .....	300
Clasificación, fichero, etc. ....	1000	Mesas de trabajo .....	500
<b>Escuelas.</b>			
Lectura de textos impresos .....	300	Trabajos delicados .....	1000
Lectura de textos a lápiz .....	700	Bibliotecas .....	700
Lectura de textos en papel de copias:		Salas de armarios .....	200
Buenas .....	300	Vestíbulos y pasillos .....	300
Malas .....	1000	Archivo de protocolos médicos .....	1000
Salas de dibujo y bancos de trabajo .....	1000	Salas de enfermeras:	
Pizarras .....	1500	General .....	200
Salón de costura .....	1500	Pupitres y diagramas .....	500
<b>Estaciones, cocheras y terminales.</b>			
Salas de espera y salas para fumadores .....	300	Despacho de medicinas .....	1000
Despacho de billetes: general, ventanilla, mostradores .....	1000	Salas de trabajo de enfermeras .....	300
Facturación de equipajes .....	500	Casas cunas:	
Andenes y almacenes .....	200	General .....	100
Servicios y lavabos .....	300	Mesa de reconocimiento .....	700
<b>Galerías de arte.</b>			
General .....	300	Pedriatría y sala de juegos .....	300
Sobre los cuadros (alumbrado suplementario) .....	300*	<b>Obstetricia:</b>	
Para esculturas y demás objetos de arte .....	1000**	Salas de esterilización .....	300
<b>Hospitales</b>			
Cuartos de anestesia y preparación .....	300	Salas de consulta .....	200
Autopsia y depósito de cadáveres:		Sala de partos, general .....	1000
Sala de autopsias .....	1000	Mesa de partos .....	25000
Mesa de autopsias .....	25000	Farmacias:	
Depósito general .....	200	General .....	300
Central esterilizadora:		Mesas de trabajo .....	1000
General .....	300	Almacén de productos .....	300
Afilado de agujas .....	1500	Habitaciones y salas*	
Departamento odontológico:		General .....	100
General .....	700	Lectura .....	300
Vitrina de instrumental .....	1500	Locales para pacientes mentales .....	100
Sillón dental .....	10000	Trabajo con radioisótopos:	
Laboratorio, bancos .....	1000	Laboratorio radioquímico .....	300
Sala de recuperación .....	50	Salón de medidas .....	200
Sala de emergencia:		Mesas de trabajo .....	500
General .....	1000	Solariums .....	200
Local .....	20000	Almacenes:	
Sala de reconocimiento y tratamiento:		General .....	150
General .....	500	Oficinas .....	700
Mesa de reconocimiento .....	1000	Cirugía:	
Salidas (nivel luminoso en el suelo) .....	50	Salas de instrumentos y esterilización .....	300
Ojos, nariz, oído y garganta:		Salas de limpieza (instrumentos) .....	1000
Sala oscura .....	100	Salas de operaciones, general .....	1000
* Los cuadros oscuros con detalles o pormenores delicados deberán tener de 2 a 3 veces este nivel.			
** A veces se requiere muchos más.			
* De enfermos o heridos.			

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
<b>Hotels.</b>		
Bares y cafeterías (ver Restaurantes).		
Salas de baños:		
General .....	100	
En el espejo .....	300†	
Dormitorios:		
General .....	100	
Tocador .....	300†	
Lectura y escritura .....	300	
Comedores (ver Restaurantes).		
Vestíbulo .....	300	
Recepción .....	500	
Servicio de lavado de ropas:		
Lavado .....	300	
Planchado .....	500	
Planchado mecánico .....	700	
Lencería y ropa blanca:		
General .....	200	
Costura .....	1000	
Salas de espera:		
General .....	100	
Zonas de lectura y trabajo .....	300	
Marquesina:		
Alrededores oscuros .....	300	
Alrededores claros .....	500	
Dispensas .....	100	
<b>Municipio (Servicios del); Bomberos y Policía.</b>		
<b>Policía:</b>		
Plancheros de identificación .....	1500	
Celdas y cuartos para interrogatorios .....	300	
<b>Bomberos:</b>		
Dormitorio .....	200	
Aparcamiento de coches y sala de recreo .....	300	
<b>Museos (ver Galerías de arte).</b>		
<b>Oficinas.</b>		
Lectura de alto contraste de textos bien impresos; tareas y zonas que no exigen una atención exagerada o prolongada, tales como lavabos, archivos no necesitados a diario, salones de conferencia, salas de visita, etc .....	300	
Lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lápiz tinta, sobre buen papel; archivos usados con frecuencia .....	700	
Trabajo normal burocrático; lectura de buenas reproducciones; lectura o transcripción de escritura a mano con lápiz duro o sobre mal papel, archivos de uso continuo, clasificación de correspondencia, índice de asuntos .....	1000	
Contabilidad, audición, máquinas de escribir, teneduría de libros, máquinas calculadoras, lectura de malas reproducciones, dibujo a mano alzada .....	1500	
Cartografía, estudios, dibujo detallado .....	2000	
Corredores, escaleras, ascensores y escaleras mecánicas .....	200*	
Policía (ver Servicios del Municipio).		
<b>Residencias.</b>		
Tareas visuales concretas:		
Juegos de mesa .....	300	
Cocinas:		
Pilas de cinc, fregaderos .....	700	
Hornillos y superficies de trabajo .....	500	
Lavadoras, custos de ropa, planchas y tablas de planchar .....	500	
Salones de lectura, escritura y estudio:		
Libros, revistas, periódicos .....	300	
+ Para exámenes meticulosos 500 lux		
Escritura a mano, reproducciones, copias malas .....	700	
Pupitres de estudio .....	700	
Lectura de partituras musicales:		
Partituras sencillas .....	300	
Partituras completas .....	700**	
Cuartos de costura:		
Trabajos intermitentes, elevados contrastes con tela, telas bastas, puntadas grandes .....	300	
Trabajos intermitentes, telas finas .....	500	
Trabajo continuo, telas ligeras o medias .....	1000	
Telas oscuras, detalles finos, bajo contraste .....	2000	
Tocadores, maquillajes, afeitados (emplazado sobre los espejos y rostros) .....	500	
Taller, bancos de trabajo .....	700	
Alumbrado general:		
Vestibulos, halls, escaleras, descansillos .....	100	
Cuartos de estar, comedores, dormitorios, bibliotecas y salas de juegos .....	100	
Cocina, lavandería, cuartos de baño .....	300	
<b>Restaurantes, cafeterías y bares.</b>		
Comedores:		
De tipo íntimo:		
Con alrededores oscuros .....	30	
Con alrededores claros .....	100	
Para realizar el trabajo de limpieza .....	200	
De tipo general:		
Con alrededores oscuros .....	150	
Con alrededores claros .....	300	
De autoservicio:		
Alrededores normales .....	500	
Alrededores muy iluminados .....	1000	
Cajas .....	500	
Exposición de comida: dos veces el nivel general pero nunca menos de .....	500	
Cocinas:		
Inspección, verificación, precios .....	700	
Otras áreas .....	300	
<b>Tiendas.</b>		
Escaparates:		
Alumbrado de día:		
General .....	2000	
Detalle o pormenor .....	10000	
Alumbrado de noche:		
Distritos poco concurridos o pequeñas ciudades:		
General .....	1000	
Detalle .....	5000	
Distritos principales o de mucha competencia:		
General .....	2000	
Detalle .....	10000	
Interior de las tiendas:		
Zonas de circulación .....	300	
Zonas de estanterías y almacenamiento de productos:		
Con servicio normal .....	1000	
Con autoservicio .....	2000	
Vitrinas y estanterías:		
Con servicio normal .....	2000	
Con autoservicio .....	5000	
Exposición de detalles:		
Con servicio normal .....	5000	
Con autoservicio .....	10000	

\* O no menos, de 1/5 del nivel luminoso en las zonas inmediatas.  
\*\* Cuando las partituras son de tamaño inferior a las normales y hay anotaciones sobre las líneas se necesitan 1500 lux o más.

## ⊕ Niveles Mínimos de Iluminación Recomendados para el Alumbrado de Interiores Industriales

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
<b>Acero (ver Hierro y acero).</b>		
<b>Ajuste (Talleres de).</b>		
Trabajo basto de fácil visión .....	300	
Trabajo basto de difícil visión .....	500	
Trabajo medio .....	1000	
Trabajo fino .....	5000	
Trabajo extra fino .....	10000	
<b>Almacenes y bodegas:</b>		
De poco movimiento .....	50	
<b>Activos de mucho movimiento:</b>		
Embalaje tosco .....	100	
Embalaje medio .....	200	
Embalaje fino .....	500	
<b>Arcilla (ver Cementos).</b>		
<b>Automóviles (Fábricas de).</b>		
Ajuste del bastidor .....	500	
Línea de montaje y ajuste de chasis .....	1000	
Montaje final e inspección de línea .....	2000	
<b>Fabricación de la carrocería:</b>		
Piezas .....	700	
Acabado e Inspección .....	2000	
<b>Aviación. Fábricas de aviones.</b>		
<b>Naves:</b>		
De producción .....	1000	
De inspección .....	2000	
<b>Fabricación de piezas:</b>		
Remachar, soldar y taladrar .....	700	
Cabinas de pintura .....	1000	
Preparación planchas de aluminio y trabajo de templado, formación y pulido de las partes pequeñas del fuselaje, secciones de alas y carcasas de motores ...	1000	
Montajes secundarios: Trenes de aterrizaje, fuselaje, secciones de ala, carcasas y otras piezas grandes ...	1000	
Montaje final e inspección .....	1000	
Reparación de herramientas .....	1000	
<b>Aviación. Hangares (solamente servicio de reparaciones)</b> .....	1000	
<b>Azúcar (Industrias del).</b>		
<b>Departamento de chocolates:</b>		
Descascarillar, aventar, extracción de grasas, triturar, refinar .....	500	
Limpieza y selección de granos, inmersión, envase, empaquetado, etc .....	500	
Molienda .....	1000	
Elaboración de la crema, mezclado, cocido y moldeado .....	500	
Gelatina y jalea .....	500	
Decoración a mano .....	1000	
<b>Departamento de caramelos:</b>		
Mezclar, cocer, moldear .....	500	
Cortar y seleccionar .....	1000	
Envasar y empaquetar .....	1000	
<b>Azúcar (Refinerías de).</b>		
Dosificación .....	500	
Inspección del color .....	2000	⊕
<b>Bodegas (ver Almacenes y bodegas).</b>		
<b>Carbón (Volquetes automáticos y lavaderos de).</b>		
Triturado y lavaderos .....	100	
Selección .....	3000	
<b>Cartón (Fábricas de cajas de): Area general</b> .....	500	
<b>Caucho (ver Goma).</b>		
<b>Cementos y derivados de la arcilla.</b>		
Molido, prensado de filtro .....	300	
Moldeado, lavado y prensado .....	300	
Color y vidriado trabajo duro; esmaltado .....	1000	
Color y vidriado, trabajo fino .....	3000	
<b>Centrales eléctricas y subestaciones. Interiores.</b>		
Auxiliares, habitaciones de baterías, bombas de alimentación de calderas, tanques, compresores y cuadros de instrumentos .....	200	
Plataforma de calderas, habitación de cables y áreas de circulación o de bombas .....	100	
Plataforma de quemadores .....	200	
Condensadores: áreas de desaeradoras evaporadores y calentadores .....	100	
<b>Habitaciones de control:</b>		
<b>Panel de interruptores (frente vertical):</b>		
<b>Secciones sencillas o dobles frente al operador:</b>		
Tipo A. Habitaciones de control, centralizado, de gran tamaño. Nivel a 1.70 metros sobre el suelo ...	500	
Tipo B. Habitación de control normal. Nivel a 1.70 metros sobre el suelo .....	300	
Sección de "duplex" frente al operador .....	300	
Pupitres de trabajo (nivel horizontal) .....	500	
Áreas interiores de los paneles de interruptores para "duplex" .....	100	
Parte trasera de los paneles de interruptores (nivel vertical) .....	100	
Alumbrado de emergencia para todas las áreas.	30	
Laboratorio de química .....	500	
Casetas de filtros, aparatos de control de fuerza y equipos telefónicos .....	200	
Túneles o galerías, tuberías.	100	
Zona de turbinas bajo el pavimento .....	200	
Habitación de turbinas .....	300	
<b>Conservas (Fábricas de).</b>		
Clasificación inicial de materias crudas .....	500	
Tomates .....	1000	
Selección de color (cortado) .....	2000	
<b>Preparación:</b>		
<b>Selección preliminar:</b>		
Albaricoques y melocotones .....	500	
Tomates .....	1000	
Aceitunas .....	1500	
Cortado y selección final .....	1000	
<b>Conservado</b>		
Enlajado continuo en cadena .....	1000	
Empaquetado a mano .....	500	
Aceitunas .....	1000	
Examen de envasados .....	2000	
<b>Corte y confección.</b>		
Inspección de paños .....	20000	
Cortado y prensado .....	3000	
Cosido .....	5000	
<b>Electricidad (ver Centrales eléctricas).</b>		
<b>Electricidad (Fabricación de equipos, eléctricos).</b>		
Impregnación .....	500	
Aislado, pintado de conductores .....	1000	
Ensayos .....	1000	

Nivel luminoso  
recomendado en  
Lux (mínimo en  
cualquier  
momento)

Nivel luminoso  
recomendado en  
Lux (mínimo en  
cualquier  
momento)

<b> Encuadernación.</b>	
Doblar, montar, encolar, etc .....	700
Cortar, perforar y coser .....	700
Repujar e inspección .....	2000
<b>Forja (Talleres de) .....</b>	<b>500</b>
<b>Fundiciones.</b>	
Templado, limpiado, batido .....	300
Moldeo o fabricación de machos, trabajo medio ...	500
Moldeo o fabricación de machos, trabajo fino .....	1000
Desbastado y cepillado .....	1000
Inspección media .....	1000
Inspección fina .....	5000
Moldes, grandes; rellenado y vaciado .....	500
Moldes medianos .....	1000
Horno de cúpula .....	200
<b>Galvanizado .....</b>	<b>300</b>
<b>Garajes: Automóviles y camiones.</b>	
Servicio de garajes:	
Reparaciones .....	1000
Zonas de tráfico activo .....	200
Garajes de apacamiento:	
Entrada .....	500
Pistas y rampas .....	100
Aparcamiento .....	50
<b>Goma (Mecanizado de artículos de).</b>	
reparación de la materia prima:	
Alambrado, emplastecido y tresado .....	300
Preparación del tejido, corte y telares .....	500
Moldeado y selección de productos, calibrado .....	500
Inspección .....	2000
<b>Guantes (Fábricas de).</b>	
Prensado y cortado .....	3000
Máquinas de hacer punto y selección .....	1000
Cosido e inspección .....	5000
<b>Harina (Fábricas de).</b>	
Molido, cernido, refinado .....	500
Empaquetado .....	300
Control de productos .....	1000
Cribas, limpiadoras, ascensores, pasillos, recipientes de control .....	300
<b>Hierro y acero (Industria del).</b>	
Interiores abiertos:	
Piso de carga (Fundición) .....	200
Vagonetas de colada:	
Pozos de escoria .....	200
Plataformas de control .....	300
Zona superior .....	300
Pasarelas elevadas de inspección .....	100
Mezcladores .....	300
Calcinado y sangrado .....	100
Trenes de laminación:	
Lingotes, pletinas, barras calientes y planchas calientes .....	300
Laminación en frío, barras y planchas .....	300
Tubos, barras, varillas redondas, alambres .....	500
Estampado de hojalata: estañado, galvanizado, laminado de flejes en frío .....	500

<b>Sala de máquinas y motores .....</b>	<b>300</b>
<b>Inspección:</b>	
Chapas oscuras, changote, cascajo .....	1000
Hojalata y otras superficies brillantes .....	1000
<b>Imprentas.</b>	
Fundición de tipos:	
Máquinas y moldes de mano; fundición de conjuntos, clasificación .....	500
Fabricación de matrices, rectificado de tipos .....	1000
Plantas de impresión:	
Inspección de color y valoración .....	2000
Composición a máquina, salas de composición. ....	1000
Prensas .....	700
Lectura de pruebas y revisión de planchas .....	1500
Electrotipia:	
Moldes, acabado, nivelación de moldes, recorrido y rectificación .....	1000
Montura de planchas, estañado, electroplateado, limpiado .....	500
Fotograbado:	
Grabado al aguafuerte, planchas .....	500
Manipulación, acabado, lectura de pruebas, entintado y enmascarado .....	1000
<b>Inspección (Trabajos de).</b>	
Ordinario .....	500
Difícil .....	1000
Bastante difícil .....	2000
Muy difícil .....	5000
Lo más difícil .....	10000
<b>Lavanderías.</b>	
Lavado .....	300
Planchado, clasificación y marcado .....	500
Acabado a máquina y con plancha. Clasificación ..	700
Planchado fino a mano .....	1000
<b>Madera.</b>	
Trabajos bastos y de banco .....	300
Medidas, cepillado, lijado basto, trabajos medios de banco y máquina encolado barnizado y tonelería ..	500
Trabajos finos de banco y máquina, pulido fino acabado .....	1000
<b>Manipulado de materiales.</b>	
Empaquetado, embalaje y etiqueta .....	500
Clasificación y distribución .....	300
Carga y colocación en camiones .....	200
Interior de camiones y coches de transporte .....	100
<b>Metal. Trabajo en metales laminados.</b>	
Prensado, cortado, estampado, taladrado, maquinaciones diversas, trabajo medio de banco .....	500
Inspección de estanoado y galvanizado; trazado .....	2000
<b>Neumáticos y tubos de goma (Fabricación de).</b>	
Preparación de la materia prima:	
Alambrado, emplastecido y fresado .....	300
Preparación de productos: cortado, construcción de bordes .....	
Máquinas de hacer tubo .....	500
Fabricas de neumáticos:	
Bandajes sólidos .....	300

+ La superficie a inspeccionar debe ser cubierta con un alumbrado especial a base de fuentes luminosas de gran tamaño y brillo lo suficientemente bajo para proporcionar más condiciones de contraste favorables.

\* Los materiales especulares o las superficies de trabajo pueden necesitar consideraciones especiales en la selección y colocación de los equipos de alumbrado o en su orientación respecto al trabajo.

Nivel luminoso  
recomendado en  
Lux (mínimo en  
cualquier  
momento

Nivel luminoso  
recomendado en  
Lux (mínimo en  
cualquier  
momento)

### Neumáticos y tubos de (continuación)

Neumáticos .....	500
Departamento de revisiones: Revisión de tubos, revisión de neumáticos .....	700
Inspección final: Tubos, neumáticos .....	2000

### Papel (Fábricas de).

Triturado, molido y prensado .....	300
Acabado, cortado, aparejado y máquinas de hacer papel .....	500
Cortado a mano, máquinas de cortar e igualar .....	700
Bobinas de papel, inspección y laboratorios .....	1000
Atado y empaquetado .....	1500

### Piel (Fabricación de artículos de).

Ensamblado, enrollado y glaseado .....	2000
Clasificación, cortado, acoplado y cosido .....	3000

### Piel (Industrias de la). Cueros.

Depositos de limpieza, curtido y estirado .....	300
Cortado, descarnado y estopado .....	500
Acabado y cosido .....	1000

### Piedras. Triturado y cribado.

Correas transportadoras espacios para canalizaciones, habitaciones de toboganes e interior de receptáculos .....	100
Salas de primera trituración, trituradoras auxiliares bajo los receptáculos .....	100
Cribas .....	200

### Pinturas (Fabricación de).

General .....	300
Mezclas comparativas y normales .....	2000

### Pintura (Talleres de).

Por inmersión, a pistola, a mano, al fuego, pintura ordinaria a mano y perfilado delicado a mano .....	500
Trabajos finos de pintura a mano y acabado .....	1000
Trabajos extrafinos de pintura a mano y acabado (carrocerías de automóviles, pianos, etc.) .....	3000
Planchado y limpiado en seco (ver Tintorerías).	

### Productos lácteos: Industrias de la leche.

Habitación de hervido y almacén de botellas .....	300
Clasificación de botellas .....	500
Limpieza de botellas .....	
Lavado de bidones y equipos de frío .....	300
Rellenado, inspección .....	1000
Indicadores, aneles y termómetros (parte vista) ..	500
Laboratorios .....	1000
Pasteurizadores, clasificadores y refrigeradores ...	300
Tanques depósitos:	
Interiores claros .....	200
Interiores oscuros .....	1000

Pulido y bruñido .....

### Química (Trabajos de).

Desecadores, alambiques, evaporadores, blanqueadores, filtros .....	300
Tanques, cristalizadores, extractores, coladores ...	300

### Servicio (Áreas de).

Escaleras, pasillos, ascensores .....	200
Lavabos y Tocadores .....	300

\* La superficie a inspeccionar debe ser cubierta con un alumbrado especial a base de fuentes luminosas de gran tamaño y brillo lo suficientemente bajo para proporcionar unas condiciones de contraste favorables.

### Soldadura (Talleres de) (continuación)

Iluminación general .....	500
Soldadura manual de arco. Gran precisión .....	10000

### Sombreros (Fábricas de).

Tinte, enderezado, acordonado, limpieza y refinado .....	1000
Dar forma, tamaño, perforado, rebordeado, acabado y planchado .....	2000
Cosido e inspección .....	5000

### Tabado (Manipulado del).

Secado, limpieza general .....	300
Clasificación y apartado .....	2000

### Tahonas.

Cuarto de mezclas .....	500
Estanterías (iluminación vertical) .....	300
Interior del horno (mezcladores verticales) .....	500
Cuarto de fermentación .....	300
Locales restantes:	
Pan .....	300
Dulces y productos de confitería .....	500
Horno, pruebas y empaquetado .....	300
Rellenado y otros ingredientes .....	500
Decorado y azucarado:	
Mecánico .....	500
A mano .....	1000

### Talleres de forja (ver Forja).

### Talleres mecánicos.

Trabajos bastos de banco y máquina .....	500
Trabajos medios de banco y máquina, máquinas automáticas ordinarias, cepillado basto, pulido y bruñido medio .....	1000
Trabajo fino de banco y máquina, máquinas automáticas de precisión, cepillado medio, pulido y bruñido fino .....	5000
Trabajos de banco y máquina muy finos, cepillado fino .....	10000

### Telas (sus derivados) (ver Corte y confección).

### Telas y tejidos (ver Textiles (Fábricas)).

### Textiles (Fábricas). Algodón.

Abrir, mezclar y picar .....	300
Cardar, estirar, tórcer, encanillar, hilar, urdir .....	500
Confección de piezas de tela:	
Artículos grises .....	500
Mezclilla .....	1500
Inspección:	
Artículos grises (girado a mano) .....	1000
Mezclilla (movimiento rápido) .....	5000
Estirado automático .....	1500
Hilado a mano .....	2000
Tejido .....	1000

### Textiles (Fábricas). Lana y estambre.

Clasificación .....	1000
Hilado (en bastidor o máquina): blanco .....	500
Hilado (en bastidor o a máquina): coloreado .....	1000
Trenzado o urdido: blanco .....	500
Urdido en peine: blanco .....	1000
Urdido: color .....	1000
Urdido en peine: color .....	3000
Trenzado: blanco .....	300
Trenzado: color .....	500
Tejido: blanco .....	1000
Tejido: color .....	2000

Nivel luminoso  
recomendado en  
Lux (mínimo en  
cualquier  
momento)

Nivel luminoso  
recomendado en  
Lux (mínimo en  
cualquier  
momento)

**Textiles (Fábricas) (continuación).**

Locales para géneros grises:	
Jorra .....	1500
Hilos .....	3000
Telas .....	700
Acabado, completado, pegado, tratado y secado ...	500
Tintes .....	1000
Acabado en seco:	
Preparado, acondicionado, prensado y tejido .....	700
Corte .....	1000
Inspección .....	20000

**Textiles (Fábricas). Seda y rayón.**

Fabricación: empacado coloreado y acondicionamiento o colocación de líneas .....	300
Devanado, trenzado, rebobinado, encanillado y enderezado:	
Materiales claros .....	500
Materiales oscuros .....	2000
Sala de telares (en sus diversas modalidades) .....	1000
Hilado en peines o sobre alambres en los telares ....	1000
Tejido .....	1000

**Tintorerías. Planchado y limpiado en seco.**

Reconocimiento y clasificación .....	500
Limpieza en seco, húmeda y al vapor .....	500

Inspección y localización de manchas .....	5000
Planchado a mano y máquina .....	1500
Reparaciones y modificaciones .....	2000

**Vidrio (Fábricas de).**

Sala de mezclas y horno, hornos de prensado, máquinas de soplar vidrio .....	300
Molido, cortado del vidrio a medida, esmerilado ...	500
Molido fino, pulido y biselado .....	1000
Inspección, grabado y decorado .....	2000

**Zapaterías. Trabajo en goma.**

Lavado, bañado, mezclado y preparación del caucho	300
Barnizado, vulcanizado, satinado y cortado de suelas	500
Laminado de suelas, forrado y 287, proceso de fabricación y acabado .....	1000

**Zapaterías. Trabajo en material.**

Mesas de corte, marcado, ojales, raspar, clasificar y control en materiales oscuros .....	3000
Fabricación y acabado, lavado, revestimiento, barnizado, vulcanizado, corte de las suelas y palas, repujado, forrado, laminado, limpiado, teñido, alisado, pulido y estampado .....	2000

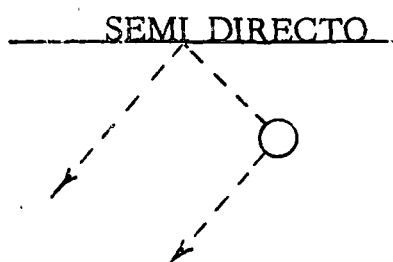
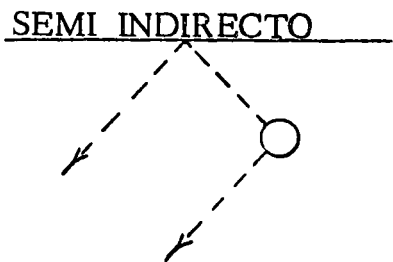
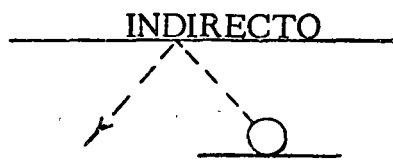
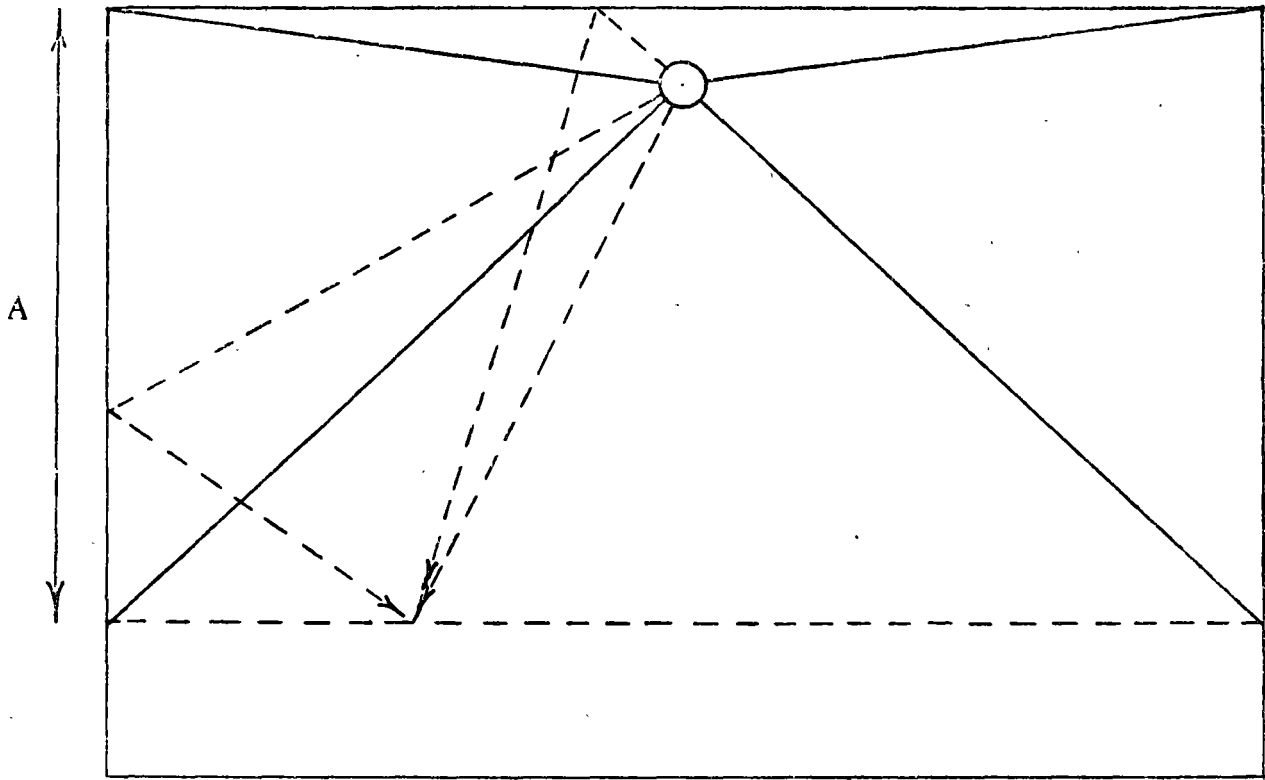
uno de los factores utilizados en estas expresiones debe ser valorado adecuadamente para la obtención de resultados exactos.

El método de punto por punto lleva en si 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 secuencia:

- i 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.
- ii 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.

- iii 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 in-

indices 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 -

⊕ 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 y General Difuso													
		2.15	2.45	2.75	3.05	3.35	3.65	3.95	4.55	5.20	5.90	7.00	8.25	10.05	13.10
2.45	3.05	H	I	J	J	J	J	J							
	3.65	H	I	J	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	J	J	J	J	J	J	J		
	12.20	F	G	H	I	I	J	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							
	4.87	F	H	I	I	J	J	J	J						
	5.48	F	G	H	I	I	J	J	J	J					
	6.10	F	G	H	I	I	J	J	J	J	J				
	7.30	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J	J			
	9.15	F	G	G	H	I	I	J	J	J	J	J	J		
	10.65	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J	J	J	
	12.20	F	F	G	H	H	H	I	I	J	J	J	J	J	J
15.25	E	F	G	H	H	H	I	I	J	J	J	J	J	J	
18.30	E	F	G	H	H	H	I	I	J	J	J	J	J	J	
21.35	E	F	G	G	H	H	H	I	J	J	J	J	J	J	
24.40	E	F	G	G	H	H	H	I	J	J	J	J	J	J	
30.50	E	F	G	G	H	H	H	I	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	I	I	J	J	J	J	J			
	9.15	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J	J		
	10.65	E	F	G	G	H	H	H	I	J	J	J	J	J	
	12.20	E	F	G	G	H	H	H	I	J	J	J	J	J	J
	15.25	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J	J	J
18.30	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J	J	J	
21.35	D	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J	J	J	
24.40	D	F	F	F	G	G	H	I	J	J	J	J	J	J	
30.50	D	F	F	F	G	G	H	I	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	F	G	H	I	I	J	J	J	J				
	6.10	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J			
	7.30	E	F	G	H	H	H	I	J	J	J	J	J		
	9.15	E	F	F	G	H	H	H	J	J	J	J	J	J	
	10.65	E	F	F	G	H	H	H	J	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	H	J	J	J	J	J	J
	18.30	D	F	F	F	G	G	H	H	J	J	J	J	J	J
21.35	D	F	F	F	G	G	H	H	J	J	J	J	J	J	
24.40	D	F	F	F	F	G	H	H	J	J	J	J	J	J	
30.50	D	F	F	F	F	G	H	H	J	J	J	J	J	J	
4.85	4.87	F	F	G	H	H	I	J	J	J					
	5.48	F	F	G	H	H	I	J	J	J					
	6.10	F	F	G	H	H	I	J	J	J					
	7.30	F	F	G	H	H	H	J	J	J	J				
	9.15	D	F	F	H	H	H	J	J	J	J	J			
	10.65	D	F	F	G	H	H	J	J	J	J	J	J		
	12.20	D	F	F	G	H	H	J	J	J	J	J	J	J	
	15.25	D	F	F	F	H	H	J	J	J	J	J	J	J	J
	18.30	C	D	F	F	F	G	H	H	J	J	J	J	J	J
	21.35	C	D	F	F	F	F	G	H	H	J	J	J	J	J
24.40	C	D	D	F	F	F	F	H	H	J	J	J	J	J	
30.50	C	D	D	F	F	F	F	H	H	J	J	J	J	J	
5.50	5.48	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J				
	6.10	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J				
	7.30	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J				
	9.15	D	F	F	G	H	H	I	J	J	J	J			
	10.65	D	F	F	F	H	H	I	J	J	J	J	J		
	12.20	D	F	F	F	H	H	I	J	J	J	J	J	J	
	15.25	C	D	F	F	F	G	H	H	J	J	J	J	J	J
	18.30	C	D	D	F	F	F	G	H	H	J	J	J	J	J
	21.35	C	D	D	F	F	F	F	H	H	J	J	J	J	J
	24.40	C	D	D	D	F	F	F	H	H	J	J	J	J	J
30.50	C	C	D	D	F	F	F	H	H	J	J	J	J	J	
36.60	C	C	D	D	F	F	F	H	H	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	G	G	H	H	I	J	J	J					
	9.15	D	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J					
	10.65	C	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J					
	12.20	C	D	E	F	F	G	H	H	I	J	J					
	15.25	C	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J					
	18.30	C	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J					
	21.35	C	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J					
	24.40	B	C	D	D	E	F	F	G	H	H	I					
7.30	7.30	D	E	E	F	F	G	G	H	H	I	J					
	9.15	C	D	E	F	F	G	G	H	H	I	J					
	10.65	C	D	E	F	F	G	G	H	H	I	J					
	12.20	C	D	E	F	F	G	G	H	H	I	J					
	15.25	B	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J					
	18.30	B	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J					
	21.35	B	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J					
	24.40	B	C	D	D	E	F	F	G	H	H	I					
	30.50	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H					
9.15	9.15	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J				
	10.65	B	C	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J				
	12.20	B	C	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J				
	15.25	B	C	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J				
	18.30	B	C	D	D	E	F	F	G	H	H	I	J				
	21.35	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J			
	24.40	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J			
	30.50	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J			
	36.60	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J		
10.65	10.65	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J			
	12.20	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J			
	15.25	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J		
	18.30	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J		
	21.35	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J		
	24.40	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	
	30.50	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
	36.60	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
	42.70	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
12.20	12.20	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J		
	15.25	A	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J		
	18.30	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J		
	21.35	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J		
	24.40	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
	30.50	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
	36.60	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
	42.70	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
	15.25	15.25	A	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
18.30		A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
21.35		A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
24.40		A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J
30.50		A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I
36.60		A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I
42.70		A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I
51.80		A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H
60.95		A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H
18.30	18.30	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I
	21.35	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I
	24.40	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H
	30.50	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H
	36.60	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H
	42.70	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H
	51.80	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H
	60.95	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H
	60.95	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H
24.40	24.40	A	A	A	A	B	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	42.70	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	D	E	F	G	H	I
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I
30.50	30.50	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	45.70	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G	H
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	D	E	F	G	H
36.60	36.60	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H
	48.80	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G	H

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

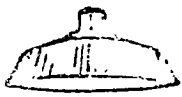
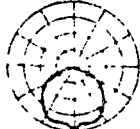

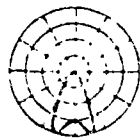

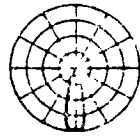

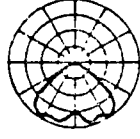

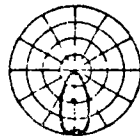
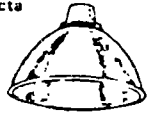
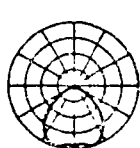

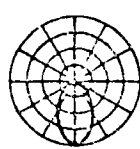
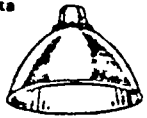
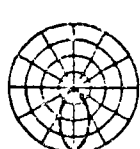
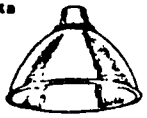
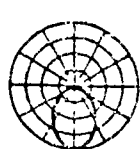
### VALOR DE LAS RELACIONES DEL LOCAL

Relación del local		
Indice del local	Valor	Punto central
J	Menos de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	1.9 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


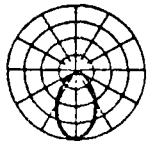

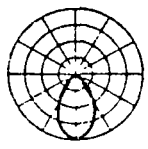

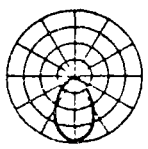

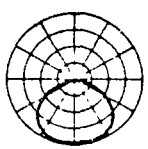
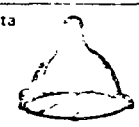
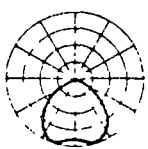

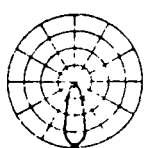

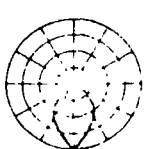
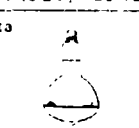
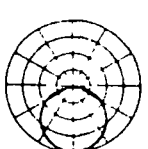
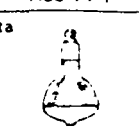
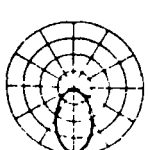
La tabla de coeficiente de utilización aplicable a una luminaria determinada se seleccionará entre las que se anexan, sobre la base de similitud de distribución de flujo luminoso y de eficiencia. El coeficiente de utilización puede determinarse por el índice del local y por la reflectancia adecuada en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

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


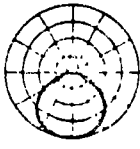
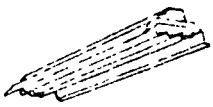
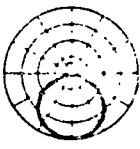

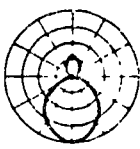
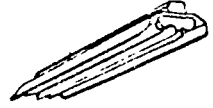
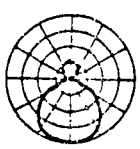

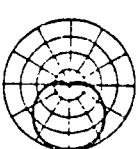
☉ Coeficientes de Utilización


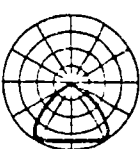

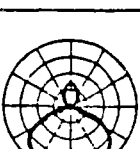

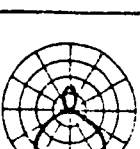
Tipo	Unidad de alumbrado Directa	Distribución	Distancia entre lámparas inferior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones								
					Techo		70%		50%		30%		
					Parades	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					Índice local	Coeficiente de utilización							
Incandescentes	Directa  Reflector de cúpula RLM		1.3 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 0.72 0.77	0.28 0.35 0.42 0.49 0.54 0.61 0.67 0.74	0.25 0.32 0.39 0.46 0.53 0.60 0.67 0.74	0.32 0.40 0.47 0.53 0.60 0.67 0.74	0.26 0.33 0.40 0.47 0.53 0.60 0.67 0.74	0.25 0.33 0.40 0.47 0.53 0.60 0.67 0.74	0.28 0.36 0.42 0.48 0.53 0.59 0.66 0.70	0.35 0.42 0.49 0.55 0.61 0.67 0.74
	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	0.45 0.55 0.61 0.66 0.72 0.77	0.47 0.52 0.58 0.64 0.69 0.75	0.45 0.50 0.55 0.61 0.66 0.72	0.45 0.50 0.55 0.61 0.66 0.72	0.45 0.50 0.55 0.61 0.66 0.72	0.45 0.50 0.55 0.61 0.66 0.72	0.47 0.51 0.55 0.60 0.65 0.70	0.45 0.50 0.55 0.60 0.65 0.70
	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 0.57 0.61 0.66 0.72 0.77	0.42 0.54 0.58 0.64 0.69 0.75	0.40 0.52 0.56 0.62 0.67 0.73	0.40 0.52 0.56 0.62 0.67 0.73	0.40 0.52 0.56 0.62 0.67 0.73	0.40 0.52 0.56 0.62 0.67 0.73	0.42 0.48 0.53 0.59 0.64 0.69	0.40 0.48 0.53 0.59 0.64 0.69
	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 0.94 0.97 0.99	0.45 0.57 0.65 0.72 0.77 0.83 0.89 0.94	0.42 0.54 0.62 0.69 0.74 0.80 0.86 0.91	0.41 0.53 0.61 0.68 0.73 0.79 0.84 0.89	0.41 0.53 0.61 0.68 0.73 0.79 0.84 0.89	0.41 0.53 0.61 0.68 0.73 0.79 0.84 0.89	0.45 0.53 0.61 0.68 0.74 0.80 0.86 0.91	0.41 0.53 0.61 0.68 0.74 0.80 0.86 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	0.56 0.75 0.80 0.85 0.93 0.96 0.98 1.00 1.01	0.62 0.71 0.76 0.81 0.88 0.93 0.95 0.97	0.60 0.70 0.75 0.80 0.86 0.91 0.93 0.95	0.59 0.70 0.75 0.80 0.86 0.91 0.93 0.95	0.59 0.70 0.75 0.80 0.86 0.91 0.93 0.95	0.59 0.70 0.75 0.80 0.86 0.91 0.93 0.95	0.62 0.70 0.76 0.82 0.88 0.93 0.95	0.59 0.70 0.75 0.82 0.88 0.93 0.95
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 0.72 0.75 0.77	0.34 0.43 0.49 0.55 0.60 0.64 0.67 0.70	0.32 0.40 0.46 0.52 0.57 0.62 0.66 0.70	0.32 0.40 0.46 0.52 0.57 0.62 0.66 0.70	0.32 0.40 0.46 0.52 0.57 0.62 0.66 0.70	0.34 0.40 0.46 0.51 0.56 0.61 0.65	0.32 0.40 0.46 0.51 0.56 0.61 0.65	
	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 0.53 0.63 0.69 0.71 0.73 0.75 0.76	0.43 0.51 0.57 0.63 0.69 0.71 0.73	0.41 0.48 0.55 0.61 0.67 0.70 0.72	0.41 0.48 0.55 0.61 0.67 0.70 0.72	0.41 0.48 0.55 0.61 0.67 0.70 0.72	0.43 0.51 0.57 0.63 0.69 0.71 0.73	0.41 0.48 0.55 0.61 0.67 0.71 0.73	
	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 0.62 0.66 0.69 0.72 0.74 0.75 0.77 0.78	0.48 0.59 0.63 0.66 0.70 0.73 0.74	0.46 0.57 0.61 0.64 0.68 0.71 0.73	0.46 0.57 0.61 0.64 0.68 0.71 0.73	0.46 0.57 0.61 0.64 0.68 0.71 0.73	0.46 0.57 0.61 0.64 0.68 0.71 0.73	0.51 0.62 0.66 0.69 0.72 0.74 0.75	0.48 0.57 0.61 0.64 0.68 0.71 0.73
	Directa  Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz ancho. 700 ó 1000 w. Vap. marc. 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	0.59 0.63 0.67 0.70 0.72 0.75 0.77	0.36 0.44 0.50 0.55 0.60 0.65 0.69	0.33 0.41 0.47 0.53 0.59 0.64 0.69	0.33 0.41 0.47 0.53 0.59 0.64 0.69	0.33 0.41 0.47 0.53 0.59 0.64 0.69	0.33 0.41 0.47 0.53 0.59 0.64 0.69	0.36 0.44 0.51 0.57 0.63 0.68 0.72	0.33 0.41 0.47 0.53 0.59 0.64 0.69

☉ 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%	10%
					Indice local	Coeficiente de utilización								
Vapor de mercurio	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	0.50 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 0.76 0.77	0.45 0.52 0.57 0.61 0.64 0.68 0.71 0.72 0.75 0.76	0.50 0.57 0.62 0.66 0.69 0.72 0.74 0.76 0.77 0.78	0.47 0.54 0.59 0.63 0.66 0.70 0.72 0.74 0.75 0.77	0.45 0.52 0.57 0.61 0.64 0.68 0.71 0.72 0.75 0.76	0.47 0.54 0.59 0.63 0.66 0.69 0.71 0.72 0.75 0.76	
	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 0.68 0.69	0.40 0.47 0.51 0.54 0.57 0.60 0.63 0.64 0.66 0.67	0.44 0.50 0.55 0.58 0.61 0.63 0.65 0.66 0.68 0.69	0.42 0.48 0.52 0.55 0.58 0.61 0.62 0.63 0.66 0.67	0.40 0.46 0.50 0.54 0.57 0.60 0.62 0.63 0.66 0.67	0.40 0.46 0.50 0.54 0.57 0.60 0.62 0.63 0.66 0.67	
	Directa  Ventilada para bajas alturas 400 w H33-1 GL/C	0 ↑ ↓ 76		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 0.74	0.32 0.39 0.45 0.51 0.55 0.60 0.64 0.66 0.68 0.70	0.29 0.37 0.42 0.48 0.52 0.58 0.61 0.63 0.65 0.67	0.35 0.43 0.49 0.54 0.58 0.63 0.66 0.68 0.71 0.73	0.31 0.39 0.45 0.50 0.54 0.59 0.62 0.63 0.66 0.67	0.29 0.37 0.42 0.47 0.51 0.57 0.60 0.63 0.65 0.68	0.29 0.37 0.42 0.47 0.51 0.57 0.60 0.63 0.65 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 0.81	0.30 0.39 0.46 0.52 0.57 0.64 0.69 0.72 0.75 0.79	0.27 0.35 0.42 0.48 0.54 0.61 0.66 0.69 0.74 0.76	0.34 0.43 0.50 0.56 0.61 0.67 0.71 0.74 0.77 0.80	0.30 0.38 0.45 0.51 0.55 0.60 0.63 0.65 0.70 0.74	0.27 0.35 0.42 0.48 0.53 0.58 0.62 0.65 0.69 0.72	0.27 0.35 0.42 0.47 0.52 0.57 0.61 0.64 0.68 0.72	
	Directa  Intemperie 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	0.32 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 0.58 0.61 0.63 0.64	0.27 0.34 0.39 0.44 0.47 0.51 0.55 0.58 0.60 0.61	0.32 0.39 0.44 0.49 0.52 0.55 0.58 0.60 0.62 0.63	0.29 0.36 0.41 0.46 0.49 0.53 0.56 0.58 0.60 0.61	0.27 0.34 0.39 0.44 0.47 0.51 0.54 0.56 0.58 0.60	0.27 0.34 0.39 0.44 0.47 0.51 0.54 0.56 0.58 0.60	
	Directa  Intemperie 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	0.47 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 0.58 0.59 0.61 0.62	0.39 0.44 0.47 0.50 0.52 0.54 0.55 0.57 0.58 0.60	0.42 0.47 0.50 0.53 0.55 0.57 0.59 0.60 0.61 0.62	0.40 0.45 0.47 0.51 0.53 0.55 0.56 0.58 0.59 0.60	0.39 0.44 0.47 0.50 0.52 0.54 0.55 0.57 0.58 0.60	0.39 0.44 0.47 0.50 0.52 0.54 0.55 0.57 0.58 0.60	
	Directa  Intemperie dura Haz medio. 400 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 0.45 0.49 0.52 0.55 0.57 0.58 0.60 0.62 0.62	0.31 0.42 0.46 0.49 0.52 0.55 0.57 0.59 0.61 0.62	0.29 0.35 0.40 0.44 0.47 0.50 0.52 0.54 0.55 0.57	0.34 0.44 0.48 0.51 0.54 0.56 0.58 0.59 0.61 0.62	0.31 0.38 0.43 0.47 0.50 0.53 0.55 0.57 0.59 0.60	0.29 0.35 0.40 0.44 0.47 0.50 0.52 0.54 0.55 0.57	0.29 0.35 0.40 0.44 0.47 0.50 0.52 0.54 0.55 0.57	
	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 0.35 0.41 0.47 0.52 0.58 0.63 0.67 0.72 0.77	0.33 0.42 0.49 0.56 0.61 0.70 0.75 0.83 0.87 0.90	0.33 0.41 0.48 0.55 0.60 0.68 0.73 0.78 0.84 0.87	0.29 0.35 0.41 0.46 0.51 0.57 0.62 0.66 0.71 0.76	0.29 0.35 0.41 0.46 0.51 0.56 0.61 0.66 0.71 0.76	
	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 0.50 0.55 0.62 0.67 0.74 0.79 0.83 0.87 0.89	0.44 0.53 0.60 0.67 0.72 0.80 0.84 0.87 0.90 0.92	0.41 0.49 0.56 0.62 0.66 0.73 0.78 0.81 0.84 0.87	0.41 0.49 0.56 0.61 0.65 0.72 0.77 0.80 0.83 0.86	0.41 0.49 0.56 0.61 0.65 0.72 0.77 0.80 0.83 0.86	

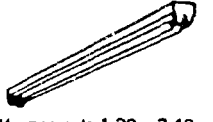
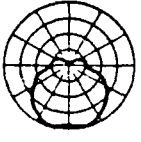

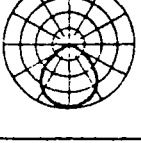
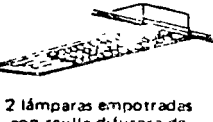
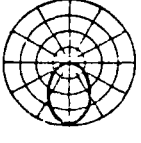
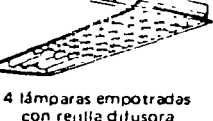
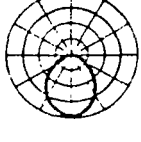

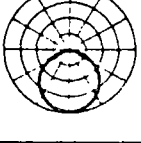
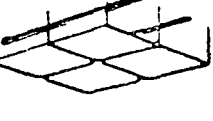
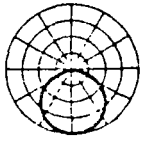
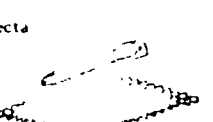
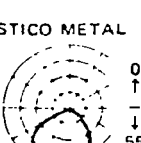
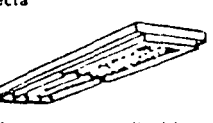
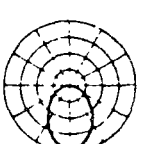

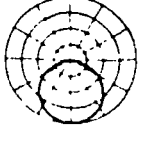
⊗ Coeficientes de Utilización

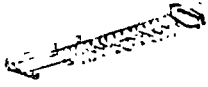








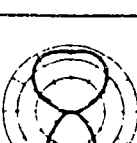
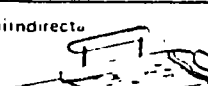
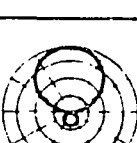
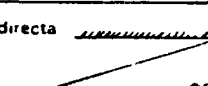
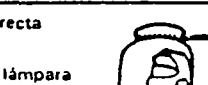
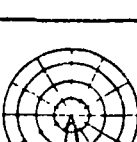
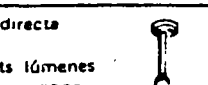

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones									
					Techo	70%			50%			30%		
					Indice local	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%	
Fluorescentes	Semidirecta  2 lámparas T-12	12 ↑ ↓ 75		1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.30 0.39 0.46 0.54 0.53 0.65 0.70 0.73 0.77 0.80	0.25 0.34 0.41 0.48 0.53 0.60 0.65 0.69 0.73 0.77	0.22 0.30 0.37 0.44 0.47 0.51 0.54 0.58 0.61 0.64	0.29 0.33 0.40 0.47 0.51 0.54 0.57 0.60 0.63 0.67	0.25 0.33 0.40 0.47 0.51 0.54 0.57 0.60 0.63 0.67	0.22 0.30 0.37 0.44 0.47 0.51 0.54 0.58 0.61 0.64	0.25 0.33 0.39 0.45 0.50 0.56 0.60 0.63 0.67 0.70	0.21 0.30 0.36 0.42 0.47 0.53 0.58 0.61 0.65 0.69
	Semidirecta  3 lámparas 40 w y "Slimline"	11 ↑ ↓ 74		1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.30 0.39 0.46 0.53 0.58 0.65 0.69 0.72 0.75 0.73	0.25 0.34 0.41 0.48 0.53 0.60 0.64 0.68 0.72 0.75	0.22 0.30 0.37 0.44 0.47 0.51 0.54 0.58 0.61 0.64	0.29 0.33 0.40 0.47 0.51 0.54 0.57 0.60 0.63 0.67	0.25 0.33 0.39 0.46 0.50 0.56 0.60 0.63 0.67 0.70	0.22 0.30 0.36 0.42 0.47 0.53 0.58 0.61 0.65 0.69	0.21 0.30 0.36 0.42 0.47 0.53 0.58 0.61 0.65 0.69	
	Semidirecta  2 lámparas T-12 con rejilla difusora de 23"	18 ↑ ↓ 60		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 0.35 0.41 0.47 0.51 0.57 0.60 0.63 0.67 0.69	0.23 0.30 0.36 0.42 0.46 0.53 0.57 0.60 0.64 0.66	0.20 0.27 0.33 0.39 0.43 0.49 0.53 0.56 0.61 0.64	0.27 0.30 0.35 0.41 0.45 0.51 0.54 0.58 0.62 0.64	0.20 0.27 0.33 0.39 0.43 0.49 0.53 0.56 0.61 0.64	0.22 0.29 0.34 0.39 0.43 0.47 0.51 0.55 0.58 0.62	0.19 0.25 0.31 0.36 0.41 0.45 0.49 0.53 0.57 0.60	
	Semidirecta  2 lámparas de Alta Emisión de 1.5 amps.	18 ↑ ↓ 64		1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.28 0.36 0.43 0.49 0.54 0.60 0.64 0.67 0.70 0.73	0.23 0.32 0.38 0.44 0.49 0.55 0.60 0.63 0.67 0.70	0.20 0.29 0.34 0.40 0.45 0.51 0.56 0.60 0.63 0.67	0.27 0.35 0.41 0.47 0.51 0.57 0.60 0.63 0.67 0.70	0.20 0.28 0.33 0.39 0.44 0.50 0.54 0.58 0.61 0.64	0.23 0.30 0.36 0.41 0.45 0.49 0.53 0.57 0.60 0.62	0.20 0.27 0.33 0.38 0.43 0.47 0.51 0.55 0.58 0.61	
	Semidirecta  Lámpara Baja Temper. de 100 w. con plástico exterior	10 ↑ ↓ 62		1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J I H G F E D C B A	0.24 0.31 0.36 0.42 0.46 0.51 0.54 0.57 0.60 0.63	0.19 0.26 0.31 0.36 0.40 0.46 0.50 0.53 0.57 0.60	0.15 0.21 0.26 0.32 0.35 0.41 0.44 0.47 0.51 0.54	0.23 0.29 0.34 0.39 0.43 0.48 0.51 0.55 0.58 0.61	0.19 0.25 0.30 0.35 0.40 0.44 0.47 0.51 0.54 0.57	0.15 0.21 0.26 0.31 0.35 0.40 0.44 0.47 0.51 0.54	0.18 0.23 0.28 0.33 0.37 0.41 0.44 0.47 0.50 0.54	0.15 0.20 0.25 0.30 0.34 0.38 0.41 0.44 0.47 0.50

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones									
					Techo	80%			70%			50%		
					Indice local	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
Incan- descente	Directa  Empotrada con lente primática.	0 ↑ ↓ 63		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	0.33 0.45 0.50 0.53 0.56 0.59 0.60 0.62 0.63	0.30 0.41 0.46 0.49 0.53 0.56 0.58 0.60 0.62	0.27 0.34 0.43 0.49 0.53 0.56 0.58 0.61 0.62	0.33 0.45 0.49 0.52 0.56 0.58 0.59 0.61 0.62	0.29 0.41 0.45 0.49 0.53 0.56 0.58 0.59 0.61	0.27 0.34 0.43 0.49 0.53 0.56 0.58 0.59 0.61	0.27 0.37 0.41 0.45 0.48 0.51 0.53 0.55 0.57	0.27 0.37 0.41 0.45 0.48 0.51 0.53 0.55 0.57
	Semidirecta  2 lámparas de 40 w y "Slimline" Sin visera	18 ↑ ↓ 68		1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.30 0.38 0.45 0.52 0.57 0.64 0.68 0.71 0.73 0.78	0.24 0.33 0.39 0.45 0.50 0.56 0.61 0.63 0.65 0.70	0.21 0.29 0.35 0.41 0.46 0.53 0.57 0.61 0.63 0.67	0.29 0.37 0.44 0.50 0.55 0.62 0.66 0.69 0.72 0.76	0.24 0.32 0.38 0.44 0.49 0.55 0.60 0.63 0.65 0.70	0.21 0.28 0.34 0.40 0.45 0.51 0.56 0.59 0.62 0.65	0.24 0.31 0.37 0.43 0.48 0.53 0.57 0.60 0.63 0.67	0.21 0.28 0.34 0.40 0.45 0.51 0.56 0.59 0.62 0.65
	Semidirecta  2 lámparas de 40 w y "Slimline" Con visera	18 ↑ ↓ 63		1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.29 0.36 0.44 0.50 0.55 0.61 0.67 0.68 0.72 0.74	0.24 0.33 0.39 0.45 0.49 0.55 0.60 0.63 0.65 0.70	0.22 0.29 0.35 0.41 0.46 0.53 0.57 0.61 0.63 0.67	0.29 0.37 0.44 0.50 0.55 0.62 0.66 0.69 0.72 0.76	0.24 0.32 0.38 0.44 0.49 0.55 0.60 0.63 0.65 0.70	0.22 0.28 0.34 0.40 0.45 0.51 0.56 0.59 0.62 0.65	0.24 0.31 0.37 0.43 0.48 0.53 0.57 0.60 0.63 0.67	0.21 0.28 0.34 0.40 0.45 0.51 0.56 0.59 0.62 0.65



☉ Coeficientes de Utilización

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										
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 0,55	J 0,27 0,21 0,17 I 0,35 0,30 0,24 H 0,43 0,36 0,30 G 0,49 0,42 0,37 F 0,55 0,47 0,42 E 0,62 0,55 0,50 D 0,67 0,61 0,56 C 0,71 0,65 0,60 B 0,76 0,71 0,66 A 0,81 0,76 0,71	0,27 0,21 0,17 0,35 0,30 0,24 0,41 0,35 0,31 0,49 0,42 0,36 0,53 0,47 0,41 0,60 0,53 0,49 0,66 0,60 0,55 0,70 0,63 0,59 0,74 0,69 0,65 0,78 0,74 0,70	0,22 0,20 0,17 0,34 0,28 0,24 0,40 0,34 0,30 0,46 0,40 0,36 0,50 0,44 0,40 0,57 0,52 0,47 0,62 0,57 0,52 0,65 0,61 0,56 0,69 0,65 0,62 0,73 0,69 0,67								
	Directa  2 lámparas empotradas con vidrio plano estriado	0 ↑ ↓ 53		1,2 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,50	J 0,26 0,22 0,20 I 0,32 0,29 0,26 H 0,36 0,33 0,30 G 0,40 0,37 0,34 F 0,43 0,40 0,37 E 0,46 0,44 0,41 D 0,49 0,46 0,44 C 0,50 0,48 0,46 B 0,52 0,50 0,48 A 0,53 0,52 0,50	0,25 0,22 0,20 0,32 0,29 0,26 0,36 0,33 0,30 0,40 0,37 0,34 0,43 0,40 0,37 0,46 0,43 0,41 0,48 0,46 0,44 0,49 0,48 0,46 0,51 0,50 0,48 0,52 0,51 0,50	0,25 0,22 0,20 0,31 0,28 0,26 0,35 0,32 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 0,47 0,45 0,50 0,49 0,47 0,51 0,50 0,49								
	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 I 0,30 0,27 0,24 H 0,34 0,31 0,28 G 0,38 0,35 0,32 F 0,41 0,38 0,35 E 0,44 0,41 0,39 D 0,46 0,44 0,42 C 0,48 0,46 0,44 B 0,50 0,48 0,46 A 0,51 0,50 0,48	0,24 0,21 0,19 0,30 0,27 0,24 0,34 0,31 0,28 0,38 0,34 0,32 0,40 0,37 0,35 0,44 0,41 0,39 0,46 0,44 0,41 0,48 0,45 0,43 0,49 0,48 0,46 0,51 0,49 0,48	0,24 0,21 0,18 0,29 0,26 0,24 0,33 0,30 0,29 0,37 0,34 0,32 0,39 0,37 0,34 0,43 0,40 0,38 0,45 0,43 0,41 0,46 0,45 0,43 0,47 0,46 0,45 0,48 0,47 0,46								
	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 I 0,34 0,30 0,27 H 0,39 0,35 0,32 G 0,43 0,39 0,36 F 0,46 0,42 0,39 E 0,50 0,47 0,44 D 0,53 0,50 0,47 C 0,55 0,52 0,50 B 0,57 0,54 0,52 A 0,58 0,56 0,55	0,27 0,23 0,20 0,33 0,30 0,27 0,38 0,34 0,31 0,43 0,39 0,36 0,46 0,42 0,39 0,50 0,46 0,44 0,52 0,49 0,47 0,54 0,51 0,49 0,56 0,54 0,52 0,57 0,56 0,55	0,26 0,23 0,20 0,32 0,29 0,27 0,37 0,34 0,31 0,42 0,38 0,36 0,45 0,42 0,39 0,48 0,46 0,44 0,51 0,49 0,47 0,53 0,51 0,49 0,55 0,53 0,51 0,56 0,55 0,54								
	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 I 0,33 0,29 0,26 H 0,38 0,34 0,30 G 0,43 0,38 0,35 F 0,46 0,42 0,38 E 0,50 0,47 0,43 D 0,53 0,50 0,47 C 0,55 0,52 0,50 B 0,57 0,55 0,53 A 0,60 0,57 0,55	0,26 0,22 0,19 0,33 0,29 0,25 0,38 0,33 0,30 0,42 0,38 0,34 0,46 0,41 0,38 0,50 0,46 0,43 0,53 0,49 0,47 0,54 0,51 0,49 0,56 0,53 0,51 0,57 0,55 0,53	0,25 0,22 0,19 0,32 0,28 0,25 0,37 0,33 0,30 0,41 0,33 0,34 0,44 0,41 0,38 0,48 0,46 0,43 0,51 0,48 0,46 0,53 0,51 0,49 0,56 0,54 0,52 0,57 0,56 0,54								
	Directa  Cielo luminoso 50% de transmisión y 80 % de reflexión en la cavidad	0 ↑ ↓ 69			Bueno 0,65 Medio 0,55 Malo 0,45	J 0,27 0,18 0,15 I 0,30 0,25 0,22 H 0,36 0,31 0,27 G 0,42 0,37 0,33 F 0,46 0,41 0,37 E 0,52 0,48 0,44 D 0,57 0,53 0,49 C 0,60 0,56 0,53 B 0,63 0,60 0,57 A 0,66 0,63 0,61	10% reflectancia del suelo 0,27 0,18 0,15 0,30 0,25 0,22 0,36 0,31 0,27 0,42 0,37 0,33 0,46 0,41 0,37 0,52 0,48 0,44 0,57 0,53 0,49 0,60 0,56 0,53 0,63 0,60 0,57 0,66 0,63 0,61	30% reflectancia del suelo 0,22 0,18 0,15 0,31 0,25 0,22 0,37 0,32 0,28 0,44 0,39 0,34 0,50 0,43 0,39 0,57 0,51 0,46 0,62 0,57 0,52 0,66 0,61 0,57 0,71 0,67 0,63 0,74 0,71 0,67	* Eficacia para habitaciones de índice "A". Para habitaciones con otros índices la menor eficacia de la fuente debe ser estimada							
	Directa  Techo con rejilla difusora visera de 45°, 80% de reflexión en la cavidad	0 ↑ ↓ 65		PLASTICO METAL	Bueno 0,70 Medio 0,65 Malo 0,55	J 0,23 0,19 0,16 I 0,30 0,26 0,23 H 0,36 0,31 0,28 G 0,41 0,36 0,33 F 0,44 0,40 0,37 E 0,47 0,46 0,45 D 0,52 0,49 0,47 C 0,55 0,52 0,49 B 0,58 0,55 0,53 A 0,60 0,58 0,56	Plástico 0,23 0,19 0,16 0,30 0,26 0,23 0,37 0,34 0,32 0,40 0,39 0,35 0,43 0,41 0,39 0,46 0,44 0,43 0,49 0,47 0,45 0,51 0,50 0,49 0,53 0,52 0,51	Metal 0,23 0,21 0,17 0,30 0,25 0,23 0,37 0,34 0,32 0,40 0,39 0,35 0,43 0,41 0,39 0,46 0,44 0,43 0,49 0,47 0,45 0,51 0,50 0,49 0,53 0,52 0,51	* Eficacia para habitaciones de índice "A". Para habitaciones con otros índices la menor eficacia de la fuente debe ser estimada							
	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 I 0,28 0,25 0,23 H 0,32 0,29 0,27 G 0,36 0,33 0,31 F 0,39 0,36 0,34 E 0,43 0,40 0,38 D 0,46 0,43 0,40 C 0,47 0,45 0,43 B 0,49 0,47 0,45 A 0,51 0,49 0,48	0,22 0,19 0,17 0,28 0,25 0,23 0,32 0,29 0,27 0,36 0,33 0,31 0,39 0,36 0,34 0,43 0,40 0,38 0,46 0,43 0,40 0,47 0,44 0,42 0,49 0,47 0,45 0,50 0,49 0,47	0,22 0,19 0,17 0,27 0,25 0,23 0,31 0,29 0,27 0,35 0,33 0,30 0,38 0,35 0,33 0,42 0,39 0,37 0,44 0,42 0,40 0,46 0,44 0,42 0,48 0,46 0,45 0,49 0,48 0,47								
	Directa  3 lámparas con plástico. Montaje de superficie	1 ↑ ↓ 50		1,2 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,50	J 0,19 0,16 0,14 I 0,24 0,21 0,19 H 0,29 0,25 0,23 G 0,33 0,29 0,27 F 0,36 0,32 0,30 E 0,40 0,37 0,34 D 0,42 0,39 0,37 C 0,44 0,42 0,40 B 0,47 0,44 0,42 A 0,49 0,46 0,45	0,19 0,16 0,14 0,24 0,21 0,19 0,29 0,25 0,23 0,33 0,29 0,27 0,36 0,32 0,30 0,40 0,39 0,36 0,42 0,41 0,39 0,44 0,41 0,39 0,46 0,44 0,42 0,48 0,46 0,44	0,19 0,16 0,14 0,24 0,21 0,19 0,28 0,25 0,23 0,32 0,29 0,27 0,35 0,32 0,30 0,38 0,36 0,34 0,41 0,38 0,37 0,43 0,40 0,39 0,45 0,43 0,41 0,47 0,45 0,44								

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										
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 0.31 I 0.37 H 0.42 G 0.46 F 0.50 E 0.54 D 0.56 C 0.58 B 0.61 A 0.62	0.27 0.33 0.37 0.42 0.45 0.48 0.50 0.52 0.54 0.57	0.24 0.30 0.31 0.33 0.35 0.37 0.39 0.41 0.43 0.45	0.23 0.30 0.31 0.33 0.35 0.37 0.39 0.41 0.43 0.45	0.30 0.37 0.41 0.45 0.48 0.50 0.52 0.54 0.57 0.61	0.26 0.33 0.34 0.38 0.41 0.44 0.46 0.48 0.50 0.52	0.23 0.29 0.34 0.38 0.41 0.44 0.46 0.48 0.50 0.52	0.29 0.36 0.40 0.45 0.48 0.50 0.52 0.54 0.57 0.61	0.26 0.32 0.36 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49 0.51 0.53	0.23 0.29 0.33 0.37 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49 0.51	
	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 0.28 I 0.34 H 0.39 G 0.41 F 0.44 E 0.47 D 0.50 C 0.51 B 0.53 A 0.55	0.24 0.30 0.34 0.37 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49 0.51	0.22 0.27 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.45 0.47 0.49	0.23 0.29 0.31 0.33 0.35 0.37 0.39 0.41 0.43 0.45	0.30 0.37 0.41 0.45 0.48 0.50 0.52 0.54 0.57 0.61	0.26 0.32 0.36 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49 0.51 0.53	0.24 0.29 0.33 0.37 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49 0.51	0.22 0.27 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.45 0.47 0.49			
	Directa  2 lámparas 40 W y "Slimline" con rejilla difusora de 45° y larito de plástico montaje de superficie	5 ↑ ↓ 56		1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J 0.27 I 0.33 H 0.37 G 0.41 F 0.44 E 0.48 D 0.51 C 0.53 B 0.56 A 0.57	0.23 0.29 0.33 0.36 0.40 0.44 0.47 0.50 0.52 0.54	0.20 0.26 0.30 0.33 0.35 0.37 0.39 0.41 0.43 0.45	0.23 0.29 0.31 0.33 0.35 0.37 0.39 0.41 0.43 0.45	0.30 0.37 0.41 0.45 0.48 0.50 0.52 0.54 0.57 0.61	0.26 0.32 0.36 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49 0.51 0.53	0.23 0.29 0.33 0.37 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49 0.51	0.20 0.26 0.30 0.33 0.35 0.37 0.39 0.41 0.43 0.45			
	General Difusa  2 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla 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 0.24 I 0.32 H 0.38 G 0.44 F 0.49 E 0.56 D 0.60 C 0.64 B 0.68 A 0.71	0.19 0.26 0.32 0.38 0.42 0.49 0.55 0.58 0.64 0.67	0.16 0.22 0.28 0.36 0.41 0.48 0.51 0.55 0.59 0.63	0.16 0.22 0.28 0.36 0.41 0.48 0.51 0.55 0.59 0.63	0.24 0.32 0.36 0.42 0.48 0.55 0.60 0.64 0.68 0.71	0.19 0.26 0.32 0.38 0.42 0.49 0.55 0.58 0.64 0.67	0.16 0.22 0.28 0.36 0.41 0.48 0.51 0.55 0.59 0.63	0.16 0.22 0.28 0.36 0.41 0.48 0.51 0.55 0.59 0.63			
	Semidirecta  4 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla 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 0.24 I 0.30 H 0.36 G 0.41 F 0.46 E 0.52 D 0.57 C 0.60 B 0.64 A 0.67	0.19 0.25 0.30 0.35 0.40 0.46 0.51 0.55 0.60 0.63	0.16 0.22 0.28 0.34 0.39 0.45 0.50 0.55 0.59 0.63	0.16 0.22 0.28 0.34 0.39 0.45 0.50 0.55 0.59 0.63	0.24 0.30 0.34 0.40 0.46 0.52 0.57 0.60 0.64 0.67	0.19 0.25 0.30 0.35 0.40 0.46 0.51 0.55 0.60 0.63	0.16 0.22 0.28 0.34 0.39 0.45 0.50 0.55 0.59 0.63	0.16 0.22 0.28 0.34 0.39 0.45 0.50 0.55 0.59 0.63			
	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 0.16 I 0.21 H 0.26 G 0.32 F 0.36 E 0.42 D 0.46 C 0.50 B 0.54 A 0.57	0.11 0.15 0.20 0.25 0.30 0.36 0.42 0.48 0.54 0.57	0.07 0.10 0.15 0.20 0.26 0.33 0.40 0.46 0.50 0.54	0.07 0.10 0.15 0.20 0.26 0.33 0.40 0.46 0.50 0.54	0.16 0.21 0.26 0.32 0.36 0.42 0.46 0.50 0.54 0.57	0.11 0.15 0.20 0.25 0.30 0.36 0.42 0.48 0.54 0.57	0.07 0.10 0.15 0.20 0.26 0.33 0.40 0.46 0.50 0.54				
	Indirecta  Moldura sin reflector		Moldura situada de 30 a 45 cms. por debajo del techo. Colocando reflectores a las lámparas fluorescentes aumenta el coeficiente de utilización del 5 al 10 por 100.		Bueno 0.60 Medio 0.50 Malo 0.40	J 0.11 I 0.15 H 0.18 G 0.22 F 0.25 E 0.29 D 0.33 C 0.35 B 0.36 A 0.39	0.09 0.12 0.15 0.18 0.21 0.26 0.30 0.32 0.35 0.36	0.06 0.10 0.12 0.16 0.19 0.24 0.28 0.31 0.32 0.33	0.06 0.10 0.12 0.16 0.19 0.24 0.28 0.31 0.32 0.33	0.11 0.15 0.18 0.22 0.25 0.29 0.33 0.35 0.36 0.39	0.09 0.12 0.15 0.18 0.21 0.26 0.30 0.32 0.35 0.36	0.06 0.10 0.12 0.16 0.19 0.24 0.28 0.31 0.32 0.33				
	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 0.55 I 0.56 H 0.58 G 0.60 F 0.62 E 0.63 D 0.64 C 0.65 B 0.66 A 0.66	0.49 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59 0.61 0.63 0.64 0.65	0.49 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59 0.61 0.63 0.64 0.65	0.49 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59 0.61 0.63 0.64 0.65	0.55 0.56 0.58 0.60 0.62 0.63 0.64 0.65 0.66 0.66	0.49 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59 0.61 0.63 0.64 0.65	0.49 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59 0.61 0.63 0.64 0.65				
	Indirecta  Watts lúmenes 300 5360 500 9300 750 14600 Aro concentrador con lámpara de ampolla plateada	17 ↑ ↓ 2		1.5 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.55	J 0.13 I 0.15 H 0.23 G 0.28 F 0.33 E 0.40 D 0.45 C 0.49 B 0.54 A 0.58	0.07 0.11 0.15 0.20 0.25 0.32 0.38 0.42 0.47 0.50	0.04 0.07 0.10 0.14 0.19 0.26 0.33 0.39 0.43 0.47	0.04 0.07 0.10 0.14 0.19 0.26 0.33 0.39 0.43 0.47	0.13 0.15 0.23 0.28 0.33 0.40 0.45 0.49 0.54 0.58	0.07 0.11 0.15 0.20 0.25 0.32 0.38 0.42 0.47 0.50	0.04 0.07 0.10 0.14 0.19 0.26 0.33 0.39 0.43 0.47				

## REFLEXIONES RECOMENDADAS EN %

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

iv. - 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 can-  
tidad 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 iluminaria 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 mencion  
naron 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 la luminaria no es frecuente y sólo se sustituyen las lámparas cuando se funden.
- ° Factor de mantenimiento malo. Cuando la atmósfera es bastante sucia y la instalación tiene una conservación deficiente.

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

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

$$N_{Lu} = \frac{N_{La}}{L \cdot L}$$

donde:

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

vi. - 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 lumina---rias. 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.

- i. - De acuerdo con la tabla de niveles de iluminación reco--mendados, 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.
- ii. - Se seleccionan luminarias fluorescentes de 4 x 40 W. de arranque rápido del tipo semi-indirecto y rejilla inferior montados a 0.61 metros por debajo del techo.
- iii. - De acuerdo con la tabla de índice del local, para este ca

## Fuentes Luminosas



**Características de las Lámparas Incandescentes de Alumbrado General para una Tensión de Operación Normal.**

Watts	Bulbo	Acabado	Base	Longitud máxima total (mm)	Filamento	Vida normal media (horas)	Flujo luminoso inicial (lúmenes)	Flujo luminoso medio (lúmenes)
25	A-19	Mat. int.	Media	100	C-9	1000	265	—
40	T-19	Blanco	Media	112	C-9	1350	430	—
60	T-19	Blanco	Media	112	CC-6	1350	785	—
75	T-19	Blanco	Media	112	CC-8	1350	1085	—
100	T-19	Blanco	Media	112	CC-8	1350	1535	—
50	T-21	Blanco	Media de 3 contac.	150	2CC-6	1350	595	—
100							1435	—
150							2030	—
100	PS-25	Blanco	Mogul de 3 contac.	173	2CC-6	1000	1500	—
200							3500	—
300							5000	—
150	T-21	Blanco	Media	160	CC-6	1350	2380	—
200	A-25	Mat. int. Claro.	Media	176	CC-6	750	3800	3500
300	PS-30	Mat. int. o Claro	Media	204	C-8	750	6300	5550
500	PS-40		Mogul	247	C-8	1000	10750	9650
750	PS-52		Mogul	332	2CC-8	1000	16700	15500
1000	PS-52		Mogul	332	2CC-8	1000	23000	21000
1500	PS-52		Mogul	332	C-7 A	1000	33300	27000

⊗ Características de las Lámparas Incandescentes Reflectoras y Proyectoras

(Lámparas de 2000 horas de Vida)

Watts	Bulbo	Base	Longitud máxima total (mm.)	(1) Apertura aproximada del haz (grados)	(1) Flujo luminoso inicial del haz (lúmenes)	Flujo luminoso inicial total (lúmenes)	(2) Máxima intensidad luminosa inicial (candelas)	Distribución
<b>Proyectoras (3)</b>								
75	PAR-38	M. Ens. (5)	135	30	465	750	4800	Intensiva
75	PAR-38	M. Ens. (5)	135	60	600	750	1500	Extensiva
150	PAR-38	M. Ens. (5)	135	30	1100	1730	10500	Intensiva
150	PAR-38	M. Ens. (5)	135	60	1350	1730	3400	Extensiva
200	PAR-46	M. Contac.	102	17x23	1200	2350	33000	Estrecha
200	PAR-46	A. Lat. (6)	102	20x40	1300	2350	12000	Media
300	PAR-56	Mogul con	127	15x20	1800	3720	70000	Estrecha
300	PAR-56	tacto ame.	127	20x35	2000	3720	22000	Media
300	PAR-56	final (7)	127	30x60	2100	3720	10000	Ancha
<b>Reflectoras</b>								
30	R-20	Media	100	90	160	210	245	Extensiva
75	R-30	Media	132	50	410	820	1840	Intensiva
75	R-30	Media	132	130	700	820	430	Extensiva
150	R-40	Media	165	40	860	1890	7000	Intensiva
150	(4)R-40	Media	165	110	1600	1890	1300	Extensiva
300	(4)R-40	Media	165	35	1800	3700	13500	Intensiva
300	(4)R-40	Media	165	115	2800	3700	2500	Extensiva
500	(3)R-40	Mogul	184	35	3100	6500	22000	Intensiva
500	(3)R-40	Mogul	184	115	5400	6500	4800	Extensiva
500	R-57	Mogul	305	70	—	7850	—	Estrecha
500	R-52	Mogul	298	120	—	7850	—	Ancha
750	R-57	Mogul	305	70	—	12700	—	Estrecha
750	R-52	Mogul	298	120	—	12700	—	Ancha
1000	R-57	Mogul	305	70	—	17500	—	Estrecha

(1) En la apertura del haz se incluyen todos los rayos de intensidad luminosa de valor superior al 10 por 100 del valor del rayo de intensidad máxima que parte del foco luminoso.

(2) Valor en el cono central de 10° (apertura total) para todas las lámparas, excepto las lámparas de haz estrecho y las PAR de tipo intensivo. Para las lámparas de haz estrecho y las PAR de tipo intensivo, el cono central es de 5°.

(3) Bulbo de vidrio resistente al calor.

(4) También pueden adquirirse con bulbo de vidrio resistente al calor.

(5) Media roscada y con ensanchamiento para fijación el bulbo de vidrio de diámetro superior al de la base media.

(6) Media con contactos laterales tipo americano.

(7) Mogul con contactos de enchufe tipo americano.



**Designación y Datos Referentes a las Lámparas Fluorescentes.**

(1) Tipo de Lámpara	Base	Características de Servicio		Tensión Mínima de Arranque (Volts) (2)	Flujo Luminoso Inicial (Lúmenes) (3)		Flujo Luminoso medio (Lúmenes) (4)	
		Intensidad (Amperes)	Tensión (volts)		Blanca Fría	Blanca y Blanca Cálida	Blanca Fría	Blanca y Blanca Cálida
<b>Pre calentamiento</b>								
4-W T-5 6"	Miniat. Biclav.	0.135	32	110	115	125	80	90
6-W T-5 9"	Miniat. Biclav.	0.145	47	110	250	260	195	200
8-W T-5 12"	Miniat. Biclav.	0.170	56	110	380	395	285	300
13-W T-5 21"	Miniat. Biclav.	0.160	95	176	740	765	590	610
14-W T-12 15"	Media Biclav.	0.385	39	110	580	600	475	490
15-W T-8 18"	Media Biclav.	0.300	55	110	760	785	640	665
15-W T-12 18"	Media Biclav.	0.330	46	110	680	705	590	615
20-W T-12 24"	Media Biclav.	0.380	56	110	1080	1120	940	990
25-W T-12 33"	Media Biclav.	0.490	57	110	1650	1700	1430	1470
30-W T-8 36"	Media Biclav.	0.355	98	176	1930	2000	1600	1660
90-W T-17 60"(5)	Mogul Biclav.	1.550	63	132	5560	5640	4600	4740
<b>Precal.— Arranque Rápido</b>								
40-W T-12 48"(5) (6)	Media Biclav.	0.430	101	3100	3250	2800	2800	2930
<b>Arranque Rápido</b>								
30-W T-13 36"	Media Biclav.	0.430	75	250	1900	1970	1670	1730
<b>Alta Emisión(7)</b>								
24" T-12 30-W	Retr. D.C.(11)	0.800	41	225	1500	1550	1270	1310
48" T-12 60-W	Retr. D.C.	0.800	75	256	3850	3950	3160	3340
72" T-12 85-W	Retr. D.C.	0.800	113	395	6100	6300	5150	5320
96" T-12 110-W	Retr. D.C.	0.800	150	465	8500	8800	7180	7440
<b>Muy Alta Emisión (Super HI)(7) (8)</b>								
48" T-12 110-W	Retr. D.C.	1.500	86	250	6900	—	5800	—
72" T-12 160-W	Retr. D.C.	1.500	128	350	10900	—	9100	—
96" T-12 215-W	Retr. D.C.	1.500	172	470	15000	—	12600	—
<b>Circular(7)</b>								
22-W T-9 8 1/2" OD	Cuatro Clav.	0.380	60	185	1020	1060	765	795
32-W T-10 12" OD	Cuatro Clav.	0.430	80	205	1750	1830	1450	1500
40-W T-10 16" OD	Cuatro Clav.	0.415	108	205	2450	2530	2070	2120
<b>Arranque Instantáneo(9)</b>								
40-W T-12 48"	Media Biclav.	0.425	104	385	2700	2750	2400	2450
40-W T-17 60"	Mogul Biclav.	0.425	107	385	2700	2750	2430	2480
<b>"Slimline"(10)</b>								
42" T-6 25-W	Monoclavillo.	0.200	150	405	1625	1675	1370	1410
64" T-6 37-W	Monoclavillo.	0.200	233	540	2600	2700	2180	2240
72" T-8 37.5-W	Monoclavillo.	0.200	218	540	2650	2740	2280	2360
96" T-8 50-W	Monoclavillo.	0.200	290	675	3700	3800	3250	3300
48" T-12 38.5-W (5)	Monoclavillo.	0.425	100	385	2600	2700	2320	2410
72" T-12 56-W	Monoclavillo.	0.425	145	475	4100	4200	3670	3761
96" T-12 73.5-W (5)	Monoclavillo.	0.425	197	565	5800	5950	5200	5320

(1) Potencia nominal en watts, designación del bulbo (T indica lámparas tubulares y el número que le sigue determina el diámetro en octavos de pulgada), longitud total normal (la lámpara con dos portalamparas normales).

(2) Para un arranque asegurado a 100°C, o más de temperatura ambiente o valores aplicables a las lámparas de pre calentamiento, arranque instantáneo y "Slimline" conectadas a reactancias sencillas o dobles del tipo "Lead-Lag"; a las lámparas de arranque rápido, alta emisión y muy alta emisión conectadas a reactancias dobles del tipo serie; y a las lámparas circulares conectadas a reactancias sencillas del tipo "arranque rápido". Para las lámparas de muy alta emisión los valores son aplicables a un factor de pico de la tensión mínima, de 1.6.

(3) Medido después de cien horas de servicio a 250°C, y en condiciones de ensayo especificadas. Los valores aproximados para los otros tonos pueden determinarse multiplicando el flujo luminoso de las lámparas "blanca fría" por los siguientes factores: alta eficacia, 1.15; blanca de lujo, 0.73; blanca

suave, 0.70; luz día, 0.84; rosa y azul, 0.45; verde, 1.40; verde frío, 0.92; oro, 0.60; rojo 0.06.

(4) Valor aproximado al 40 por 100 de la vida media.

(5) Solamente en el tono "blanca fría" pueden adquirirse también lámparas de tipo reflector. La emisión luminosa aproximada es el 86 por 100 de la de las lámparas ordinarias.

(6) Valores eléctricos, aplicables únicamente al dar servicio con reactancias de arranque rápido.

(7) Lámparas con funcionamiento basado en el principio del arranque rápido.

(8) El valor de la emisión luminosa (lúmenes) se obtiene con los nuevos modelos de reactancias.

Los valores que se consiguen con las reactancias actuales aproximadamente el 93 por 100 de los valores citados.

(9) Los clavillos de la base están cortocircuitados.

(10) Las lámparas "Slimline" T-6 y T-8 pueden trabajar de 100 a 300 mA, y las T-12 de 200 a 600 mA.

(11) Abreviaturas de "Retractil de doble contacto".

⊕ Pérdidas Aproximadas en las Reactancias (1)

Tipo de Lámpara	Tipo de Cebador	110 – 125 Volts			240 – 280 Volts		
		Sencillas	Dobles		Sencillas	Dobles	
			Tipo Serie	Tipo Lead-Lag		Tipo Serie	Tipo Lead Lag
<b>Pre calentamiento</b>							
48" T-12 40W (2)	FC-4	10	—	16	10	—	16
60" T-17 90W	FC-85	21	—	30	—	—	40
<b>Arranque rapido</b>	Corriente						
48" T-12 40W (2)	430 mA	54 (3)	94 (3)	—	54 (3)	94 (3)	—
<b>"Slimline"</b>							
48" T-12 38,5W	425 mA	20	32	28	20	28	28
72" T-12 56W	425 mA	22	27	32	22	27	31
96" T-12 73.5W	425 mA	27	27	32	25	27	31
<b>Alta Emisión</b>							
48" T-12 60W	800 mA	85 (3)	145 (3)	—	85 (3)	147 (3)	—
72" T-12 85W	800 mA	118 (3)	205 (3)	—	118 (3)	205 (3)	—
96" T-12 110W	800 mA	138 (3)	245 (3)	—	138 (3)	245 (3)	—
<b>Muy Alta Emisión</b>							
48" T-12 110W	1,5 amps.	145 (3)	260 (3)	—	145 (3)	240 (3)	—
72" T-12 160W	1,5 amps.	235 (3)	360 (3)	—	235 (3)	360 (3)	—
96" T-12 215W	1,5 amps.	235 (3)	460 (3)	—	230 (3)	460 (3)	—

(1) Reactancias de alto factor de potencia

(2) Con lámparas de Pre calentamiento-Arranque rápido

(3) Potencia total absorbida por la reactancia, incluido el consumo de las lámparas y el

precio de la reactancia



## Lámparas de Vapor de Mercurio

Designación ASA	Antigua Designación Westinghouse	Bulbo	Acabado	Longitud de Arco (mm)	Longitud Máxima (mm)	Distancia Base Foco (mm)	Flujo Luminoso Inicial (Lúmenes a las 100 h.)	(1) Flujo Lum. Medio (Lúmenes)
100 Watts								
H38-4 GS	C-H4-LG	PAR-38	Clara, Reflector Intensivo	—	138	—	2400	1440
H38-4 JM	E-H4-LG	PAR-38	Clara, Reflector Extensivo	—	138	—	2400	1440
H38-4 HT	L-H4-LG	BT-25	Clara	28	187	127	3650	2960
H38-4 JA/C	M-H4-LG	BT-25	Blanca Normal	28	187	127	3350	2580
H38-4 JA/W	M-H4/SW-LG	BT-25	Blanca de Alta Emisión	28	187	127	4000	2840
175 Watts								
H39-22 KB	A-H22-LG	BT-28	Clara	51	211	127	7800	6700
H39-22 KC/C	B-H22-LG	BT-28	Blanca Normal	51	211	127	7500	6350
H39-22 KC/W	B-H22/SW-LG	BT-28	Blanca de Alta Emisión	51	211	127	8050	6500
250 Watts								
H37-5 KB	C-H5-LG	BT-28	Clara	54	211	127	12000	10300
H37-5 KC/C	D-H5-LG	BT-28	Blanca Normal	54	211	127	11500	9650
H37-5 KC/W	D-H5/SW-LG	BT-28	Blanca de Alta Emisión	54	211	127	13000	10300
H37-5 KC/X	D-H5/X-LG	BT-28	Blanca de Lujo	54	211	127	8600	6950
400 Watts (2)								
H33-1 CD	E-H1-LG	BT-37	Clara	70	292	177	21500	18900
H33-1 GL/C	J-H1-LG	BT-37	Blanca Normal	70	292	177	2100	18200
H33-1 GL/W	J-H1/SW-LG	BT-37	Blanca de Alta Emisión	70	292	177	24000	19700
H33-1 GL/X	J-H1/X-LG	BT-37	Blanca de Lujo	70	292	177	15000	12700
H33-1 GL/Y	J-H1/Y-LG	BT-37	Amarilla	70	292	177	11500	9550
H33-1 FY	K-H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Ancho	—	324	—	18500	16400
H33-1 HC	L-H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Medio	—	324	—	17500	15200
H33-1 DN/C	P-H1-LG	R-57	Blanca Normal Semi Reflectora	70	324	217	21000	19000
H33-1 DN/W	P-H1/SW-LG	R-57	Blanca de Alta Emisión Semi Reflectora	70	324	217	24000	20100
H33-1 DN/X	P-H1/X-LG	R-57	Blanca de Lujo Semi Reflect.	70	324	217	15000	13000
H33-1 LN	—	R-60	Blanca Normal Haz Abierto	—	276	—	17200	150
H33-1 FS/C	—	R-60	Blanca de Alta Emisión Haz Abierto	—	276	—	15000	132L
H33-1 FS/X	—	R-60	Blanca de Lujo Alta Emisión	—	276	—	11000	9350
425 Watts								
H40-17 MA	A-H17-LG	BT-37	Clara	89	292	177	21500	18900
H40-17 GL/C	B-H17-LG	BT-37	Blanca Normal	89	292	177	21000	18200
H40-17 GL/W	B-H17/SW-LG	BT-37	Blanca de Alta Emisión	89	292	177	24000	19700
H40-17 DN/C	C-H17-LG	R-57	Blanca Normal Semi Reflectora	89	324	217	21000	19000
H40-17 DN/W	C-H17/SW-LG	R-57	Blanca de Alta Emisión Semi Reflectora	89	324	217	24000	20100
430 Watts 6,6 Amperes								
H41-24 CD	A-H24-LG	BT-37	Clara	65	292	177	20000	15600
H41-24 GL/C	B-H24-LG	BT-37	Blanca Normal	65	292	177	18500	14100
H41-24 GL/W	B-H24/SW-LG	BT-37	Blanca de Alta Emisión	65	292	177	22000	16000
700 Watts								
H35-18 NA	A-H18-LG	BT-46	Clara	127	368	241	37000	31600
H35-18 ND/C	B-H18-LG	BT-46	Blanca Normal	127	368	241	36000	30600
H35-18 ND/W	B-H18/SW-LG	BT-46	Blanca de Alta Emisión	127	368	241	41000	33200
1000 Watts								
H34-12 GV	A-H12-LG	BT-56	Clara	127	390	241	55000	44900
H34-12 GW/C	C-H12-LG	BT-56	Blanca Normal	127	390	241	52000	41900
H34-12 GW/W	C-H12/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión	127	390	241	60000	48000
H34-12 GW/X	C-H12/X-LG	BT-56	Blanca de Lujo	127	390	241	40000	30800
H34-12 KY/C	D-H12-LG	BT-56	Blanca Normal Semi Reflectora	127	390	241	53500	42900
H34-12 KY/W	D-H12/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión Semi Reflectora	127	390	241	57000	44700
H36-15 GV	A-H15-LG	BT-56	Clara	152	390	241	57000	46000
H36-15 GW/C	B-H15-LG	BT-56	Blanca Normal	152	390	241	54000	43000
H36-15 GW/W	B-H15/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión	152	390	241	62000	47100
H36-15 GW/X	B-H15/X-LG	BT-56	Blanca de Lujo	152	390	241	42000	32100
H36-15 KY/C	D-H15-LG	BT-56	Blanca Normal Semi Reflectora	152	390	241	55000	43700
H36-15 KY/W	D-H15/SW-LG	BT-56	Blanca Normal Emisión Semi Reflectora	152	390	241	59000	46300
H36-15 FB	—	R-80	Blanca Normal Haz Abierto	—	352	—	45500	34100
H36-15 FA/C	—	R-80	Blanca de Alta Emisión Haz Abierto	—	352	—	40000	30000
300 Watts								
H9 X-J	A-H9	T-9 1/2	Clara (De un sólo bulbo)	1220	1398	—	13200	108000

1) Promedio a lo largo de 16,000 horas de operación. La vida económicamente rentable de las lámparas LIFE GUARD es de 12,000 a 16,000 horas, y la de lámparas normales y las de vidrio duro de 7,000 horas.

2) Las lámparas de 400 w. tipo H25 no se fabrican en la actualidad. En los lugares en que las dimensiones físicas lo permitan, cualquiera de los otros tipos de lámparas de 400 w. pueden sustituirlas.

so 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.

iv.- De la misma tabla de coeficiente de utilización, obtene--  
 mos un factor de mantenimiento de 0.70 metros.

v.- Sustituyendo los valores anteriores en la expresión co--  
 rrespondiente para el cálculo del número de luminarias --  
 y de acuerdo con las características de una lámpara fluo--  
 rescente de 40 watts, la que tiene 29000 lúmenes, obtene--  
 mos:

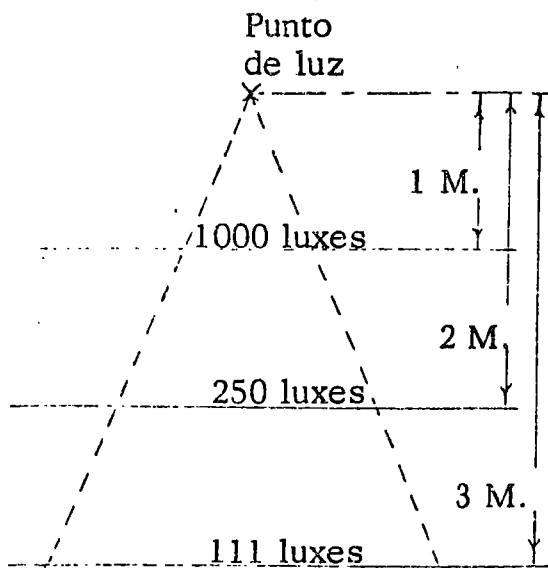
$$\text{Número de luminarias} = \frac{1000 \times 18.30 \times 30.50}{4 \times 2900 \times 0.67 \times 0.70} = 102$$

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

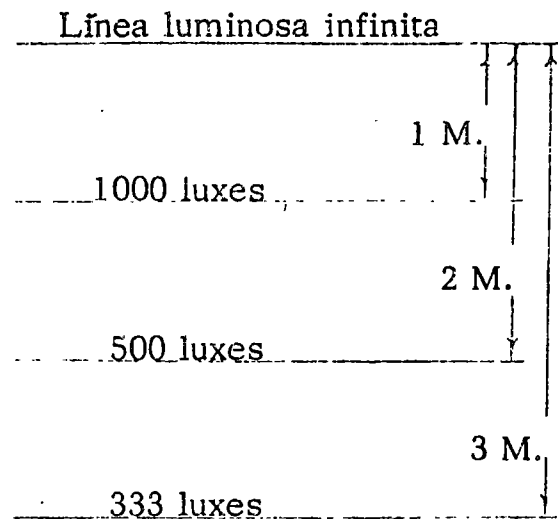
Método de punto por punto.

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:

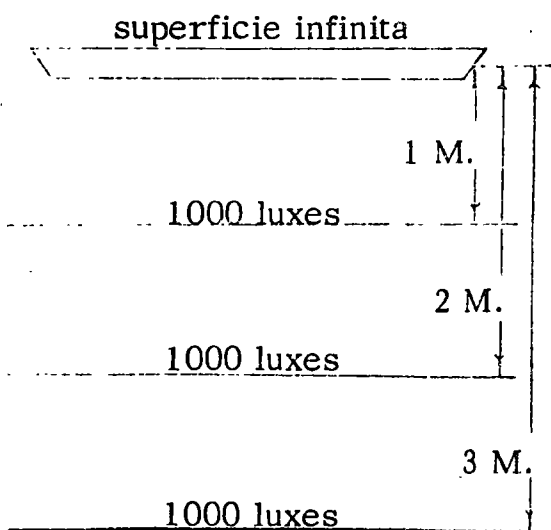
- i. - Fuentes puntiformes. - La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Una lámpara incandescente sola o en un globo cerrado, puede generalmente ser tratada como una fuente de luz puntiforme.
- ii. - Fuentes lineales de longitud infinita. - La iluminación es inversamente proporcional a la distancia. Una fila de lámparas fluorescentes o incluso una lámpara fluorescente a corta distancia se aproximan a una fuente lineal.
- iii. - Fuente superficial de área infinita. - La iluminación no cambia con la distancia. Un grupo panel luminoso, o un techo iluminado por medios totalmente indirectos se aproxima a esta condición, y dentro de ciertos límites



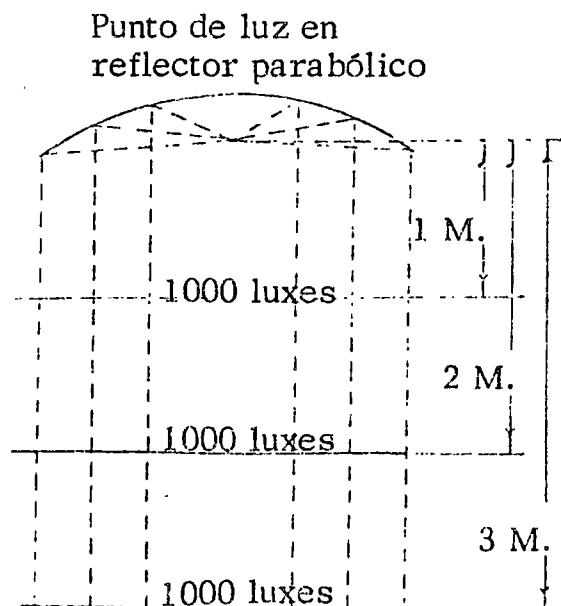
i. - Fuentes puntiformes



ii. - Fuentes lineales de longitud infinita.



iii - Fuente superficial de área infinita.



iv - Haz paralelo de luz.

tes, la iluminación no cambiará mucho con la distancia.

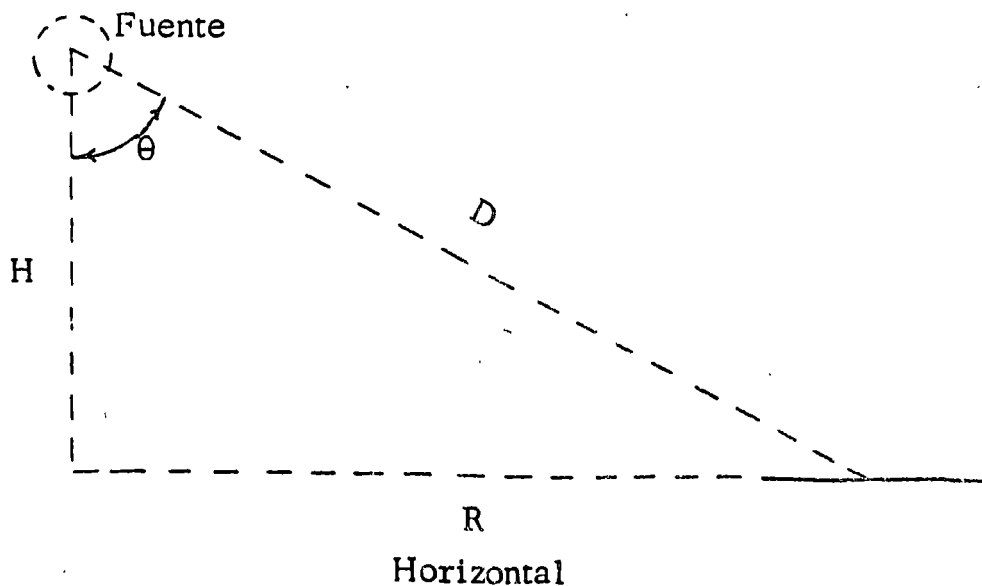
- iv. - Haz paralelo de luz. - La iluminación no cambia con la distancia. Una fuente verdaderamente puntiforme en un reflector perfectamente parabólico, produciría un haz de rayos paralelos, sin embargo como cualquier fuente de luz tiene dimensiones finitas, nunca se alcanzará un haz paralelo completo. - 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 un 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 su perficie 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 ilumina ción, cinco veces la dimensión mayor de la fuente.

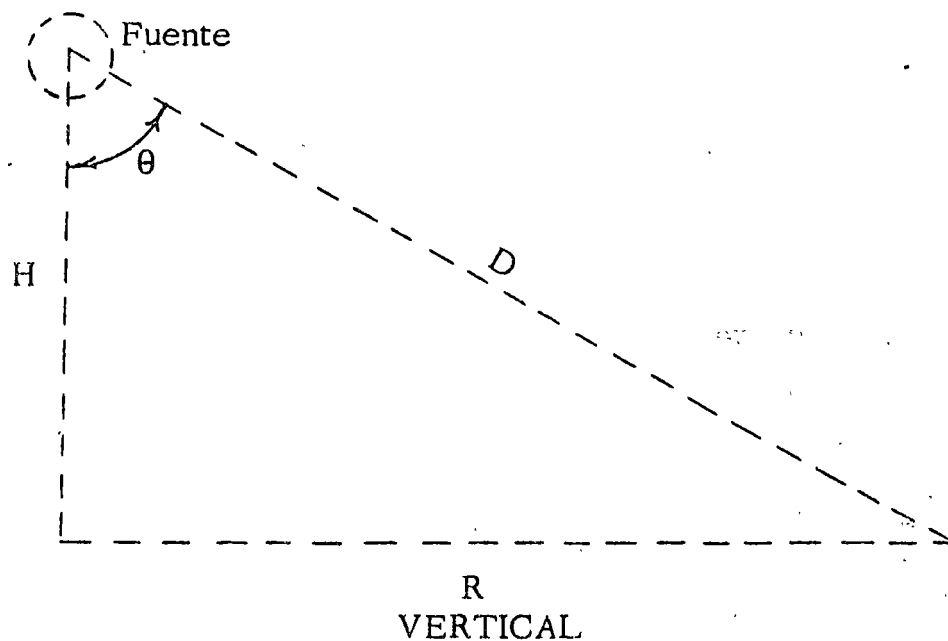
En los casos en que se den estas condiciones, y en los que haya curva de distribución luminosa de la fuente, se puede determinar la iluminación sobre la superficie horizontal o vertical, mediante el empleo de las fórmulas siguientes:

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





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



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:

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

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:

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

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:

- i. - Determinar el ángulo en grados de la figura anterior - por medio de la tabla.
- ii. - 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.
- iii. - 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 o --- 100000 candelas ) sobre el que se base la parte de la

**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° 88,50	54° 42,75	61° 22,45	68° 12,98	71° 8,02	74° 5,25	76° 3,55	78° 2,55	80° 1,90	81° 1,45	81° 1,13	81° 0,80
0,90	0° 111,10	18° 95,00	34° 64,00	48° 39,33	59° 26,00	67° 15,22	73° 8,00	78° 4,60	82° 2,77	85° 1,56	87° 0,91	89° 0,55	90° 0,36	90° 0,25
1,20	0° 62,50	14° 57,07	27° 44,72	37° 32,00	45° 22,10	52° 15,24	58° 10,66	64° 7,64	69° 5,59	74° 4,14	78° 2,90	81° 1,90	83° 1,28	84° 0,87
1,50	0° 40,00	11° 37,21	21° 32,02	29° 25,22	36° 19,04	43° 14,14	50° 10,50	56° 7,83	62° 5,95	67° 4,48	71° 3,34	75° 2,41	78° 1,66	80° 1,11
1,80	0° 27,78	7° 26,73	16° 23,72	23° 19,87	30° 16,00	37° 12,60	44° 9,82	50° 7,66	56° 6,00	61° 4,75	65° 3,81	69° 3,07	72° 2,49	75° 2,00
2,10	0° 20,41	5° 19,80	12° 16,14	18° 15,85	25° 11,36	32° 8,36	39° 6,41	45° 5,11	51° 4,22	56° 3,51	60° 2,97	64° 2,54	67° 2,18	70° 1,88
2,45	0° 15,63	4° 15,27	10° 14,27	15° 12,83	21° 11,18	27° 9,53	34° 8,00	40° 6,72	46° 5,52	51° 4,58	55° 3,81	59° 3,18	62° 2,67	65° 2,25
2,75	0° 12,35	3° 12,12	8° 11,48	13° 10,54	18° 9,43	24° 8,23	30° 7,11	36° 6,07	42° 5,13	47° 4,37	51° 3,70	55° 3,14	58° 2,67	61° 2,29
3,05	0° 10,00	2° 9,85	6° 9,43	10° 8,79	14° 8,01	19° 7,16	24° 6,31	30° 5,50	36° 4,76	41° 4,11	45° 3,54	49° 3,05	52° 2,63	55° 2,27
3,35	0° 8,26	2° 8,16	5° 7,87	8° 7,42	11° 6,86	15° 6,23	20° 5,59	26° 4,96	32° 4,37	37° 3,81	41° 3,35	45° 2,92	48° 2,53	51° 2,17
3,65	0° 6,94	1° 6,87	4° 6,68	6° 6,34	9° 5,93	13° 5,46	18° 4,97	24° 4,48	30° 4,00	35° 3,56	39° 3,15	43° 2,78	46° 2,46	49° 2,17
3,95	0° 5,92	1° 5,87	4° 5,71	6° 5,47	8° 5,17	11° 4,81	15° 4,47	20° 4,04	26° 3,66	31° 3,29	35° 2,92	39° 2,61	42° 2,31	45° 2,06
4,25	0° 5,10	1° 5,06	4° 4,95	6° 4,77	8° 4,54	11° 4,26	15° 3,96	20° 3,65	26° 3,34	31° 3,04	35° 2,75	39° 2,48	42° 2,21	45° 1,97
4,55	0° 4,54	1° 4,49	4° 4,42	6° 4,33	8° 4,19	11° 4,01	15° 3,80	20° 3,56	26° 3,31	31° 3,05	35° 2,80	39° 2,54	42° 2,31	45° 2,09
4,90	0° 4,00	1° 3,95	4° 3,88	6° 3,82	8° 3,71	11° 3,57	15° 3,39	20° 3,21	26° 3,00	31° 2,79	35° 2,59	39° 2,39	42° 2,19	45° 1,95
5,20	0° 3,60	1° 3,54	4° 3,48	6° 3,41	8° 3,31	11° 3,19	15° 3,08	20° 2,90	26° 2,74	31° 2,56	35° 2,39	39° 2,21	42° 2,03	45° 1,79
5,50	0° 3,30	1° 3,24	4° 3,18	6° 3,11	8° 3,01	11° 2,92	15° 2,82	20° 2,64	26° 2,50	31° 2,36	35° 2,21	39° 2,06	42° 1,88	45° 1,65
5,80	0° 3,00	1° 2,94	4° 2,88	6° 2,81	8° 2,71	11° 2,62	15° 2,51	20° 2,39	26° 2,29	31° 2,17	35° 2,05	39° 1,91	42° 1,76	45° 1,56
6,10	0° 2,80	1° 2,74	4° 2,68	6° 2,62	8° 2,52	11° 2,44	15° 2,34	20° 2,21	26° 2,10	31° 2,00	35° 1,89	39° 1,78	42° 1,64	45° 1,47

6-31

MANUAL DE ALUMBRADO WESTINGHOUSE

6,40	0° 2,57	1° 2,51	4° 2,45	6° 2,39	8° 2,33	11° 2,27	15° 2,20	20° 2,14	26° 2,08	31° 2,02	35° 1,96	39° 1,90	42° 1,84	45° 1,78
6,70	0° 2,30	1° 2,24	4° 2,18	6° 2,12	8° 2,06	11° 2,00	15° 1,94	20° 1,88	26° 1,82	31° 1,76	35° 1,70	39° 1,64	42° 1,58	45° 1,52
7,00	0° 2,07	1° 2,01	4° 1,95	6° 1,89	8° 1,83	11° 1,77	15° 1,71	20° 1,65	26° 1,59	31° 1,53	35° 1,47	39° 1,41	42° 1,35	45° 1,29
7,30	0° 1,84	1° 1,78	4° 1,72	6° 1,66	8° 1,60	11° 1,54	15° 1,48	20° 1,42	26° 1,36	31° 1,30	35° 1,24	39° 1,18	42° 1,12	45° 1,06
7,60	0° 1,60	1° 1,54	4° 1,48	6° 1,42	8° 1,36	11° 1,30	15° 1,24	20° 1,18	26° 1,12	31° 1,06	35° 1,00	39° 0,94	42° 0,88	45° 0,82
8,25	0° 1,37	1° 1,31	4° 1,25	6° 1,19	8° 1,13	11° 1,07	15° 1,01	20° 0,95	26° 0,89	31° 0,83	35° 0,77	39° 0,71	42° 0,65	45° 0,59
9,15	0° 1,11	1° 1,05	4° 1,00	6° 0,94	8° 0,88	11° 0,82	15° 0,76	20° 0,70	26° 0,64	31° 0,58	35° 0,52	39° 0,46	42° 0,40	45° 0,34
10,05	0° 0,92	1° 0,86	4° 0,80	6° 0,74	8° 0,68	11° 0,62	15° 0,56	20° 0,50	26° 0,44	31° 0,38	35° 0,32	39° 0,26	42° 0,20	45° 0,14
11,00	0° 0,77	1° 0,71	4° 0,65	6° 0,59	8° 0,53	11° 0,47	15° 0,41	20° 0,35	26° 0,29	31° 0,23	35° 0,17	39° 0,11	42° 0,05	45° 0,00
12,20	0° 0,61	1° 0,55	4° 0,49	6° 0,43	8° 0,37	11° 0,31	15° 0,25	20° 0,19	26° 0,13	31° 0,07	35° 0,01	39° 0,00	42° 0,00	45° 0,00
13,70	0° 0,49	1° 0,43	4° 0,37	6° 0,31	8° 0,25	11° 0,19	15° 0,13	20° 0,07	26° 0,01	31° 0,00	35° 0,00	39° 0,00	42° 0,00	45° 0,00
15,25	0° 0,40	1° 0,34	4° 0,28	6° 0,22	8° 0,16	11° 0,10	15° 0,04	20° 0,00	26° 0,00	31° 0,00	35° 0,00	39° 0,00	42° 0,00	45° 0,00
16,75	0° 0,33	1° 0,27	4° 0,21	6° 0,15	8° 0,09	11° 0,03	15° 0,00	20° 0,00	26° 0,00	31° 0,00	35° 0,00	39° 0,00	42° 0,00	45° 0,00
18,30	0° 0,28	1° 0,22	4° 0,16	6° 0,10	8° 0,04	11° 0,00	15° 0,00	20° 0,00	26° 0,00	31° 0,00	35° 0,00	39° 0,00	42° 0,00	45° 0,00
21,35	0° 0,20	1° 0,14	4° 0,08	6° 0,02	8° 0,00	11° 0,00	15° 0,00	20° 0,00	26° 0,00	31° 0,00	35° 0,00	39° 0,00	42° 0,00	45° 0,00
LUX POR CADA 100.000 CANDELAS														
24,40	0° 156,70	0° 156,20	1° 155,90	2° 155,70	3° 155,30	4° 154,90	5° 154,50	6° 154,10	7° 153,70	8° 153,30	9° 152,90	10° 152,50	11° 152,10	12° 151,70
30,50	0° 100,00	0° 99,94	1° 99,87	2° 99,76	3° 99,61	4° 99,46	5° 99,27	6° 99,03	7° 98,74	8° 98,41	9° 98,03	10° 97,61	11° 97,15	12° 96,66
38,10	0° 64,00	0° 63,99	1° 63,98	2° 63,95	3° 63,90	4° 63,85	5° 63,78	6° 63,70	7° 63,61	8° 63,51	9° 63,41	10° 63,30	11° 63,19	12° 63,08
45,70	0° 44,44	0° 44,41	1° 44,41	2° 44,42	3° 44,40	4° 44,37	5° 44,34	6° 44,30	7° 44,27	8° 44,24	9° 44,21	10° 44,18	11° 44,15	12° 44,12
53,35	0° 32,65	0° 32,65	1° 32,65	2° 32,64	3° 32,61	4° 32,61	5° 32,61	6° 32,61	7° 32,61	8° 32,61	9° 32,61	10° 32,61	11° 32,61	12° 32,61
60,95	0° 25,16	0° 25,16	1° 25,16	2° 25,16	3° 25,16	4° 25,16	5° 25,16	6° 25,16	7° 25,16	8° 25,16	9° 25,16	10° 25,16	11° 25,16	12° 25,16

6-35

DISENO 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 fuente luminosa se leerá sobre la escala de distancias horizontales, etc.

tabla que se ha utilizado.

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

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:

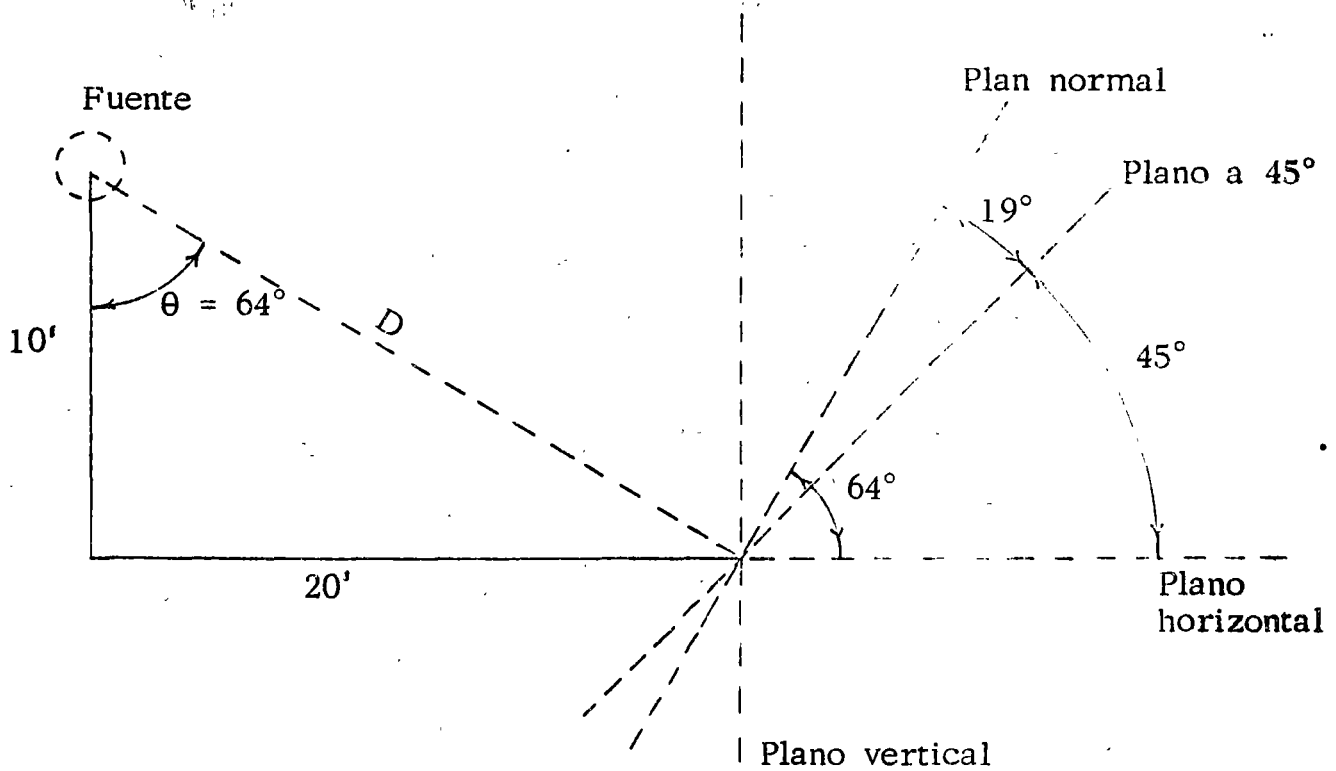
Un punto se encuentra 10 pies abajo y 20 pies a la derecha de -- una fuente luminosa cuya potencia uniforme distribuida es de 1000 candelas. Determínese la iluminación producida por ese punto en los planos siguientes:

Plano normal;

Plano horizontal;

Plano vertical;

Plano a 45 grados con referencia al plano horizontal.



Cálculos:

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

$$\theta = 64^\circ$$

$$E_n = 10/d^2 = 1000/500^* = 2 \text{ bujías-pie.}$$

$$E_n = E_n \cos \theta = (2) (\cos 64^\circ) = (2) (.44) = 0.88 \text{ bujías - pie.}$$

$$E_v = E_n \sin \theta = (2) (\sin 64^\circ) = (2) (.90) = 1.8 \text{ bujías - pies.}$$

$$E_{45^\circ} = E_n \cos 19^\circ = (2) (.95) = 1.9 \text{ bujías - pie.}$$

$$* d^2 = a^2 + b^2 + (20)^2 = 100 + 400 = 500$$

### Cargas de alumbrado arquitectónica.

El fin primordial de éstas 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.

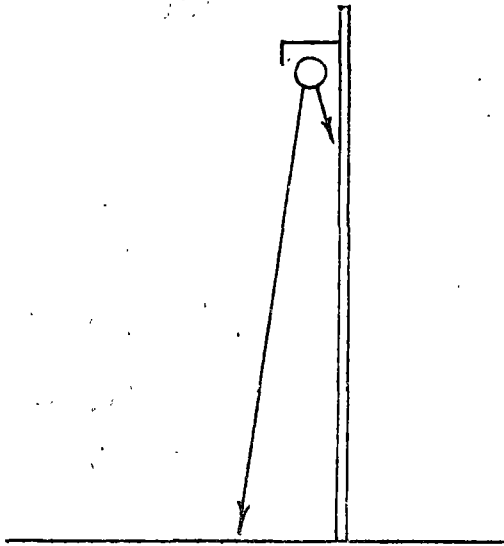
Estas cargas podemos clasificarlas en la forma siguiente:

- ° Con proyectores.
- ° Rasante.

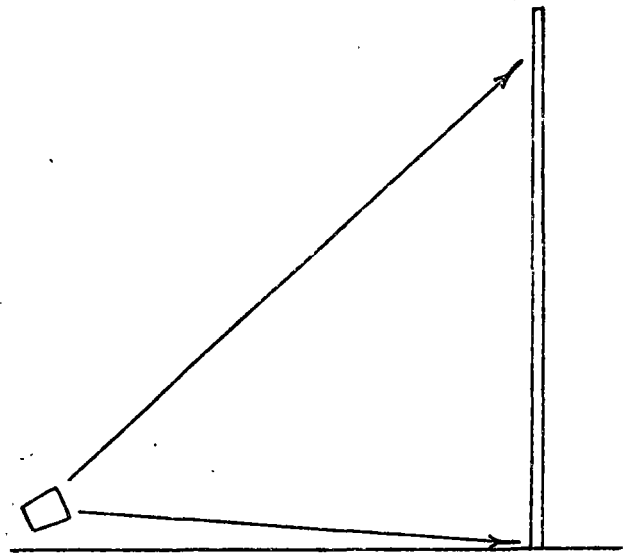
La carga con proyectores presenta un ángulo de incidencia grande, además de una iluminación uniforme. El problema que se tiene con esta carga es el de su posición con el fin de poderla dejar oculta.

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

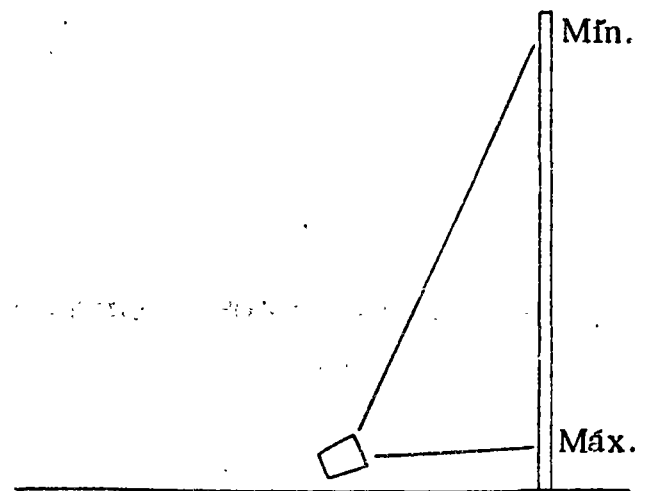
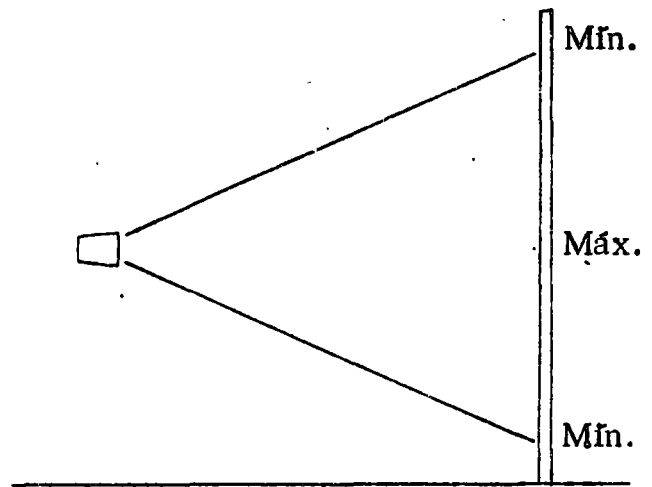
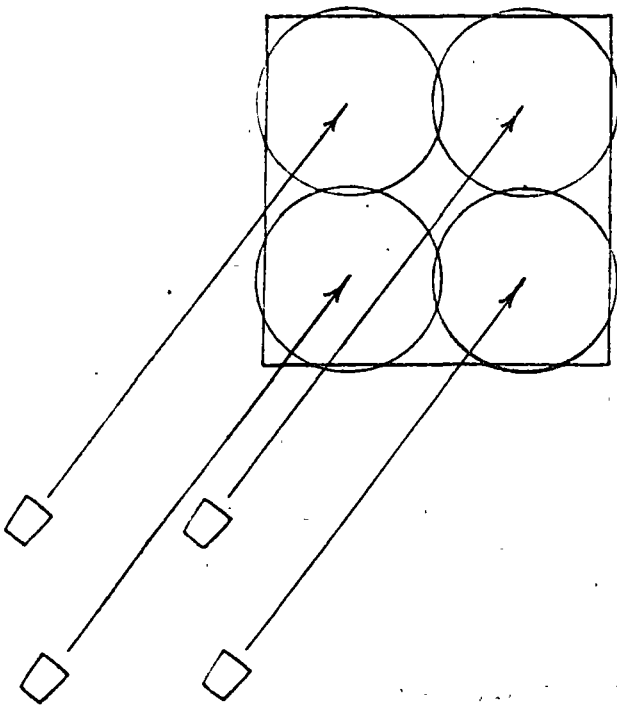
### 2.- Cargas de aparatos.- Criterio para determinar cargas.



RASANTE



PROYECTOR



Las cargas de aparatos pueden ser:

- ° Definidas
- ° Indefinidas

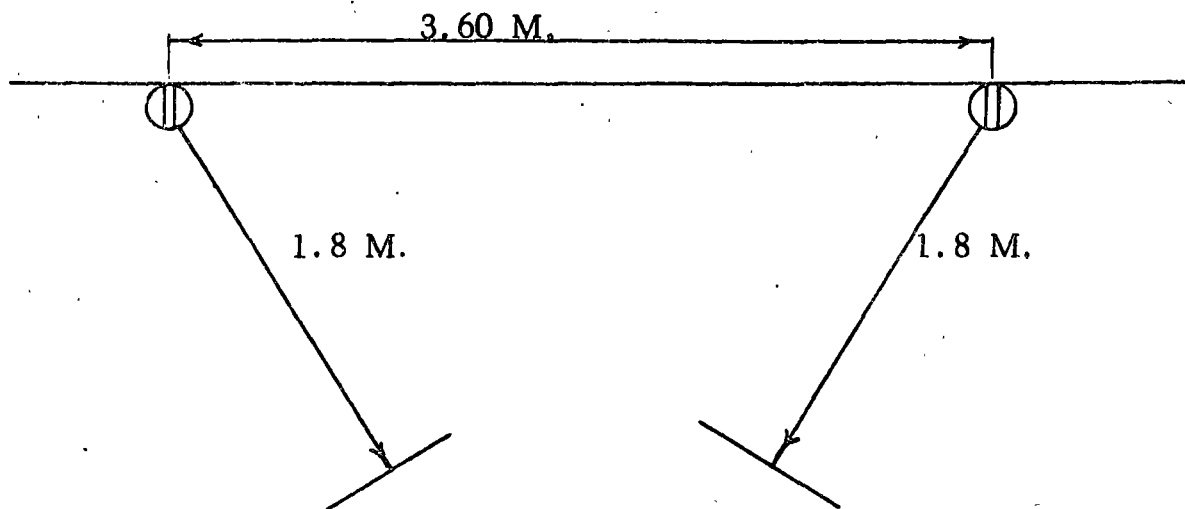
Carga definida.- Las cargas definidas son por ejemplo: calefactores, acondicionadores de aire, aparatos domésticos, equipos telefónicos, equipos de sonido, alarmas, rayos x, etc.

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 se deberá tener un medio de desconexión. Si son móviles deberá instalarse 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





$S < 40 \text{ M}^2$ : 1 contacto / 3 M.

$S > 40 \text{ M}^2$ : 8 contactos + 3 contactos cada 40  $\text{M}^2$

	WATTS TIPICOS	VOLTAJE USUAL
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
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 al

cance 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 a donde se vayan a instalar estos contactos se tienen las siguientes recomendaciones:

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 tres más por cada 40 metros cuadrados adicionales.

Escuelas.- Un contacto por cada muro.

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

3.- 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.

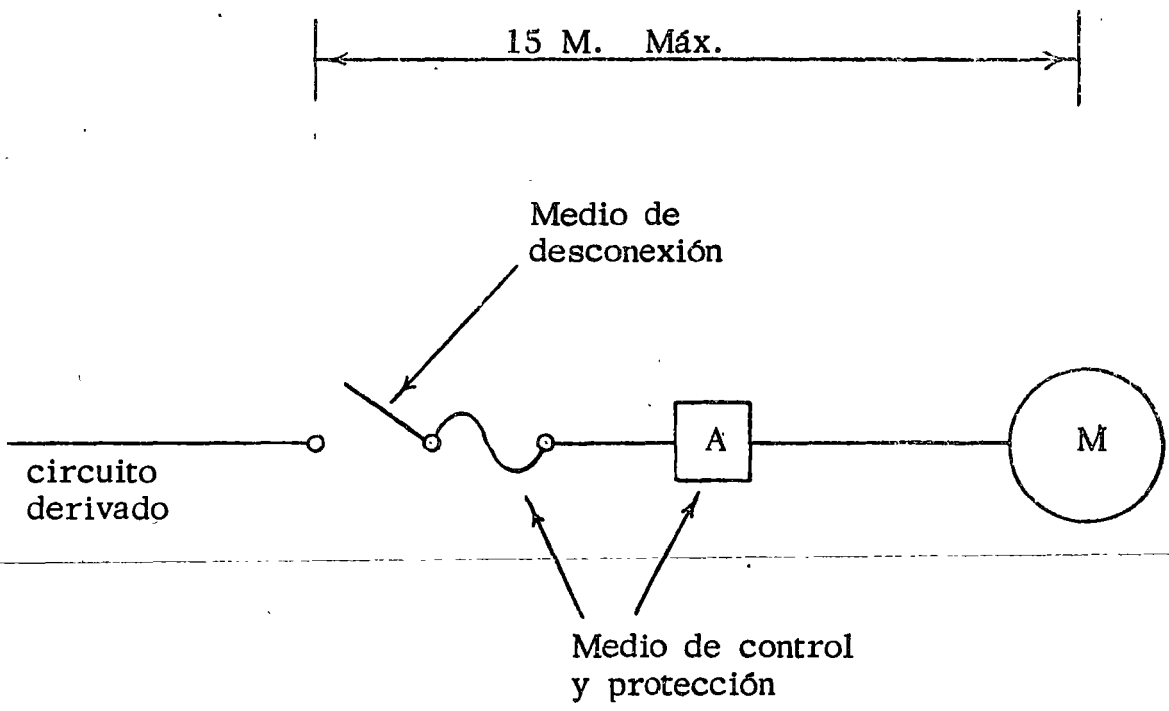
La localización de estas cargas deberá ser accesible para su montaje, su servicio y su operación

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

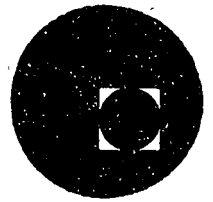
- ° Medio de control y protección
- ° Medio de desconexión

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 debe--rá 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 arranca--dores con voltaje reducido.



CIRCUITO ELEMENTAL DE UN MOTOR.



## INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

### VI. MEDIO DE SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES

- d) Diseño de Protección
- e) Medio de Control

### VII. CENTROS DE DISTRIBUCION

- a) Tableros Principales
- b) Tableros Secundarios

Ing. Noe Armas Morales

Julio, 1978.

ING. NOE ARMAS MORALES.

OCTAVA SESION.- Martes 18 de julio.

VI.-

DISEÑO DE PROTECCION

- 1).- CAPITULO II - R.O.I.E - Proyecto y Protección de Canaliza--  
ciones Electricas (Conductores).
  
- 3.1.- Se consideran separadamente las disposiciones referentes a:
  - a) Lineas de servicio para suministro de energía.
  - b) Conductores alimentadores de las canalizaciones.
  - c) Circuitos derivados.

Línea de servicio (2.1 ROIE).- Los conductores y equipo que se usen para el suministro de energía eléctrica, desde las líneas o equipos inmediatos del sistema general de abasteci--  
miento hasta los medios principales de desconexión y protec--  
ción contra sobre corriente de la instalación servida.
- 3.2.- Conductores alimentadores.- Son aquellos comprendidos entre los medios principales de desconexión y protección contra --  
sobre corriente y los medios de protección contra sobre ---  
corriente de los circuitos derivados.
- 3.3.- Circuito derivado.- Es la parte de conductor o canalización que se extienda después del último dispositivo de protec---  
ción contra sobre corriente del lado de la carga que prote--  
ja a esa parte.  
Los arrancadores de motores con protección contra sobre --  
corriente y otros dispositivos semejantes no se deben consi--  
derar como la protección de sobre corriente de un circuito  
derivado.
- 4.0.- Identificación de conductores conectados a tierra.
- 4.1.- Cuando una canalización tenga un conductor conectado a ---  
tierra, se identifique este con un color blanco o gris.
- 5.0.- Circuitos derivados.

- 5.1.- Son los conductores alimentadores que abastecen cargas de alumbrado o de aparatos domesticos o comerciales o a combinaciones cuando se conecten motores o aparatos accionados por motores u otras cargas especiales es necesario aplicar los artículos del ROIE para esas cargas.
- 5.2.- La clasificación de los circuitos derivados para cargas indefinidas es por medio de la protección contra sobre corriente de
- 15 amps.
  - 20 amps.
  - 30 amps.
  - 50 amps.
- Las cargas individuales mayores de 50 amps. deberán alimentarse por circuitos derivados individuales.
- 5.3.- Circuito derivado multifilares.- Dos ó más conductores a diferente potencial entre si y de un conductor que tenga la misma diferencia de potencial con respecto a cada uno de los otros conductores.- Ejem.- 4 hilos, 3 fases.
- 5.4.- Colores normales de identificación.
- Trifilar \_ negro, blanco y rojo.
  - Tetrafilares \_ negro, blanco, rojo y azul.
  - Pentafilares \_ negro, blanco, rojo, azul y amarillo.
- 5.5.- Voltaje:
- Los circuitos derivados que abastezcan porta lamparas, aparatos ó contactos de 15 amps. ó menos no deberán exceder de 150 volts. a tierra; excepciones:
- a) Establecimientos industriales hasta 300 volts a tierra en circuito de alumbrado que esten colocados a mas de 2.40 mts. de altura sobre el piso y que no tengan interruptores integrados.
  - b) Sistemas ferroviarios se aplica 2-10.
  - c) Calefacción industrias infrarroja se aplica 27-8.
- 5.6.- Circuitos derivados para distintas clases de carga.
- a) Alumbrado y aparatos pequeños. Relojes, radios.
  - b) Aparatos de mas de 3 amps. Planchas, parrillas, refrigeradores.
- 5.7.- Calculo de la carga.- Para obtener la capacidad de los circuitos derivados se consideran las cargas a conectarse con los minimos siguientes.-
- a) Alumbrado y aparatos pequeños, por metro cuadrado del



area del piso.

LUGAR	CARGA WATTS POR METRO CUADRADO
Anfiteatros	10
Bancos	20
Bodegas ó almacenes	2
Casa habitación	20
Clubes	20
Edificaciones industriales	20
Oficinas	20
Escuelas	30
Locales comerciales chicos	5
Hospitales	20
Hoteles (sin aparatos electricos para cocinar)	20
Iglesias	5
Peluquerias y salas de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30

- b) Aparatos de mas de 3 amps.- Se considera cargas no menor - 5 amps., si hay varios contactos en un solo cuarto que no se usan simultaneamente la carga se calcula de 5 amps., - por cada tres contactos.
- c) Hilo neutro.- Si hay hilo neutro en un circuito derivado - la carga que se considera para el neutro, no debe ser -- menor que el desequilibrio maximo de la carga en el circui to.

5.8.- Conductores de circuitos derivados.

- a) Calibre suficiente para conducir la corriente del circuito derivado cumpliendo en (6-2, caída voltaje 3% alumbrado, - 4% aparatos y motores)
- b) Sección minima.  
 Minimo No. 14 circuito alumbrado y aparatos pequeños.  
 Minimo No. 12 circuito que alimentan aparatos de mas de 3 amps.

Los alambres y cordones pertenecientes a unidades de alumbrado o aparatos que se usen para conectarlos a la salida de los circuitos derivados pueden ser de menor sección cum pliendo con (11-5)

	CIRCUITOS DERIVADOS	CORRIENTE MAXIMA
MINIMO no. 18	15 amps.	5 tw
no. 16	20 amps.	7 tw
no. 14	30 amps.	15 tw
no. 12	50 amps.	20 tw
no. 10	-	25 tw

5.9.- Protección contra sobre corriente.- Conductor no conectado a tierra de un circuito derivado, se debe proteger contra --- corrientes excesivas por medio de dispositivos.

La capacidad de estos dispositivos deben cumplir lo siguiente

- No deberá ser mayor que la corriente permitida para los -- conductores del circuito.
- Si el circuito abastece únicamente a un sólo aparato con - capacidad de 10 amps. ó más la capacidad ó ajuste de sobre corriente no deberá exceder del 150% de la capacidad del - aparato.
- Los alambres y cordones (5-8) se consideran protegidos por el dispositivo contra sobre corriente del circuito derivado.

5.10.-Dispositivos de salida.

- Porta lamparas.- No menor a la carga a servir, mayores de 20 amps., sean de servicio pesado.
- Contactos.- No menor a la carga a servir; cuando este con 2 ó más salidas tengan las capacidades siguientes.

CAPACIDADES CIRCUITO	CAPACIDADES CONTACTO
15 amps.	no mayor de 15 amps.
20 amps.	20 amps.
30 amps.	20 ó 30 amps.
50 amps.	50 amps.

6.0.-

6.1.- Conductores alimentadores.- No deben ser de calibre mas delgado (11-4 tabla de la corriente permitida en los conductores) y cumplir con (6.3 cálculo de la carga)

6.2.- Caída de voltaje.

3% de alumbrado.

4% de motores y aparatos.

6.3.- Cálculo de la carga.- La carga para los conductores alimentadores no deberá ser menor que la suma de todas las cargas de

TABLA NUMERO 2

CORRIENTE EN AMPERES PERMITIDA EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS DENTRO DE DUCTOS

Basada en temperatura ambiente de 30° C y no más de 3 conductores en un ducto  
(Para otros casos véase la Fracción 11-4.)

CONDUCTOR Calibre A.T.C. o M.C.M.	Sección Transversal en milímetros cua- drados.	Temperatura permisible y material del aislamiento					
		60° C Hule, Termoplástico o similar.	75° C Hule o similar.	85° C Papel, Termoplásti- co y asbesto. Cambrey barnizado y asbesto o similar.	110° C Cambrey barnizado y asbesto o similar.	125° C Asbesto impregnado o similar.	200° C Asbesto o similar.
14	2.081	15	15	25	30	30	30
12	3.309	20	20	30	35	40	40
10	5.261	30	30	40	45	50	55
8	8.366	40	45	50	60	65	70
6	13.30	55	65	70	80	85	95
4	21.15	70	85	90	105	115	120
3	26.67	80	100	105	120	130	145
2	33.63	95	115	120	135	145	165
1	42.41	110	130	140	160	170	190
0	53.48	125	150	155	190	200	225
.00	67.41	145	175	185	215	230	250
.000	85.03	165	200	210	245	265	285
0000	107.22	195	230	235	275	310	340
250	126.63	215	255	270	315	335	...
300	152.01	240	285	300	345	380	...
350	177.35	260	310	325	390	420	...
400	202.69	280	335	360	420	450	...
500	253.36	320	380	405	470	500	...
600	304.03	355	420	455	525	545	...
700	354.70	385	460	490	560	600	...
750	380.04	400	475	500	580	620	...
800	405.37	410	490	515	600	640	...
900	456.04	435	520	555	...	...	...
1000	506.71	455	545	585	680	730	...
1250	633.39	495	590	645	...	...	...
1500	760.07	520	625	700	785	...	...
1750	886.75	545	650	735	...	...	...
2000	1013.42	560	665	775	810	...	...

FACTORES DE CORRECCION PARA TEMPERATURA AMBIENTE DE MAS DE 30° C.

Temperatura Ambiente — Grados Centígra- dos —	Temperatura permisible y material del aislamiento					
	60° C Hule, Termoplástico o similar.	75° C Hule o similar	85° C Papel, Termoplásti- co y asbesto. Cambrey barnizado y asbesto o similar.	110° C Cambrey barnizado y asbesto o similar.	125° C Asbesto impregnado o similar.	200° C Asbesto o similar.
40	0.82	0.88	0.90	0.94	0.95	...
45	0.71	0.82	0.85	0.90	0.92	...
50	0.58	0.75	0.80	0.87	0.89	...
55	0.41	0.67	0.74	0.81	0.86	...
60	...	0.58	0.67	0.79	0.83	0.91
70	...	0.35	0.52	0.71	0.76	0.87
75	...	...	0.43	0.66	0.72	0.86
80	...	...	0.30	0.61	0.69	0.84
90	...	...	...	0.50	0.61	0.80
100	...	...	...	...	0.51	0.77
120	...	...	...	...	...	0.69
140	...	...	...	...	...	0.59

TABLA NUMERO 3

## CORRIENTE MAXIMA EN AMPERES PERMITIDA EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS EN LINEA ABIERTA

Basada en temperatura ambiente de 30°C. Para temperatura ambiente mayor aplíquense los factores de corrección dados en la Tabla Número 2.

Véanse las disposiciones de la Fracción 11-4

## TEMPERATURA PERMISIBLE Y MATERIAL DEL AISLAMIENTO

CONDUCTOR Calibre A.W.G. o MCM.	60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	80°C A prueba de intem- perie.	85°C Papel, Termoplásti- co y asbesto. Cambray barnizado y asbesto o similar.	110°C Cambray barnizado y asbesto o similar.	125°C Asbesto impregnado o similar.	200°C Asbesto o similar.
14	20	20	30	30	40	40	45
12	25	25	40	40	50	50	55
10	40	40	55	55	65	70	75
8	55	65	70	70	85	90	100
6	80	95	100	100	120	125	135
4	105	125	130	135	160	170	180
3	120	145	150	155	180	195	210
2	140	170	175	180	210	225	240
1	165	195	205	210	245	265	280
0	195	230	235	245	285	305	325
00	225	265	275	285	330	355	370
000	260	310	320	330	385	410	430
0000	300	360	370	385	445	475	510
250	340	405	410	425	495	530	.....
300	375	445	460	480	555	590	.....
350	420	505	510	530	610	655	.....
400	455	545	555	575	665	710	.....
500	515	620	630	660	765	815	.....
600	575	690	710	740	855	910	.....
700	630	755	780	815	940	1005	.....
750	655	785	810	845	980	1045	.....
800	680	815	845	880	1020	1085	.....
900	730	870	905	940	.....	.....	.....
1000	780	935	965	1000	1165	1240	.....
1250	890	1065	.....	1130	.....	.....	.....
1500	980	1175	1215	1260	1450	.....	.....
1750	1070	1280	.....	1370	.....	.....	.....
2000	1155	1385	1405	1470	1715	.....	.....

los circuitos derivados abastecidos por dichos conductores - (5-7 cargas por metro cuadrado).

En los casos siguientes se podra aplicar a la carga computada el factor de demanda siguiente:

- a) Casas habitación 30% al excedente 2500 watts.
- b) Edificios de oficinas 70% al excedente 20000 watts.
- c) Escuelas 50% al excedente sobre 15000 watts.
- d) Hospitales 40% hasta 50000 watts y 20% al excedente.
- e) Hoteles 50% hasta 20000 watts y 35% al excedente.
- f) Motores.- La carga se calcula de acuerdo con (28-10 y -- 28-12)
- g) Cuando haya hilo neutro en el circuito alimentador la carga que se considere para el neutro no debe ser menor que el desequilibrio máximo de la carga.

6.4.- Circuitos alimentadores con neutro común.- Se puede usar un hilo neutro para dos ó más circuitos alimentadores multifilares siempre que estos esten dentro de una misma canalización (10-14 inducción).

7.0.- Líneas de servicio.

7.9.- Medios de desconexión.

7.10.-Conexiones antes de los medios de desconexión.

7.11.-Apertura simultanea.

7.12.-Tipos permitidos.

7.13.-Indicación de posición.

7.14.-Accionamiento exterior.

7.15.-Capacidad de interruptores de servicio.  
Voltaje-amperaje.

7.16.-Protección contra sobre corriente.

- a) Conductores no conectados a tierra. Capacidad según 11-4 tabla de corrientes.
- b) Motores 28-25, 28-32, 28-33.
- c) Fusibles ó interruptores automáticos 8-3
- d) La protección contra sobre corriente puede estar formado por uno ó varios interruptores automáticos ó juegos de - fusibles.

8.0.- Protección contra sobre corriente.

8.3.- Conductores - corriente permisible según 11-4.

a) Fusibles.- Si la corriente permisible no corresponde a un fusible de capacidad normal, puede usarse el de capacidad inmediata superior si no excede del 150% - no usar fusibles tipo tapón ó de rosca en circuito mayores de 150 volts. a tierra.

La rosca debe estar en el lado de la carga.

b) Interruptores automáticos de disparo no ajustables.- Capacidad nominal de acuerdo a la corriente permisible de los conductores ó al inmediato superior siempre que no pase - del 150% de la corriente permisible.

c) Interruptores automáticos ajustables.- Deben ajustarse - para que no operen a más del 150% y debe tomarse en cuenta el ajuste por temperatura.

28.0.- Motores y controladores.

28.1.- Las disposiciones contenidas en las fracciones 28-2 a 28-8 - comprenden algunas disposiciones miscelaneas para motores y controladores.

28.2.- Sobrecalentamiento por acumulación de polvo.

28.3.- Identificación de los motores.

28.4.- Identificación de los controladores.

Cuando un controlador esta construido como parte integrante de un motor ó de un motor generador, el controlador no necesita estar marcado separadamente, ya que los datos necesarios deben aparecer en la placa del motor.

28.5.- Identificación de terminales (motores y controladores).

28.6.- Espacio para conexiones en cubierta.

28.7.- Cubiertas.

28.8.- Ubicación de motores (mantenimiento).

28.9.- Calibre de conductores para circuitos de motores. Conductores capaces de conducir la corriente del motor, sin sobrecalentamiento y bajo condiciones que se especifiquen. Para caída de voltaje en el circuito véase 6-2.

28.10.- Motores individuales.

La corriente permisible de acuerdo a la tabla 11-4 en los conductores de un circuito derivado que abastezca a un motor individual, con régimen de trabajo continuo y carga aproximadamente constante no será menor del 125% de la corriente nominal a carga plena del motor.

Quando la carga sea variable, el calibre de los conductores podrá fijarse considerando una corriente menor que el 125% - nominal a carga plena del motor según el régimen del trabajo que se trate, pero no menor del 85%; especialmente cuando el motor arranca con frecuencia es necesario instalar más gruesos.

28.11.- Secundario del motor con rotor devanado. Los conductores -- que conecten el secundario de un motor para corriente alterna con rotor devanado, a su controlador deben ser de calibre para una corriente no menor del 125% de la corriente secundaria del motor, a carga plena, si es para régimen de trabajo continuo. Para otro régimen de trabajo que no sea continuo - se aplica el 28-10.

28.12.- Conductores que abastecen a varios motores. Los conductores que alimentan a 2 ó más motores deberán ser de calibre suficiente para una corriente no menor que el --- 125% de la corriente a carga plena del motor de mayor potencia, más la suma de las corrientes a carga plena de los --- demás motores de grupo. Cuando los motores no funcionen si--- simultaneamente a carga plena, se aplicará el factor de demanda que corresponda al régimen de operación.

28.13.- Carga mixta. Los conductores alimentadores que abastezcan carga de moto-- y también de alumbrado y/o aparatos de acuerdo con el artículo 6, deberán ser de calibre suficiente para la carga total del alumbrado y/o de aparatos más la corriente que corresponda a la carga de motores.

28.14.- Protección contra sobrecorriente de motores. Se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger motores, aparatos de control de motores y conductores de circuitos derivados que los abastezcan contra el -- calentamiento excesivo debido a sobrecarga de los motores.

28.15.- Motores para servicio continuo. Cada motor deberá protegerse contra sobrecarga de la manera siguiente:

- a) De más de 1 caballo de potencia.- La protección deberá asegurarse haciendo uso de uno de los medios siguientes.
  - Un dispositivo de sobrecorriente separado, que actúe -- por efecto de la corriente del motor.- La capacidad ó - ajuste de este dispositivo no deberá ser mayor del 140%

nominal a carga plena.

- Un dispositivo protector incluido en el motor que actúe por efecto de la corriente ó de la corriente y la temperatura.

b) De 1 Caballo de potencia ó menor, arrancado manualmente. Cada motor que se arranque manualmente podrá considerarse protegido contrasobrecorriente por el dispositivo de --- sobrecorriente que protege a los conductores del circuito derivado.

c) De 1 caballo de potencia ó menor, arrancado automáticamente. Deberá protegerse contra sobre corriente en la misma forma que los motores de más de 1 caballo de potencia, -- como se indica en a.

d) Secundarios de motor con rotor devanado.

Los circuitos secundarios de motor de corriente alterna - con rotor devanado, incluyendo conductores, controladores resistencias, etc. Se consideran protegidos contra sobre- corriente por el dispositivo de sobrecarga del circuito - primario del motor.

28.16.- Servicio intermitente.- Un motor que lleve carga intermitente ó variable se considera protegido contra sobre corriente por el dispositivo de sobrecorriente de circuito derivado, - si este se protege a no más de 400% de la corriente nominal a plena carga del motor como se indica en 28-25.

28.17.- Periodo de arranque.

Si es arrancado manualmente, la protección contra sobre carga puede excluirse del circuito durante el periodo de arranque siempre que el dispositivo que lo excluya no pueda dejar se en la posición de arranque. El motor podrá considerarse - protegido contra sobre corriente, durante el arranque, si se colocan en el circuito fusibles ó interruptores automáticos de acción retardada, con capacidad ó ajuste no mayor de 400% La protección contra sobre carga del motor no deberá supri-- mirse durante el periodo de arranque si el motor se --- arranca automáticamente.

28.18.- Fusibles.

Si se usan fusibles para la protección de sobrecarga del motor deberán intercalarse en cada conductor no conectado a - tierra.



28.19.- Dispositivos que no sean fusibles. La tabla siguiente señala en número mínimo de unidades de sobrecorriente, tales como -- bobinas de disparo, relevadores ó elementos térmicos, que se permiten y su colocación.

CLASE DE MOTOR	SIST. DE ABASTECIM.	NO. Y COLOCACION DE LAS UNIDADES - DE SOBRECORRIENTE
Monofásico ó de C.D.	Bifilar, monofásico ó de C.D. no conectado a tierra.	Uno, en cualquier conductor.
Monofásico ó de C.D.	Bifilar, monofásico ó de C.D. un conductor conectado a --- tierra.	Uno, en el conduc <u>tor</u> no conectado a tierra.
Monofásico ó de C.D.	Trifilar, monofásico ó de -- C.D., neutro conectado a --- tierra.	Uno, en cualquie <u>ra</u> de los dos con <u>ductores</u> no conec <u>tados</u> a tierra.
Trifásico	Trifilar, trifásico no conec <u>tado</u> a tierra.	Dos, en dos con <u>ductores</u> cua <u>les</u> quiera.
Trifásico	Trifilar, trifásico, un con <u>ductor</u> conectado a tierra.	Dos, en los con <u>ductores</u> no conec <u>tados</u> a tierra.
Trifásico	Trifilar, trifásico, neutro conectado a tierra.	Dos, en dos con <u>ductores</u> cuales <u>quiera</u> .
Trifásico	Tetrafililar, trifásico, neutro conectado ó no a tierra.	Dos, en dos con <u>ductores</u> cuales <u>quiera</u> , excepto - el neutro.

28.20.- Número de conductores desconectados por el dispositivo de -- sobrecorriente. Los dispositivos de sobrecarga del motor que no sean fusibles ó interruptores térmicos no polares, deberán desconectar simultaneamente todos los conductores no conectados a tierra.

28.21.- Arrancador de motor como protección contra sobre carga. Un arrancador de motor también puede servir como dispositivo de protección contra sobrecarga, si el número de unidades de sobrecorriente concuerda con lo indicado en la tabla de 28-19

28-22.- Protección contra corto circuito. El dispositivo que se use para proteger a un motor contra sobre carga, tal como un interruptor ó relevador térmico, no esta construido para interromper un corto circuito, deberá protegerse instalando, además, fusibles ó un interruptor automático con capacidad ó ajuste de no más de 400% la corriente nominal a plena carga del motor, a menos que el dispositivo de que se trate - este construido y aprobado para protegerse por fusibles ó - interruptor automático de mayor capacidad.

28.23.- Motores en circuitos con lamparas ó contactos. Cumplir con el art. 5, 28-26a, 28-15, 28-22.

28.24.- Protección contra sobrecorriente de circuitos derivados para motores. Disposiciones modifican ó suplementan a las -- disposiciones del art. 8.

28.25.- Capacidad ó ajuste para motor individual. El dispositivo de sobrecorriente de circuito derivado para un motor deberá - ser capaz de soportar la corriente de arranque, pero su -- ajuste no deberá exceder del 400% de la corriente a carga - plena del motor, exceptuando los motores de 4 amps. de -- corriente de plena carga, que se consideran protegidos por un dispositivo de protección contra sobre corriente del -- circuito derivado de 15 amps.

28.26.- Varios motores en un circuito derivado. Dos ó más motores - pueden conectarse al mismo circuito derivado, bajo las condiciones siguientes:

a) ~~En un circuito derivado de menos de 600 volts, entre conductores, protegido a no más de 20 amperes, se pueden -- conectar varios motores de no más de 1 caballo de potencia y de corriente nominal a carga plena que no exceda - de 6 amperes. La protección individual contra sobrecarga no es necesaria para dichos motores, a menos que su --- arranque sea automático, como se indica en la fracción - 28.15.~~

b) Dos ó más motores de cualquier potencia, cada uno con su protección contra sobrecarga, pueden conectarse a un circuito derivado, siempre que se cumpla con todas las condiciones siguientes:

b) Dos ó más motores de cualquier potencia, cada uno con su protección contra sobrecarga, pueden conectarse a un circuito derivado, siempre que se cumpla con todas las condiciones siguientes:

- I.- El circuito derivado debe estar protegido por fusibles que tengan una capacidad que no exceda de la especificada en la fracción 28-25 para el motor más grande conectado al circuito derivado, más las corrientes nominales a carga plena, de todos los demás motores conectados al circuito.
- II.- Cada dispositivo de sobrecarga y cada controlador de motor necesita será apropiado para instalarse con la protección contra sobrecorriente del circuito derivado, de acuerdo con la fracción 28-22.
- III.- Los conductores de cualquier derivación que abastezcan a un solo metro, no necesitan tener protección individual, siempre que cumplan con cualquiera de los requisitos siguientes: (1) que la corriente permisible en los conductores que vayan al motor no menor que la de los conductores del circuito derivado, ó (2) que la longitud de los conductores de la derivación no exceda de 10 metros, y que su corriente permisible no sea menor que la requerida para el motor según la fracción 28.10, ni menor que un tercio de la corriente permisible en el circuito derivado.

28-27.—*Protección combinada contra sobrecorriente.* La protección contra sobrecorriente, tanto del circuito derivado como la de sobrecarga del motor, pueden combinarse en un solo dispositivo de sobrecorriente, si la capacidad o el ajuste del dispositivo proporciona la protección contra sobrecorriente especificada en la fracción 28-15.

28-28.—*Dispositivos de sobrecorriente. Conductores en los que se colocan.* Deberá instalarse un dispositivo de sobrecorriente en cada conductor no conectado a tierra, de acuerdo con lo dispuesto en la fracción 8-5.

28-29.—*Capacidad de los interruptores automáticos.* Los interruptores automáticos para la protección de circuitos derivados para motor, deberán tener capacidad para conducir continuamente no menos del 115 por ciento de la corriente nominal a carga plena de los motores.

28-30.—*Derivaciones en puntos inaccesibles.* Si el punto de conexión de un circuito derivado para motores, a los conductores alimentadores, no es accesible, el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado puede colocarse donde sea accesible, siempre que se cumpla con alguna de las condiciones siguientes:

a).—Que los conductores entre el punto de derivación y el dispositivo de sobrecorriente, no sean más delgados que los alimentadores; o

b).—Que la longitud de los mismos conductores no sea mayor de 10 metros y su corriente permisible no sea menor de un tercio de la de los alimentadores.

*Protección contra sobrecorriente de los conductores alimentadores de circuitos derivados que abastezcan motores*

28-31.—*General.* Las disposiciones siguientes se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger los conductores alimentadores de circuitos derivados que abastezcan motores, contra sobrecorrientes debidas a cortocircuitos o a tierras.

28-32.—*Capacidad o ajuste para cargas de motores solamente.* Los conductores alimentadores de circuitos derivados que abastezcan a varios motores deberán tener una protección contra sobrecorriente que no sea mayor que la capacidad o ajuste del dispositivo protector del circuito derivado que tenga la protección mayor, más la suma de las corrientes a carga plena de los motores en los demás circuitos derivados.

Si la capacidad obtenida de acuerdo con el párrafo anterior no corresponde a un fusible o dispositivo de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior.

Si dos o más motores de un grupo necesitan arrancarse simultáneamente, puede ser necesario instalar conductores alimentadores de mayor sección y consecuentemente aumentar la capacidad o ajuste de la protección de sobrecorriente de los alimentadores.

28-33.—*Capacidad o ajuste para cargas de motores y de alumbrado o aparatos.* Si los conductores alimentadores abastecen cargas de motores y de alumbrado o aparatos, el dispositivo protector de sobrecorriente de los alimentadores no deberá exceder de la capacidad o ajuste suficiente para llevar la carga de alumbrado y/o aparatos, determinada de acuerdo con los artículos 5 y 6, más la capacidad que corresponda a los motores, de acuerdo con las fracciones 28-25 y 28-32, según se trate de un solo motor o de dos o más motores.

#### Circuitos de control a distancia

28-34.—*General.* Las modificaciones siguientes a los requisitos generales de este reglamento están destinadas a cubrir las condiciones peculiares que rigen a los circuitos de control a distancia.

28-35.—*Protección contra sobrecorrientes.* Los conductores de control pueden considerarse protegidos contra sobrecorriente por dispositivos que no sean del tipo de acción retardada y que tengan capacidad o ajuste no mayor que el 500 por ciento de la corriente permitida en los conductores según la fracción 11-4. Estos conductores pueden considerarse también protegidos por los dispositivos de sobrecorriente del circuito derivado, si se cumple con cualquiera de las condiciones siguientes:

a).—Que la capacidad o el ajuste del dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado no sea mayor que el 500 por ciento de la corriente permitida en los conductores del circuito de control;

b).—Que el dispositivo controlado y el punto o puntos desde los cuales se controla (botones de arranque y parada, control de presión, de temperatura, etc.), se encuentren sobre la misma máquina, o bien, que la distancia entre el dispositivo controlado y el punto o puntos de control no sea mayor de 15 metros;

c).—Que la apertura del circuito de control implique un peligro, como por ejemplo, el circuito de control de motores de bombas de incendio.

28-36.—*Protección mecánica de los conductores.* Donde un daño mecánico a un circuito de control a distancia constituya un peligro, todos los conductores de dicho circuito deberán instalarse dentro de ductos, o protegerse adecuadamente contra daño mecánico.

Se recomienda que los circuitos de control se dispongan de tal modo que una tierra accidental no origine el arranque del motor.

28-37.—*Desconexión.* Los circuitos de control deberán disponerse de tal modo que se desconecten de toda fuente de abastecimiento cuando el medio de desconexión a que se hace referencia en la fracción 28-47 esté en la posición de abierto, excepto cuando se use un interruptor separado para el circuito de control. Si se usa un transformador u otro dispositivo para obtener un voltaje reducido para los circuitos de control, dicho transformador o dispositivo deberá conectarse del lado de la carga de los medios de desconexión.

#### Arrancadores

28-38.—*General.* En general, todo motor de más de 10 caballos de potencia deberá estar provisto de un arrancador que reduzca su corriente de arranque, tal como un arrancador a voltaje reducido, o un controlador conectado al secundario del motor cuando éste sea del tipo de rotor devanado. Sin embargo, si porque los motores sean del tipo de baja corriente de arranque, o porque arranquen en vacío o con carga muy ligera y porque el sistema de alimentación lo permita, se encuentra que motores de más de 10 Cp. pueden arrancar a voltaje completo, sin producir trastornos o molestias para el propio sistema de alimentación ni para otros servicios suministrados del mismo sistema, podrán instalarse los motores para arranque directo a la línea, previo acuerdo entre el usuario y la empresa suministradora.

Cuando el arranque de motores a voltaje completo dé lugar a serios trastornos en la operación del sistema suministrador o en la calidad del servicio para otros usuarios (véase la fracción 2-18), motores de más de 2 Cp. podrán requerir un arrancador que reduzca la corriente de arranque.

En caso de desacuerdo entre el usuario y la empresa suministradora, se estará a lo que sobre el particular resuelva la Secretaría de Economía.

Para los efectos de este artículo, el término *arrancador* incluye a cualquier interruptor o dispositivo que se use normalmente para arrancar y parar un motor.

28-39.—*Capacidad.* Cada arrancador deberá ser capaz de arrancar y parar el motor que controla y, para un motor de corriente alterna, deberá ser capaz de interrumpir la corriente a rotor frenado:

a).—*Motor fijo de  $\frac{1}{2}$  de caballo de potencia o menos.* Para un motor fijo de  $\frac{1}{2}$  de caballo de potencia o menos, que normalmente se deje en marcha y que esté construido de tal modo que no pueda ser dañado por sobrecarga o falla en el arranque, como por ejemplo los motores de relojes y otros semejantes, puede servir como arrancador el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado;

b).—Motor portátil de  $\frac{1}{4}$  de caballo de potencia o menos. Para un motor portátil de  $\frac{1}{4}$  de caballo de potencia o menos, el arrancador puede ser una clavija y contacto;

c).—Interruptor automático como arrancador. Un interruptor automático puede usarse como arrancador. Cuando dicho interruptor automático se use también para protección contra sobrecorriente, deberá cumplir con las disposiciones de este artículo, referentes a la protección contra sobrecorriente.

28-40.—No necesitan interrumpir todos los conductores. Excepto cuando sirve también como medio de desconexión (véase la fracción 28-53), el arrancador no necesita interrumpir a todos los conductores conectados al motor.

28-41.—En conductores conectados a tierra. Un polo del arrancador puede colocarse en un conductor conectado a tierra permanentemente, siempre que este polo no pueda abrirse sin interrumpir simultáneamente a todos los conductores del circuito.

28-42.—Ubicación del arrancador. Cada motor y la maquinaria que impulse, deberán poderse ver desde la ubicación del arrancador, a menos que se cumpla con alguna de las condiciones siguientes:

a).—Que el medio de desconexión del arrancador pueda asegurarse en la posición de abierto;

b).—Que se coloque un interruptor accionable manualmente, que impida el arranque del motor, visible desde la ubicación de éste. Cuando se use control a distancia para el arranque del motor, el interruptor mencionado puede colocarse en el circuito de control a distancia.

Una distancia de más de 15 metros se considera equivalente a no estar visible.

28-43.—Número de motores servidos por cada arrancador. Cada motor deberá proveerse de un arrancador individual, excepto que para motores de 600 volts o menos, un solo arrancador puede servir a un grupo de motores, bajo cualquiera de las condiciones siguientes:

a).—Si varios motores mueven una sola máquina o aparato, como máquinas para trabajar metales y maderas, grúas, montacargas y aparatos semejantes;

b).—Si un grupo de motores está bajo la protección de un dispositivo de sobrecorriente, de acuerdo con el inciso 28-26a);

c).—Si varios motores están colocados en un solo local y son visibles desde la ubicación del arrancador.

Una distancia de más de 15 metros se considera equivalente a no estar visible.

28-44.—Motores de velocidad variable. Los motores de velocidad variable, si son controlados por medio de regulación del campo, deberán equiparse y conectarse de tal modo que no puedan arrancarse con un campo debilitado, a menos que el motor esté construido para ese arranque.

28-45.—Limitación de velocidad. Las máquinas de los tipos siguientes deberán estar provistas de dispositivos limitadores de velocidad, a menos que las características inherentes de las máquinas, del sistema, o de la carga, sean tales que limiten con seguridad la velocidad; o a menos que las máquinas estén siempre bajo el cuidado de un operador idóneo:

a).—Motores de corriente directa excitados separadamente;

b).—Motores de corriente directa con excitación en serie;

c).—Motogeneradores y convertidores, que puedan ser impulsados a velocidad excesiva del lado de corriente directa.

28-46.—Capacidad de portafusibles. La capacidad de una combinación de portafusibles y de interruptor, que se use como arrancador de motor, deberá ser tal que el portafusibles admita el tamaño de fusible adecuado para la protección contra sobrecorriente del motor.

#### Medios de desconexión

28-47.—General. Los motores y arrancadores deberán tener medios de desconexión, capaces de desconectarlos del circuito de acuerdo con las fracciones 28-48 a 28-57 siguientes.

28-48.—Tipo. El medio de desconexión deberá ser un interruptor manual, un desconectador o un interruptor automático, exceptuándose lo permitido en los incisos siguientes.

Se recomienda que en los desconectadores para motores, que no sean capaces de interrumpir la corriente a rotor frenado, se indique claramente: "No se abra con carga";

a).— $\frac{1}{8}$  de caballo de potencia o menos. Para motores fijos de  $\frac{1}{8}$  de caballo de potencia, el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado puede servir como el medio de desconexión;

b).—Motores portátiles. Para motores portátiles una clavija y contacto puede servir como el medio de desconexión.

28-49.—*Capacidad normal.* El medio de desconexión deberá tener capacidad para conducir continuamente por lo menos 115 por ciento de la corriente nominal a plena carga del motor.

28-50.—*Conductores conectados a tierra.* Un polo del medio de desconexión puede colocarse en un conductor conectado a tierra permanentemente, si este polo no puede abrirse sin desconectar simultáneamente a todos los conductores del circuito.

28-51.—*Indicación de posición.* El medio de desconexión deberá indicar claramente si está en la posición de abierto o cerrado.

28-52.—*Deberá desconectar tanto al motor como al arrancador.* El medio de desconexión deberá desconectar tanto al motor como al arrancador, de todos los conductores de abastecimiento no conectados a tierra. El medio de desconexión puede estar junto con el arrancador y aun dentro de una misma cubierta.

28-53.—*Interruptor como arrancador y medio de desconexión.* Un interruptor que cumpla con las disposiciones de la fracción 28-39 puede servir como arrancador y como medio de desconexión a la vez, si cumple con los siguientes requisitos:

a).—Si interrumpe a todos los conductores no conectados a tierra que alimenten al motor;

b).—Si está protegido por un dispositivo de sobrecorriente que (puede consistir de los fusibles del circuito derivado) interrumpe a todos los conductores no conectados a tierra, y

c).—Si es de uno de los tipos siguientes:

I.—Un interruptor en aire accionable a mano.

II.—Un interruptor automático accionable a mano.

III.—Un interruptor en aceite para no más de 600 volts entre conductores ni más de 100 amperes, o de mayor capacidad si está bajo vigilancia experta.

Los interruptores automáticos y de aceite especificados, pueden ser accionados tanto manualmente como por algún otro medio auxiliar; pero en este último caso, deberá poderse asegurar en la posición de abiertos.

El dispositivo de sobrecorriente que proteja el arrancador puede formar parte del mismo arrancador, o puede estar separado.

Un arrancador de tipo compensador no queda incluido en lo anterior y requerirá un medio de desconexión separado.

28-54.—*Interruptor de servicio como medio de desconexión.* Si una instalación consta de un solo motor, el interruptor del servicio puede servir como medio de desconexión, con tal de que cumpla con los requisitos de este artículo y que sea visible desde la ubicación del arrancador.

Una distancia de más de 15 metros se considera como no estar visible.

28-55.—*Ubicación del medio de desconexión.* El medio de desconexión deberá poderse ver desde la ubicación del arrancador, o deberá poderse asegurar en la posición de abierto.

28-56.—*Motores servidos por un solo medio de desconexión.* Cada motor deberá proveerse de un medio de desconexión individual, con las siguientes excepciones para motores de 600 volts o menos en que un solo medio de desconexión puede servir a un grupo de motores:

a).—Si varios motores mueven una sola máquina o aparato, como máquinas para trabajar metales o madera, grúas, montacargas, etc;

b).—Si un grupo de motores se encuentra protegido por un juego de dispositivos de sobrecorriente, como lo permite el inciso 28-26a);

c).—Si varios motores están en un solo salón, visibles desde la ubicación del medio de desconexión.

El medio de desconexión que sirva a un grupo de motores, deberá tener capacidad para conducir continuamente por lo menos 115 por ciento de la suma de las corrientes nominales a plena carga de todos los motores del grupo.

28-57.—*Accesibilidad.* El medio de desconexión deberá colocarse donde sea fácilmente accesible.

(N. del E.—Véase grabado a la vuelta.)

*Motores de más de 600 volt:*

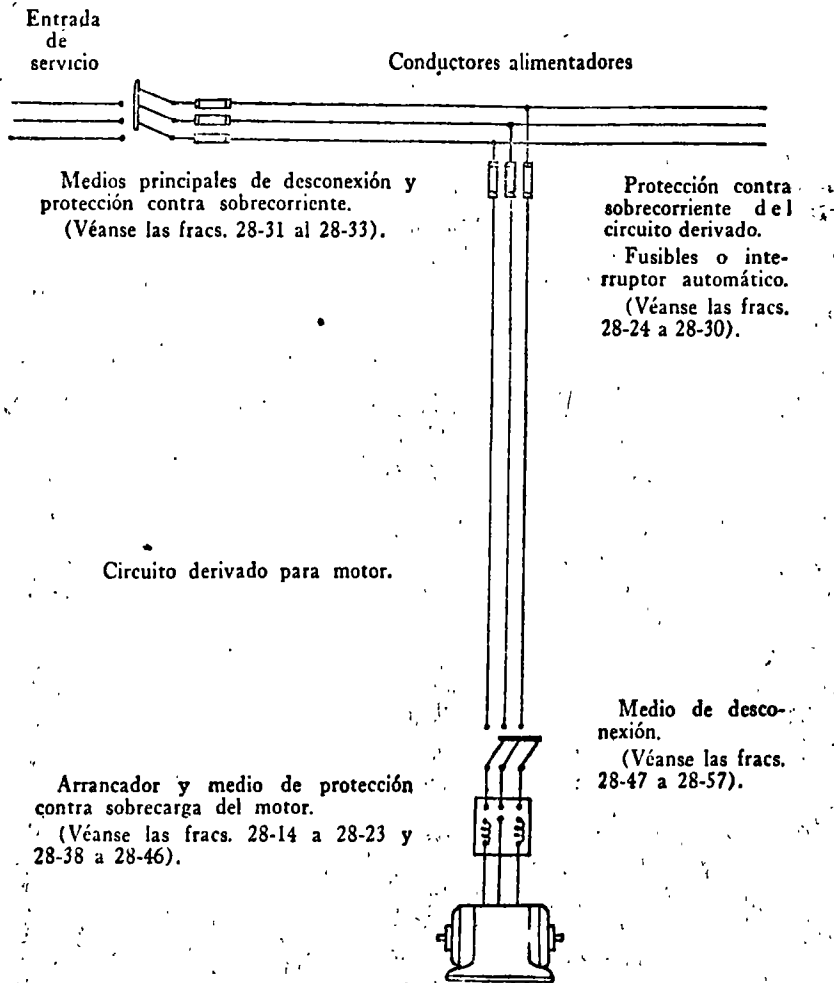
28-58.—*Requisitos para más de 600 volts.* Para motores de más de 600 volts entre conductores se aplicarán las disposiciones del presente artículo y las del capítulo X, en lo que les sea aplicable.

*Conexión a tierra*

28-59.—*Motores fijos.* Las armazones de motores fijos deberán conectarse a tierra, si existe cualquiera de las condiciones siguientes:

DIAGRAMA ILUSTRATIVO DE LA FORMA MAS COMUN  
DE CONECTAR UN MOTOR

(Para otras formas permitidas en diversos casos, véase el artículo 28).



a).—Si están situados en un lugar húmedo y no están protegidos por distancia o por resguardos;

b).—Si están en un local peligroso, véase el artículo 30;

c).—Si el motor funciona con cualquier terminal a más de 150 volts a tierra.

28-60.—*Motores portátiles.* Las armazones de motores portátiles que funcionan a más de 150 volts a tierra deberán estar resguardadas o conectadas a tierra. Véanse las fracciones 9-19 y 9-25.

Se recomienda que las armazones de motores que funcionen a menos de 150 volts a tierra, se conecten a tierra.

28-61.—*Método de conexión a tierra.* Donde se requiere la conexión a tierra, ésta deberá hacerse en la forma especificada en el artículo 9.



## DISEÑOS DE PROTECCION

### 2).- PROTECCION DE CARGAS.

El sistema de distribución de energía eléctrica debe proporcionar lo siguiente:

#### 1.- Energía eléctrica aprovechable.-

Los equipos que usan energía eléctrica, pueden tener características muy variadas que requieren condiciones de suministro definidas, tales como tensión, frecuencia, número de fases, corriente alterna ó corriente directa, regulación de tensión, etc.

#### 2.- Capacidad adecuada para suministrar energía en condiciones -- maximas de consumo.-

El sistema de distribución de energía eléctrica debe tener la capacidad necesaria para manejar la demanda máxima de la planta; por tanto, debe considerarse el incremento de la demanda debido a ampliaciones y cargas futuras.

#### 3.- Energía donde se requiere.-

Se usan ductos ó barras aisladas, así como también cable y conduit para distribuir la energía eléctrica a los puntos de consumo. Debe considerarse la adaptabilidad necesaria en estos componentes para tomar cargas futuras y para permitir cambios en la localización de dichas cargas.

#### 4.- Energía cuando se requiere.-

Se usan ductos ó barras aisladas, así como también de seguridad, así como contactores, también magnéticos, como las "valvulas" del sistema de distribución, para alimentar ó interrumpir la energía.

#### 5.- Protección para el personal de operación y mantenimiento.-

Es muy importante tomar en cuenta, al proyectar un sistema de distribución, la protección adecuada contra errores de operación, así como defensas que eviten el contacto accidental del personal con conductores y parte vivas de los elementos del sistema.

#### 6.- Protección automática a los circuitos para condiciones anormales de funcionamiento.-

Los dispositivos de protección de circuitos deben ser seleccionados de modo que interrumpan las sobrecargas ó cortos circuitos que pudieran presentarse.

I.-

PROPORCIONAR ENERGIA ELECTRICA APROVECHABLE

Las compañías suministradoras, generalmente, entregan la energía al cliente industrial en la forma en que esta es más económica para transmitirse. Muy a menudo la tensión de transmisión es mas elevada que la que el cliente puede usar. Una ventaja de la alta tensión de transmisión es que ocasiona pérdidas de transmisión minimas. Además, la tensión de transmisión alta representa otra ventaja para la C.F.E. y Cía. de Luz así como para el cliente: reduce la variación de tensión en el punto de utilización (la diferencia entre la tensión cuando no hay carga y la tensión cuando hay carga plena en el sistema).

Cuando se conectan las cargas al sistema, la tensión del mismo "cae". El bajo voltaje ocasiona que los motores se sobrecaliente y, por esa razón, fallen prematuramente. También es causa de que los equipos electrónicos funcionen erráticamente y, así mismo, da lugar a una baja eficiencia del alumbrado.

Por otro lado, cuando se desconectan las cargas del sistema, la tensión sube. El sobrevoltaje causará mayores exigencias en el mantenimiento del equipo electrónico, así como una reducción en la vida útil de las lamparas. Al conectar y desconectar las cargas al sistema, habrá variación en el voltaje. Estas variaciones causan cambios molestos en el nivel de alumbrado, aumentan el porcentaje de rechazo en las etapas de producción, así como otros efectos indeseables en el control de los procesos. Por consiguiente, una de las características principales que la energía eléctrica debe tener para que sea aprovechable, es que sea suministrada con una estabilidad adecuada de su tensión.

VI.-

PROPORCIONAR CAPACIDAD ADECUADA PARA SUMINISTRAR  
ENERGIA EN CONDICIONES MAXIMAS DE CONSUMO.

El sistema de distribución debe tener suficiente capacidad para satisfacer la demanda máxima. Sin embargo, un sistema que tiene apenas la capacidad necesaria en la actualidad será, muy probablemente, insuficiente en un futuro cercano. Puesto que -- las provisiones necesarias para el equipo del sistema de distribución y los circuitos correspondientes se incorporan al diseño del edificio, el cuál, una vez construido, es difícil modificar el pasar por alto la capacidad requerida en el futuro puede ser una omisión sumamente cara.

El uso de la electricidad en los edificios comerciales y en las plantas industriales esta creciendo a un ritmo muy acelerado, sin que puedan apreciarse signos de que decrezca en el futuro. Mayores cargas de alumbrado, nuevas máquinas de oficina y el equipo de aire acondicionado necesario para eliminar el calor adicional disipado en un edificio, contribuyen al crecimiento de la demanda en edificios comerciales.

Asimismo, el ritmo de crecimiento de la densidad de carga eléctrica, en áreas de manufactura es bastante similar, debido a las prácticas modernas de alumbrado con mayores niveles de iluminación, a máquinas más rápidas y al crecimiento de la automatización. La carga en las plantas industriales varia considerablemente, dependiendo del tipo de manufactura y grado de avance en los procesos; ya que al aumentar la productividad del trabajador, se aumentan las necesidades de energía eléctrica, resultando mayores demandas en las áreas de manufactura.

Un sistema con capacidad insuficiente es la causa de una mala regulación de voltaje, lo cuál ocasiona un alumbrado defectuoso, mayor mantenimiento, baja productividad del personal y del equipo y reducción en la vida útil del sistema de distribución y de las máquinas electricas. Además, la capacidad inadecuada de un sistema limita las posibilidades de modernizar las instalaciones y de usar equipo y máquinas modernas.

## III.-

PROPORCIONAR ENERGIA DONDE SE REQUIERE

Se usan ductos y cables en conduit para llevar la energía eléctrica a los aparatos que la usan. Los ductos se usan, principalmente, en sistemas de alta tensión, y el cable se emplea ampliamente en todos los niveles de tensión usados en sistemas de distribución.

Las Círc. suministradores transmiten la energía eléctrica desde puntos distantes en alta tensión entre los dos extremos de la línea. Los clientes industriales pueden reducir a menudo la caída de tensión ventajosamente en una manera similar, dividiendo la planta ó el edificio en "áreas de carga" y distribuyendo la energía a cada una de dichas áreas.

Como ya se ha dicho, las necesidades futuras deben preverse cuando se proyecta un sistema de distribución. En la misma forma, los cambios probables en la localización de las cargas debidos a modificaciones de los procesos de manufactura, así como a nuevas máquinas que representan cargas adicionales, -- deberán ser previstos. Una manera conveniente de proporcionar la flexibilidad necesaria en un sistema de modo que satisfaga los cambios en forma económica.

- e).- MEDIO DE CONTROL. 1) Dispositivos de control para alumbrado.  
Circuitos alimentadores.

#### IV.- PROPORCIONAR ENERGIA CUANDO SE REQUIERE.

La "valvula" del sistema eléctrico de distribución es el interruptor ó el contactor. Con objeto de suministrar la energía eléctrica cuando se necesita, estos dispositivos deben llevar las siguientes funciones:

- A) Conducir la corriente normal del circuito sin sobrecalentarse.
- B) Desconectar sin peligro el circuito bajo condiciones normales ó anormales a voluntad del operario.

#### CONDUCCION DE LA CORRIENTE.-

La capacidad normal de un dispositivo de conducir la corriente del circuito esta determinada, principalmente, por el limite de temperatura de operación permitida para dicho dispositivo. Los aparatos para protección de circuitos son también conductores y, por tanto, actúan como tales; la corriente que fluye por ellos eleva su temperatura. Puesto que los cambios instantaneos de la intensidad de la corriente que circula por los dispositivos no producen a su vez cambios instantáneos en la temperatura de los mismos, los aparatos de protección de circuitos pueden manejar sobrecargas momentaneas. Es por esta razón por lo que estos aparatos pueden satisfacer las condiciones de sobrecarga que exceden su capacidad de trabajo continuo las cuales se presentan debido al arranque de los motores, características de los ciclos de operación de los motores y a la corriente inicial de lamparas ó dispositivos electromagnéticos. Desde el punto de vista de operación, los incrementos momentaneos de corrientes, debidos a las causas anteriores, se consideran normales y el dispositivo de protección del circuito debe tener la capacidad suficiente para manejarlos.

#### INTERRUPCION DE LA CORRIENTE.-

Básicamente, en todos los circuitos eléctricos, la corriente no deja de fluir en el instante en que el interruptor se abre. La inductancia del circuito obliga a la corriente a continuar circulando a través del claro formado por los

contactos del interruptor en la forma de un arco eléctrico. - Conforme los contactos del interruptor se abren, el arco se hace mas largo y, finalmente, se extingue debido a que la tensión es insuficiente para sostenerlo.

El interruptor básico de navajas se abre y se cierra a una velocidad que depende de la rapidez con que lo accione el operario. A pesar de que a este tipo de interruptor se le clasifica con una capacidad de conducción continua de corrientes este no tiene clasificación ó especificación de corriente al cerrar ó al abrir las cuchilla. Los dispositivos que pueden abrir y cerrar con carga, se diseñan generalmente de modo que sus contactos abran ó cierren a una velocidad que es independiente de los movimientos del operario. Para lograr este efecto, los mecanismos de dichos dispositivos se llaman "contacto rápido, apertura rápida", ó mecanismos de "energía acumulada" La acción del mecanismo se lleva a cabo acumulado energía en un resorte, la-cuál es entonces liberada cuando se requiere para abrir ó cerrar los contactos rápidamente.

El contactor para arrancadores magnéticos debe ser capaz de llevar a cabo su operación en forma rápida, confiable y repetidamente. Muy a menudo, debe abrir y cerrar sus contactos bajo carga eléctrica muchos miles de veces durante su vida útil. Este tipo de contactor debe soportar interrupciones de corriente que sean hasta seis veces la corriente normal de trabajo que es lo que ocurre cuando el motor que controla se sobrecarga ó se atora.

En el caso del interruptor de "contacto rápido" y apertura rápida, la velocidad de cierre y de apertura de los contactos del arrancador magnético son también independientes del operario. En los arrancadores magnéticos, el cierre rápido se obtiene por medio de un conjunto electromagnético y en los arrancadores manuales por un mecanismo de resorte, semejante al que se usa en un apagador ordinario. La operación rápida en estos arrancadores manuales se obtiene liberando la energía de un resorte ó por la acción de dicho mecanismo usado en los apagadores.

El interruptor termomagnético ó el interruptor de cuchillas que se usan en un arrancador combinado no es normalmente accionado por el operario para cerrar ó abrir el circuito del motor que controla. En este caso los dispositivos mencionados se usan para desconectar el circuito de carga cuando se va a hacer una reparación al equipo, dando así protección al electricista. Asimismo su función es proporcionar, además, la protección al circuito contra cortos circuitos. Sin embargo, el interruptor termomagnético ó de cuchillas puede ser cerrado por algún descuido bajo condiciones de corto circuito y rápidamente abrirlo antes de que el fusible haya tenido tiempo de fundirse. También puede ocurrir que el dispositivo sea abierto bajo condiciones, tales como circuito de alumbrado, es normal que los interruptores abran y cierren con carga, por lo que en dichas aplicaciones existe también la posibilidad de que el interruptor se cierre ó se abra bajo condiciones de sobrecarga ó corto circuito. En todos estos casos, el interruptor termomagnético ó de cuchillas debe ser capaz de operar satisfactoriamente y con seguridad, sin riesgo alguno de daños al equipo ó a los operarios. Los dispositivos de protección de circuitos que han sido satisfactoriamente probados y que pueden satisfacer las condiciones de trabajo arriba indicadas, son los siguientes:

Interruptores termomagnéticos en caja moldeada.

Combinaciones de interruptores termomagnéticos y fusibles.

Limitadores de corriente.

Interruptores de cuchillas combinados con fusibles.

V.- PROPORCIÓN Y PROTECCIÓN PARA EL MANEJO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.

La satisfacción de los cuatro fundamentos de la seguridad en las aplicaciones de equipo eléctrico reducen grandemente el número de accidentes que resultan en quemaduras y electrocuciones.

Dichos fundamentos son los siguientes:

- A) El uso de equipo de interrupción con capacidad adecuada para interrumpir el suministro de energía a todos los circuitos bajo cualquier condición normal ó de emergencia que pudiera presentarse. Algunos dispositivos de interrupción, tales como interruptores de los vias, de transferencia, etc., pueden ser usados, aunque no tienen capacidad interruptiva, siempre y cuando sean dotados de un enclavamiento ó controlizado adecuado que no permita la apertura de estos dispositivos bajo carga.
- B) Ponganse todos los partes dentro de un gabinete metálico, el cuál debe estar conectado a tierra.
- C) Ponganse a tierra todas las partes de las máquinas y aparatos eléctricos.
- D) No se haga ningún trabajo en equipo eléctrico que este energizado, cualquiera que sea la tensión.

Los primeros dos fundamentos de seguridad se satisfacen automáticamente cuando se especifica el equipo adecuado y se instala nuevo. Para satisfacer la tercera parte, se requiere poner en práctica los procedimientos adecuados de instalación. Y, para satisfacer la cuarta parte, basta con definir y poner en práctica, en las y procedimientos de mantenimiento adecuados.



## VI.-

PROPORCIONAR PROTECCION AUTOMATICA A LOS CIRCUITOS  
AL OCURRIR CONDICIONES ANORMALES DE FUNCIONAMIENTO

Las dos condiciones anormales más comunes son:

- A) Sobrecarga
- B) Corto circuito

Una sobrecarga ocurre cuando el equipo toma demasiada corriente durante un periodo de tiempo demasiado largo. Esta condición puede ser ocasionada por la operación defectuosa del equipo (tal como un motor con su rotor bloqueado), ó por la operación simultánea de un número anormal de aparatos eléctricos en un sistema de distribución.

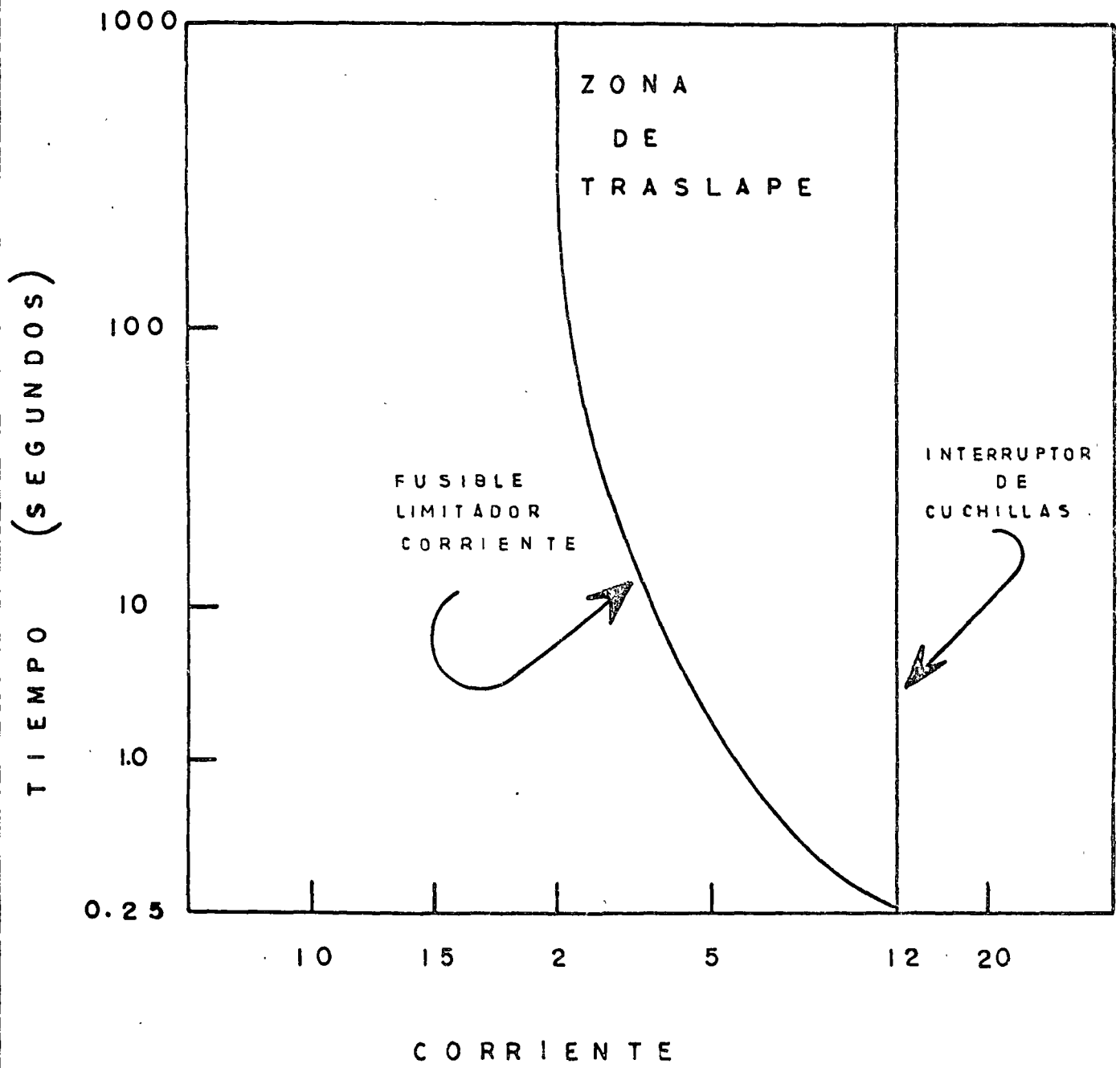
Un corto circuito se presenta cuando una falla de aislamiento entre conductores ó entre un conductor y tierra. Se ha mencionado que los interruptores se usan para conectar y desconectar la energía eléctrica a voluntad del operario. Los interruptores termomagnéticos se usan también para proteger automáticamente contra condiciones anormales a los circuitos que alimentan. Puesto que los interruptores de cuchilla son operados exclusivamente por el personal, es natural que no abran automáticamente bajo condiciones anormales del circuito. Por consiguiente, normalmente se usan fusibles conjuntamente con este tipo de interruptores, los cuales proporcionan la protección automática requerida.

El interruptor ó los fusibles, cuyas capacidades son insuficientes, pueden ser precisamente la causa de consecuencias que pueden ser más serias que la falla eléctrica, tales como un incendio, destrucción del equipo ó lesiones al personal. Por tanto, en tratándose de dispositivos de protección de circuitos, es esencial seleccionarlos con características adecuadas. El dispositivo de protección de circuitos, cuyas características no satisfacen los requerimientos del circuito, puede ser comparado con los frenos defectuosos de un automóvil. Pueden ser capaces de funcionar correctamente en paradas normales, pero en caso de una emergencia verdadera, la destrucción y el daño que pueden causar son enormes.

La cantidad de energía involucrada cuando un dispositivo de protección de circuitos no es capaz de interrumpir la corriente de corto circuito ó de sobrecarga puede ser tan grande que haga estallar en pedazos al dispositivo mismo dando lugar a un desastre.

En un interruptor termomagnético, electromagnético, ó sumergido en aceite, los contactos que abren y cierran la corriente normal son los mismos que interrumpen las sobrecargas y las corrientes de corto circuito. En la combinación de un interruptor de seguridad de cuchillas y de fusibles, el interruptor se usa de ordinario para las operaciones normales y los fusibles se encargan exclusivamente de la protección automática. Sin embargo, el interruptor puede estar sujeto a sobrecargas considerables. Considerese, por ejemplo, que ocurre un corto circuito en un ramal cuyo alimentador está abierto. Al cerrar el interruptor del alimentador, el operario se da cuenta de la falla y abre el interruptor antes de que el fusible se funda. El operario debió permitir al fusible liberar la falla usando su buen juicio, sin embargo en tal emergencia el personal puede actuar instintivamente en forma incorrecta. Puede ser también que el operario no esté enterado sobre que hacer en esa emergencia. En los interruptores con mecanismos de "energía acumulada" ó de "acción rápida", el tiempo mínimo de reacción del operario que transcurre para cerrar y abrir el interruptor es de aproximadamente un cuarto de segundo. Durante este lapso de tiempo, algunos fusibles pueden dejar pasar hasta quince veces su capacidad de corriente antes de que su elemento llegue a la temperatura de fusión. En este caso, las cuchillas del interruptor más bien que los fusibles, han interrumpido el corto circuito.

Cuando un interruptor de cuchillas tiene esta capacidad, se conoce con el nombre de interruptor desconectador. Un interruptor desconectador combinado con fusibles es un equipo que está debidamente coordinado.



( NUM. DE VECES LA CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR )

CAP. INT. MAX. 200000 AMPS. RMS/SIM

FIG - Nº 1

Como se ilustra en la fig. 1, la capacidad interruptiva de las cuchillas del interruptor excede el valor máximo de la corriente que debe interrumpir, puesto que el fusible limitador operará con corrientes por abajo de dicha capacidad.

Debido a que las diferentes clases y marcas de fusibles tienen características diferentes, deben usarse únicamente equipos combinados que hayan sido decididamente aprobados por sus fabricantes. Un interruptor combinado que no está debidamente coordinado puede estallar al ser usado en tal emergencia, cuando el operario está parado frente a él.

En otros casos se usan interruptores termomagnéticos combinados en forma coordinada con fusibles, con objeto de suministrar protección completa a aquellos sistemas que requieren una gran capacidad interruptiva. El interruptor termomagnético interrumpe cortos circuitos de pequeña cuantía, mientras que los fusibles se hacen cargo de los grandes cortos circuitos según se muestra en la figura 2.

Los interruptores automáticos, así como los fusibles deben ser adecuadamente seleccionados para que puedan interrumpir con seguridad las sobrecargas y los cortos circuitos que puedan presentarse. Estos dispositivos tienen dos capacidades de corriente, debiendo verificarse ambas y ser seleccionados:

- A) Capacidad continúa de corriente. Esta determinada por la carga normal máxima.
- B) Capacidad interruptiva. Esta determinada por la capacidad de corto circuito disponible en el punto del sistema en que se instala el interruptor.

La capacidad interruptiva (o capacidad de corto circuito) que debe tener el dispositivo protector está determinada por el sistema de distribución y no por la carga. Un tubo de agua que se ha roto es semejante a un corto circuito (FIG. 3). El gasto del agua que escapa es una función de la capacidad del depósito, de la presión del agua y del diámetro y la longitud del tubo que llega a la rotura. En un sistema eléctrico de

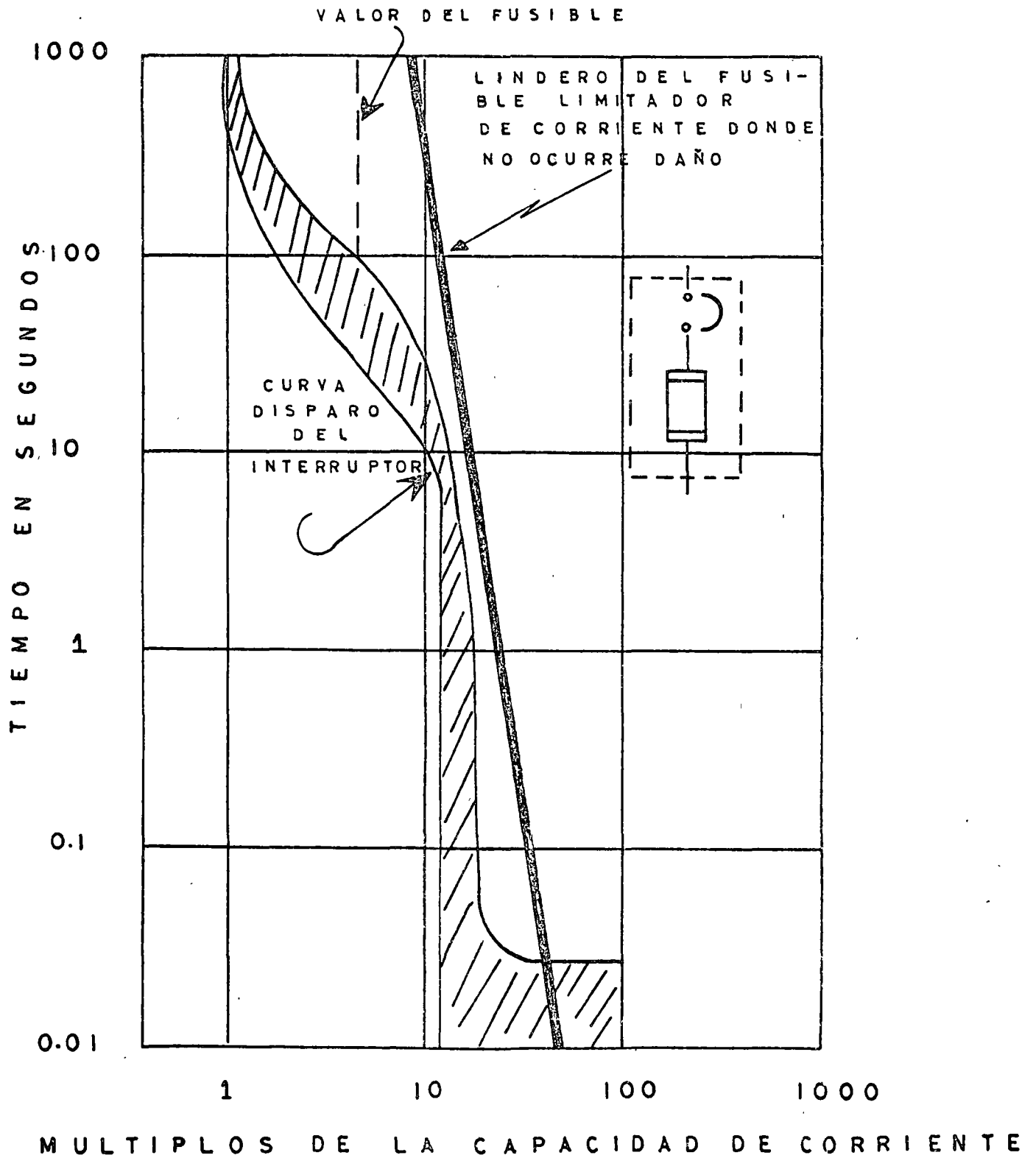
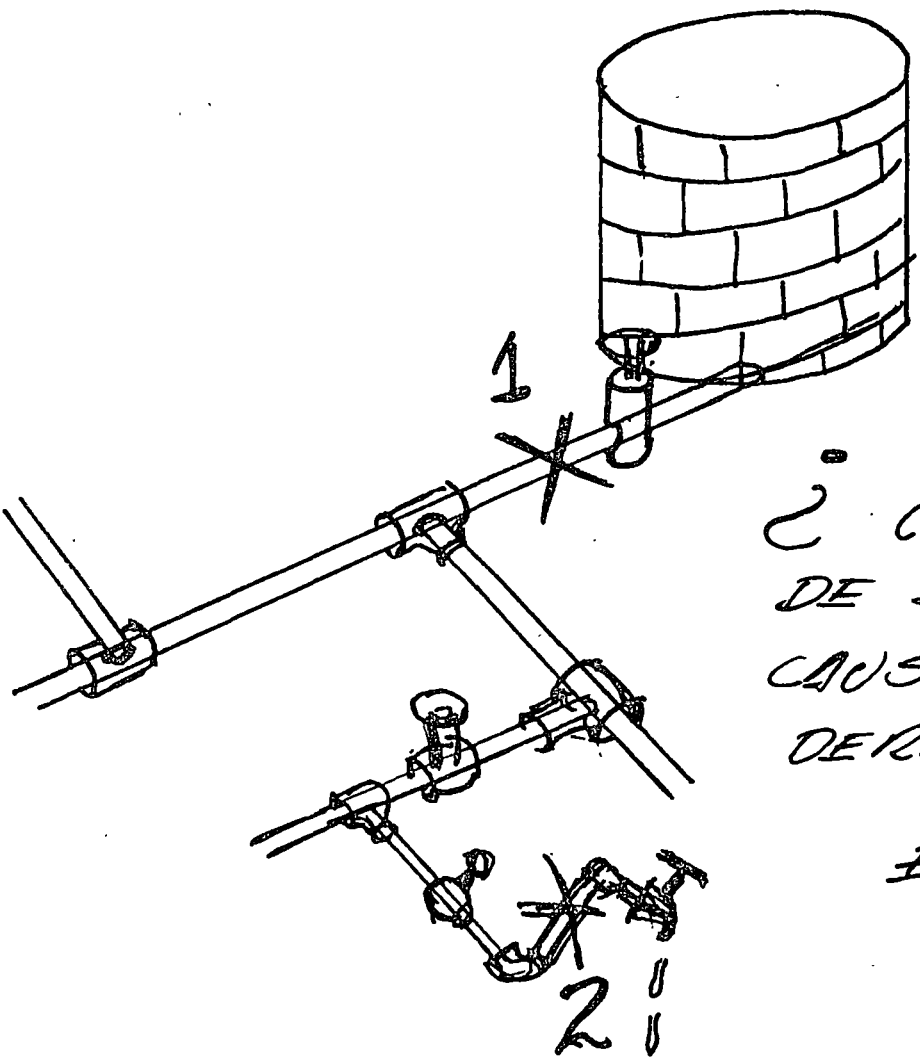


FIG Nº 2



¿ CUAL ROTURA  
 DE LA TUBERIA  
 CAUSARA EL MAYOR  
 DERRAME DE AGUA?  
 EN "1" O "2" .

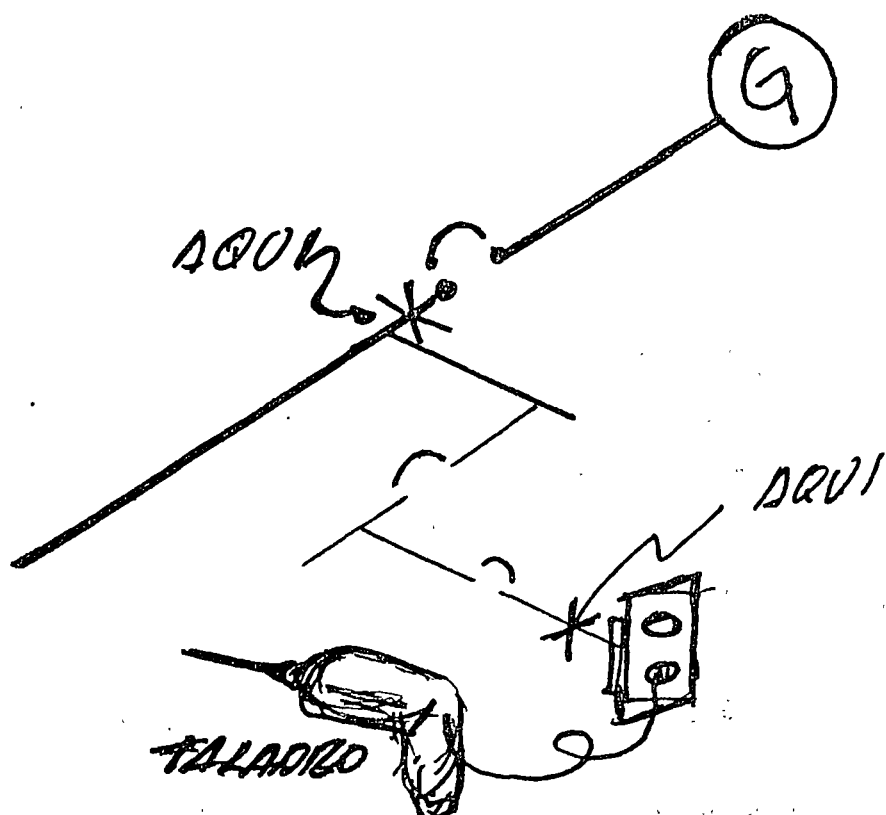


FIG. N° 3

distribución la magnitud posible de la corriente de corto circuito esta determinada por la capacidad del sistema de distribución, de la tensión eléctrica (PRESION), del tamaño de los equipos (tales como ductos, cables, transformador) y la longitud física de los ductos y los cables (largo de la tubería) hasta el punto del corto circuito. Por tanto en los sistemas eléctricos la capacidad interruptiva requerida se determina por la corriente de corto circuito disponible en el lugar en que se encuentra instalado el dispositivo de protección del circuito.

Como un ejemplo sencillo, considerase la figura 4. Las cifras que se muestran en dicha figura han sido seleccionadas para facilitar el cálculo, más bien que como ejemplos de características reales en sistemas de distribución.

La impedancia que limita el flujo de la corriente de carga normal es principalmente la impedancia inerte del motor cuyo valor es 20 OHMS. Al ocurrir un corto circuito en el punto "F", la única impedancia que limita el flujo de la corriente de corto circuito es la impedancia del transformador de 0.1 OHMS comparada con 20 OHMS del motor. Por consiguiente, la corriente de corto circuito es:

$20 / 0.1 = 200$  veces la corriente normal = 1000 Amps.

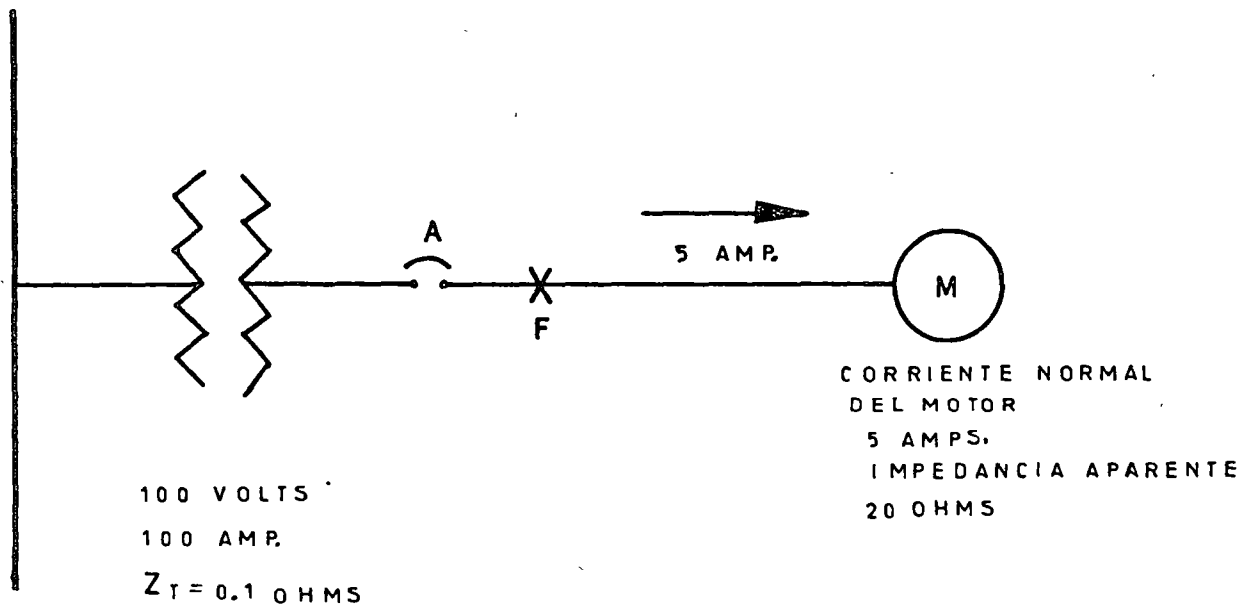
A menos de que el interruptor "A" sea capaz de interrumpir 1000 Amps., la corriente de corto circuito continuará circulando, causando grandes perjuicios.

#### DONDE SE ORIGINAN LAS CORRIENTES DE CORTOS CIRCUITOS

Cuando se calcula el corto circuito disponible, es de extrema importancia que todas las fuentes que contribuyen al corto circuito se tomen en cuenta, y que asimismo, las reactancias de estas fuentes sean determinadas.

Hay tres fuentes básicas que contribuyen a la corriente total de corto circuito:

- 1.- Generadores.
- 2.- Motores sincrónicos, convertidores sincrónicos y convertidores sincrónicos.



LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO  $\frac{20}{0.1} = 200$  VECES LA CORRIENTE NORMAL  $200 \times 5 = 1000$  A.C.C.

$$\frac{E}{Z_T} = \frac{100}{0.1} = 1000 \text{ AMPS.}$$

SI EL INTERRUPTOR "A" ES CAPAZ DE INTERRUMPIR 1000 AMPS. CORTARA EL CIRCUITO Y NO CAUSARA DAÑOS

FIG. No 4



### 3.- Motores de inducción.

#### PROTECCIÓN DE SOBRECARGAS

Como ya se mencionó anteriormente, en la mayoría de los casos, la principal función protectora de un dispositivo protector de circuito es precisamente la de proveer protección adecuada a los elementos del mismo. El interruptor termomagnético de un arrancador magnético para motores, por ejemplo, se provee principalmente para dar protección de corto circuito. Sin embargo, se incluye comúnmente otro dispositivo de protección que evita que el equipo de utilización se dañe debido a sobrecargas. El arrancador de un motor, por ejemplo, lleva incorporados unos relevadores térmicos de sobrecarga, generalmente del tipo que tienen un elemento bimetálico. -- Cuando el motor sufre una sobrecarga, la corriente que toma aumenta excesivamente, la cuál, al circular por los relevadores de sobrecarga, calienta el elemento bimetálico después de cierto tiempo, a la temperatura que hace que este abra los contactos del relevador, deteniendo en esta forma el funcionamiento del motor. Con objeto de que la protección contra sobrecarga del motor sea efectiva, esto debe ocurrir antes de que el aislamiento del motor llegue a una temperatura que lo perjudique. En un sistema de distribución, los motores, los arrancadores y los cables se seleccionan con capacidad suficiente para manejar las corrientes de trabajo normales, sin sobrecalentarse. La corriente normal de trabajo normales, sin sobrecalentarse. La corriente normal de trabajo no esta limitada al valor máximo continuo del motor ó de cualquier otra carga, sino que incluye ciertos incrementos en exceso de la corriente normal, tales como los que ocurren durante el arranque del motor. Puesto que los motores toman aproximadamente seis veces su corriente normal durante el arranque, pueden sobrecalentarse y dañarse si por alguna razón no pueden arrancar, ó aún si se período de aceleración resulta demasiado largo, a menos de que se desconecten del sistema. Asimismo, los elementos del circuito que alimentan el motor se sobrecalientan, lo cuál puede ocasionar daños a los aislamientos, cuando la energía cortos circuitos e incendios a menos de que la carga se desconecte.

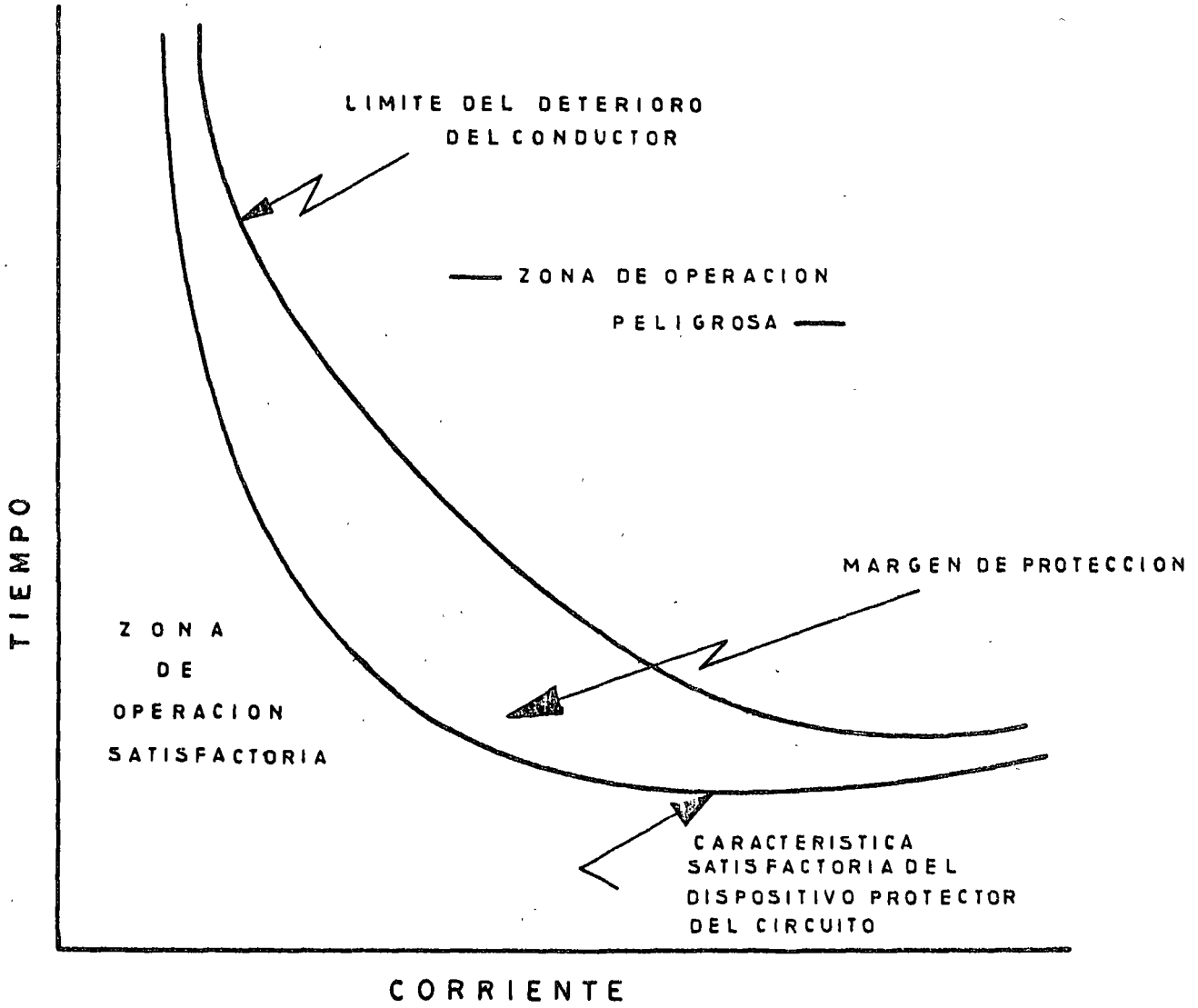


FIG. No 5

Cuando un circuito alimenta varias cargas, este puede sobrecalentarse si todas ellas experimentan su demanda máxima al mismo tiempo. Esta condición es semejante a la que se presentaría si se conectarán demasiados aparatos domésticos simultáneamente a los enchufes de una casa. Los circuitos no se calculan normalmente con exactitud suficiente para manejar todas las condiciones extraordinarias de carga, tales como las que se han mencionado debido al costo adicional que tendrían. Por consiguiente, el circuito debe estar protegido contra la posibilidad de que dicha contingencia se presente y, como resultado, la característica de disparo por sobrecorriente. Esta característica debe estar al lado izquierdo de la curva de operación segura de los conductores del circuito, como se muestra en la figura 5, de modo que el circuito, se desconecte precisamente antes de que sus conductores se sobrecalienten.

Una función muy conveniente que debe darse al proteger un circuito es la de proveer "una segunda línea de defensa", la cuál deberá operar en caso de que la protección primaria no funcione, ó en el caso de que la corriente exceda la capacidad de la protección primaria. Un interruptor que se combina con un arrancador magnético, proporciona esta función de protección secundaria. Por ejemplo, su característica de tiempo de disparo ó de fusión se selecciona de modo que interrumpa la sobrecorriente del motor solamente en el caso de que el relevador térmico de sobrecarga no funcione. Este tipo de protección es la de que este no dispare innecesariamente.

El hecho de que ocurran disparos innecesarios puede ser causado por que se ha usado un dispositivo protector de circuitos cuya capacidad continua de corriente no es adecuada para conducir la corriente a plena carga del circuito en temperaturas ambientes más elevadas que la temperatura ambiente de calibración original. También puede presentarse esta condición como resultado de la falta de coordinación de las características de disparo ó de fusión de los dispositivos protectores usados.

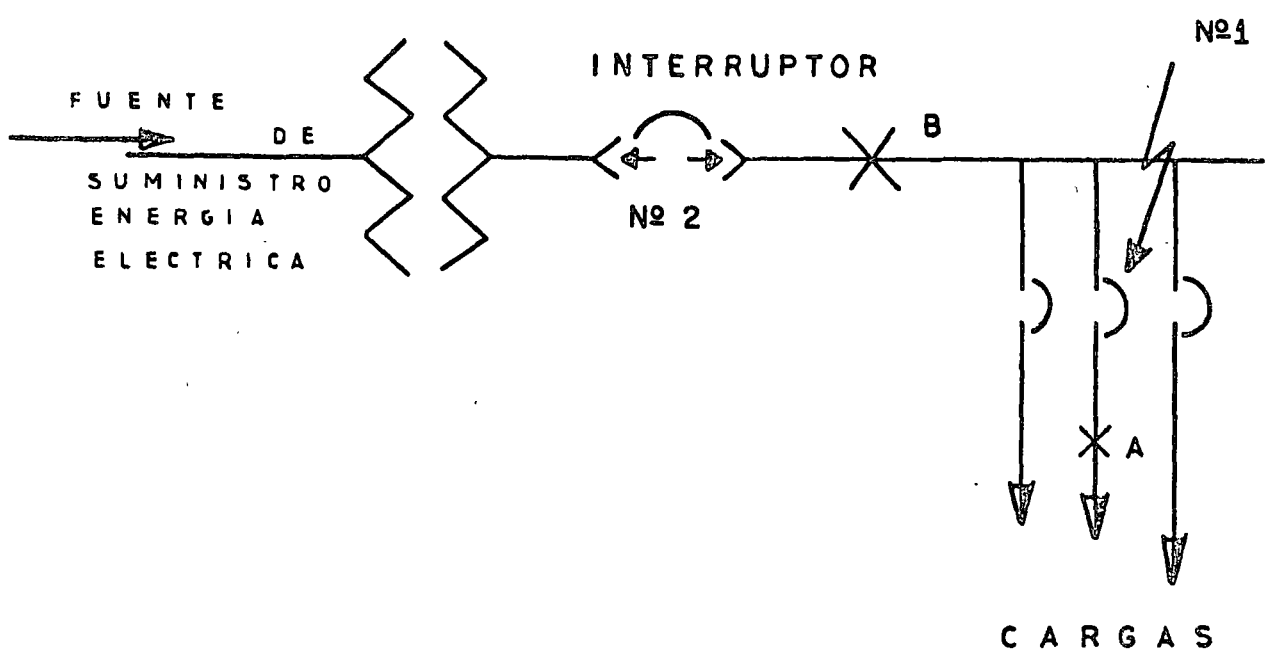


DIAGRAMA UNIFILAR DE UN ALIMENTADOR Y SUS CIRCUITOS DERIVADOS

FIG - No 6

En este último caso, tomese como ejemplo el arreglo de los interruptores mostrado en la fig. 6. El interruptor No. 1 se ha seleccionado con la capacidad suficiente para interrumpir una falla en "A". Por consiguiente, el interruptor No. 2 debe tener una característica tal que no abra al ocurrir dicha falla en "A", excepto si es necesario que opere como protección de respaldo, de modo que la energía continuará siendo alimentada a los circuitos que no tienen falla. Pero una falla en "B", el interruptor No. 2 debe interrumpirla. Cuando este interruptor abre como se explica en este ejemplo, se dice que es "selectivo" y por consiguiente, que está coordinado con el interruptor No. 1.

La coordinación entre interruptores es más comprensible cuando las curvas características de tiempo y corriente, que pueden obtenerse de los fabricantes, se comparan gráficamente.

#### DESCRIPCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION.-

En la figura 7 se muestran esquemas y dibujos que comúnmente se usan en edificios comerciales y plantas industriales. A simple vista, puede solamente apreciarse una porción relativamente pequeña del total de las componentes que forman el sistema de distribución. Ocultos en las paredes, bajo el piso y en los techos se encuentran los cables y los ductos que conducen la energía eléctrica a las diferentes partes del sistema. Los gabinetes metálicos de las instalaciones modernas dificultan en cierto grado la identificación de los varios dispositivos que se encuentran instalados dentro de los mismos. Es por tanto necesario para el Ingeniero el contar con algún esquema ó cuadro que muestre el arreglo del circuito, el número de fuentes de energía, el tipo y tamaño de los alimentadores, la capacidad de los motores, los niveles de tensión eléctrica y otros muchos datos que describen con toda precisión a los sistemas eléctricos. Dicho "cuadro" da las respuestas a preguntas tales como, "¿Qué equipo será desenergizado cuando este interruptor se opere?" ó así mismo "¿Puede alimentarse este motor desde otra fuente de energía?".

El "cuadro" ó esquema que permite al ingeniero entender el sistema de distribución se conoce con el nombre de diagrama unifilar. Se le llama "unifilar", debido a que en él todos los conductores de cada circuito se representan con una sola línea, independientemente de que se trate de un sistema monofásico ó de uno trifásico. Se usan diferentes símbolos en los diagramas unifilares, los cuales identifican en forma específica a los equipos eléctricos del sistema.

La línea que llega desde la fuente de energía termina en una mufa de donde pasa a un transformador a través de un -- interruptor desconectador. Del secundario del transformador, un interruptor deslizando alimenta a cuatro interruptores en aire también deslizantes, uno de los cuales es de reserva. De la izquierda a la derecha el primer alimentador suministra -- energía a un centro de control para motores, en el cuál se -- encuentran agrupados varios arrancadores magnético combinados. El segundo alimentador está conectado a los bombillos de alumbrado por medio de un ducto, uno de ellos es de emergencia, por -- medio de un interruptor fusible, el otro a través de un -- interruptor fusible y un transformador.

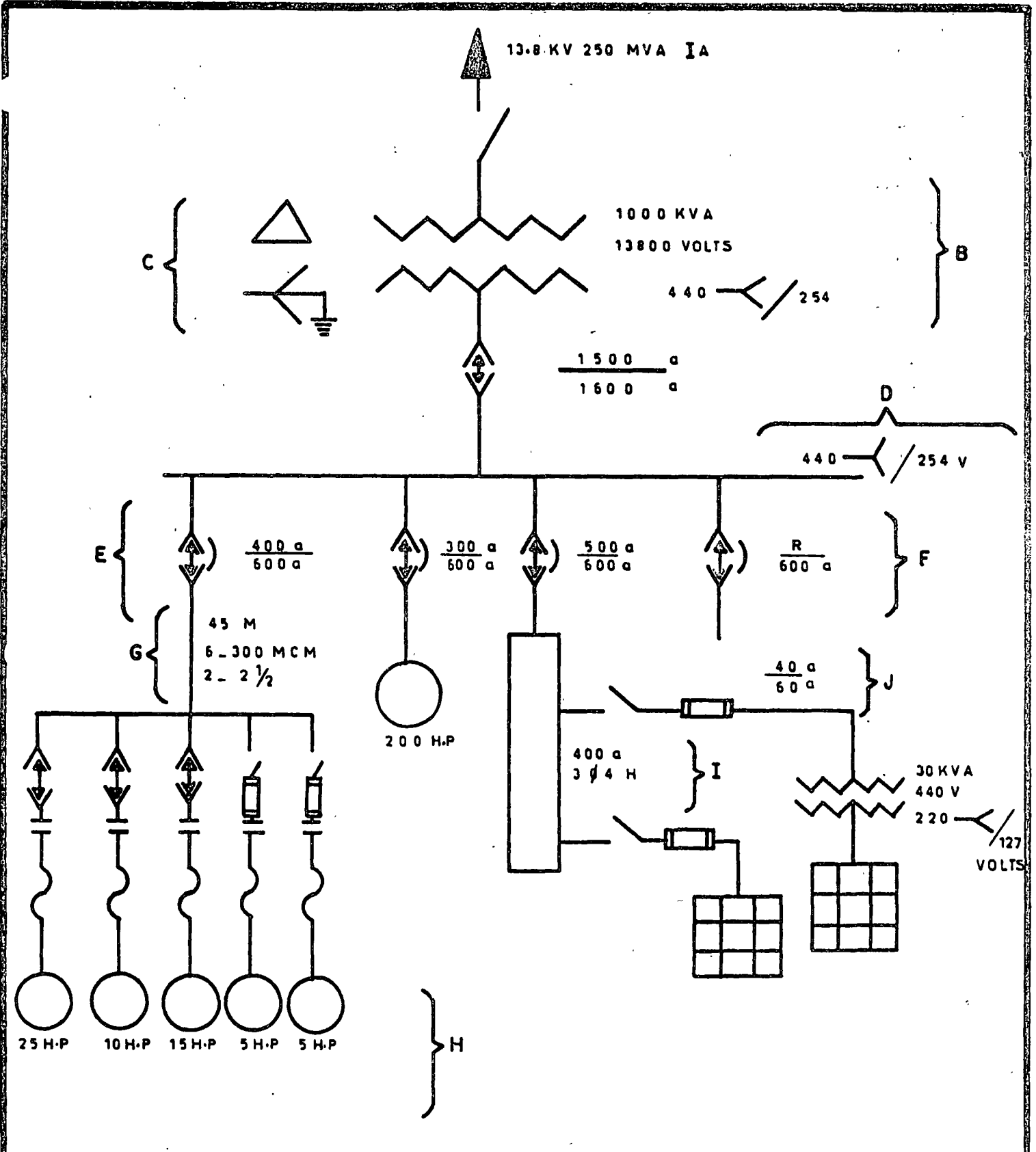


DIAGRAMA UNIFILAR

FIG. No 7

- A.- Esta nota indica que el nivel de la tensión eléctrica de la -- fuente de energía es 13.8 kv (13,800 voltios) y que al ocurrir un corto circuito firmemente entre las tres fases del alimenta-- dor de 13.8 kv, se presentará una energía de corto circuito - con valor de 250 mva (250,000 kva) disponible en el sistema de alimentación. Este valor corresponde aproximadamente a 10,500 amperios en 13.8 kv. Esta información determina la selección - de los dispositivos de protección en ambos lados del transfor- mador.
- B.- Estas cifras definen las características del transformador -- siendo este de 1,000 kva, con primario de 13.8 kv. Y secunda-- rio de 440 voltios entre líneas conectado en estrella y con - 254 voltios entre línea y neutro.
- C.- Estos simbolos indican que el transformador está conectado en delta en el primario y estrella en el secundario, cuyo neutro está conectado FIRMEMENTE a tierra.
- D.- Estas cifras identifican el nivel de tensión eléctrica del sis-- tema.
- E.- Estas designaciones identifican la capacidad de los interrupto-- res. La cifra 600, abajo de la línea, indica el tamaño del mar-- co del interruptor y la cifra 400, arriba de la línea, indica el valor de la corriente de disparo del elemento de operación. Debido a que hay considerable superposición entre las caracte-- rísticas disponibles de corriente para los distintos tamaños - nominales de interruptores en el mercado, estas cifras se re-- quieren para dar una descripción completa de los interruptores usados.
- F.- Este es un interruptor de reserva, con un marco de 600 ampe-- rios, para el cual las bobinas de disparo no han sido seleccio-- nadas.



- G.- Este es un alimentador que consiste en seis cables de 300 MCM, dos por fase, en dos conduits de 2 1/2 pulgada. El alimentador es de 45 MTS. de largo.
- H.- Indica las capacidades de los motores.
- I.- Indica la capacidad del ducto la cuál es de 400 amperios, tres fases, cuatro hilos.
- J.- Está anotación da la capacidad del fusible (40 amps.) y la del interruptor es, normalmente, la inmediata superior estandar con respecto al fusible, a menos de que pueda obtenerse un interruptor cuya capacidad sea la misma que la del fusible.

2).- DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA FUERZA. CIRCUITOS ALIMENTADORES:  
EL ARRANCADOR.

ARRANCADOR MAGNETICO.

El arrancador magnético está formado por un contactor - que permite abrir y cerrar respectivamente los circuitos, -- millones de operaciones en condiciones normales y anormales - en caso de sobrecorriente que no sobrepase el valor de --- corriente a rotor bloqueado: 10 veces la corriente nominal.

Si al contactor se le adaptan portablemente y elementos térmicos de protección de sobrecarga a fin de interrumpir ó - abrir los contactos cuando la corriente del rotor sobrepasa - la nominal en el valor ajustado que protege el motor evitando se quemé, procediendo a verificar y corregir la anomalía que causa la sobrecarga.

El arrancador magnético puede ser accionado manualmente a través de una estación de botones, dispositivo piloto; termostato, presostato, electronivel, etc. Así mismo mediante - una protección de sobrecarga, bajo voltaje, alto voltaje, -- rele direccional, de falla de fase, protección de tierra, etc a fin de proteger el circuito, el motor contra estos proble-- mas.

Se pueden clasificar:

- A) Funcionamiento.- Manual, automático a tensión plena a voltaje reducido.
- B) Forma de extinguir el arco.- En aire, aceite, gas a presión ó en vacío.
- C) Finalidad.- De protección, seccionar, selector de mando.
- D) Medio ambiente.- En tablero, en gabinete; a prueba de polvo - de agua, corrosión ó explosión.

1.- Arrancador a tensión plena.- Bajo condiciones apropiadas de carga, tamaño de motor, tensión, se puede utilizar para arrancar el motor.

El motor puede soportar una corriente de arranque de 800% y - procederá a arrancar, pero hay que considerar los problemas que puede causar a la máquina por accionar, si está puede dañarse y causar disturbios en la línea en cuyo caso un arrancador a

voltaje reducido será más adecuado y necesario. Por lo tanto no solo nos limita la capacidad del motor que sea mayor de -- 10 HP, para considerarlo.

- 2.- Arrancadores manuales.- Adecuados para motores de hasta 7.5 - HP, 3 fases, que operen continuamente ó tienen pocas interrupciones. No tiene protección de no voltaje y por lo tanto el sobrecalentamiento del motor por está causa, no lo protegerá. Así mismo las interrupciones del suministro de la energía por parte de la Cfa. de Luz al normalizarse: arrancarán al motor y sí es peligroso para el personal, recomendar su operación ó evitarlo. Para ventiladores y equipos que conviene que -- operen continuamente es ideal.

3.- Arrancadores a voltaje reducido:

- A) De resistencias.- Se tiene pérdida de energía.  
 B) Tipo autotransformador.- Limita la corriente en el arranque y da lugar a mayores pares de arranque (en estrella ó en delta abierta). Pudiendo ajustarse según el caso para reducir el voltaje en un 80%, 65 ó 50%.  
 C) Devanado de partido.- Para cargas ligeras: la aceleración es suave.  
 D) Estrella/delta.- Limitado, equivalente al 67% del tipo -- autotransformador y se proporciona un 33% del par de arranque.

4.- Elementos térmicos.- Que se utilizan para dar la protección de sobrecarga, se tienen de varios tipos:

- A) De aleación que al sobrecalentarse y fundirse, mueve un engrane que suelta el trinucle.  
 B) Tipo de resistencia.  
 C) Tipo de bimetalico.- Directo ó indirecto.

Normalmente su ajuste máximo es de 125% de la corriente nominal del motor. Considerando que el motor está diseñado para un factor de servicio de 1.15 y una sobre elevación de temperatura de 40°C.

Para otro tipo de motores es recomendable ajustar los elementos térmicos a 115%.

Al seleccionar los elementos térmicos es de considerar - el factor de potencia al cuál opera y si se instala el capaci- tor para corregirlo al lado de la carga deberá tenerse cuida- do que el factor de potencia no se aumente a más de la unidad conveniente 95%.

En el caso de arrancadores a voltaje reducido no deberán instalarse del lado de la carga por el peligro que presenta - la variación de voltaje.

Ver figura No. 9

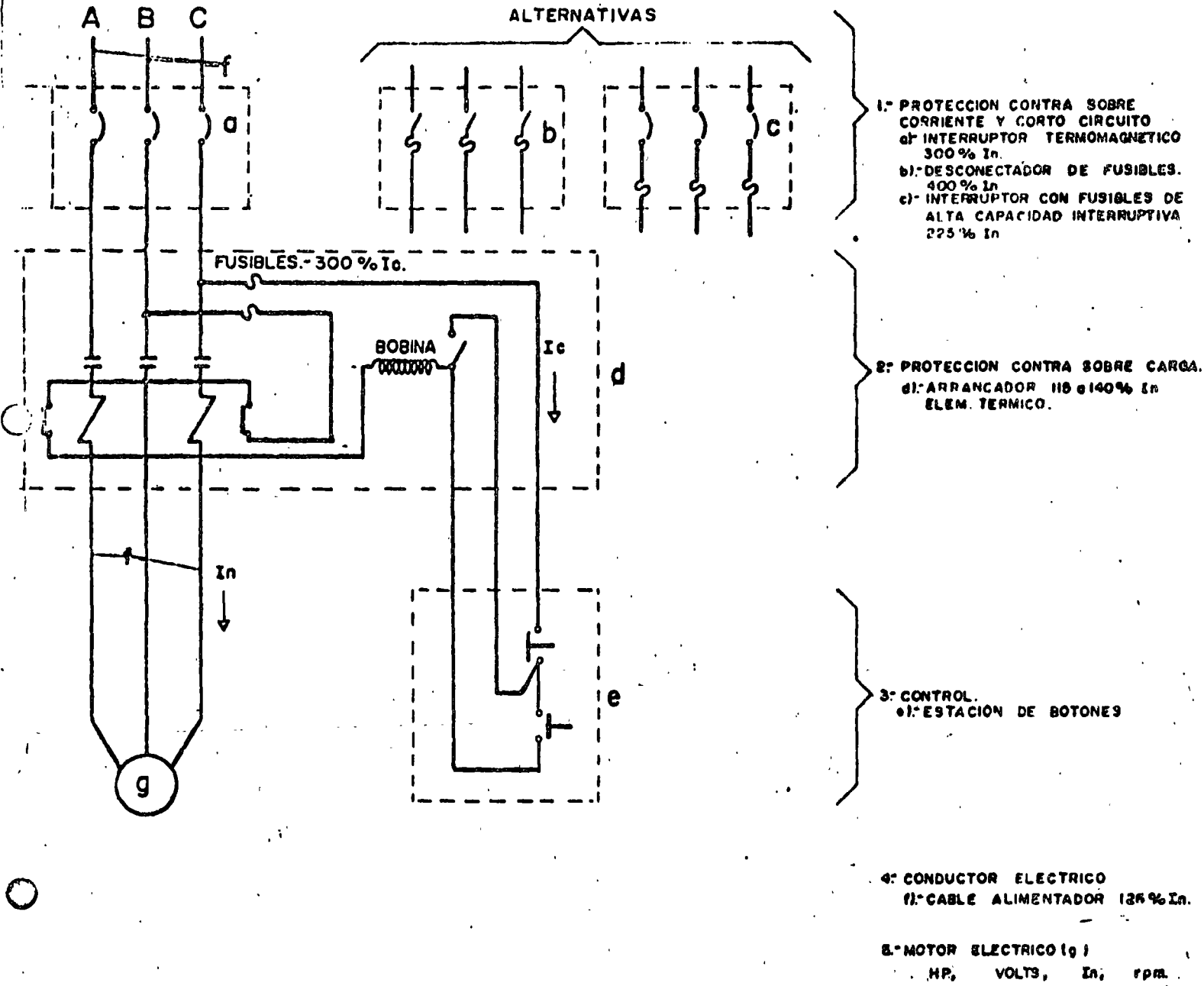


DIAGRAMA ELECTRICO #16. N°9  
 PROTECCION DE UN MOTOR ELECTRICO.  
 CORTOCIRCUITO - SOBRE CORRIENTE - SOBRECARGA.

DIAGRAMA DE CONECCION DE UN MOTOR TRIFASICO PROTEGIDO  
CON UN ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION COMPLETA

Ver la figura No. 10

Secuencia de la operación .-

Si apretamos el botón de arrancar (A), instantaneamente se cierra el contacto de sello (C.S.), se energiza la bobina (B), se cierran los contactos de la bobina (C.B.) quedando el motor conectado a la línea.

El motor quedará protegido por:

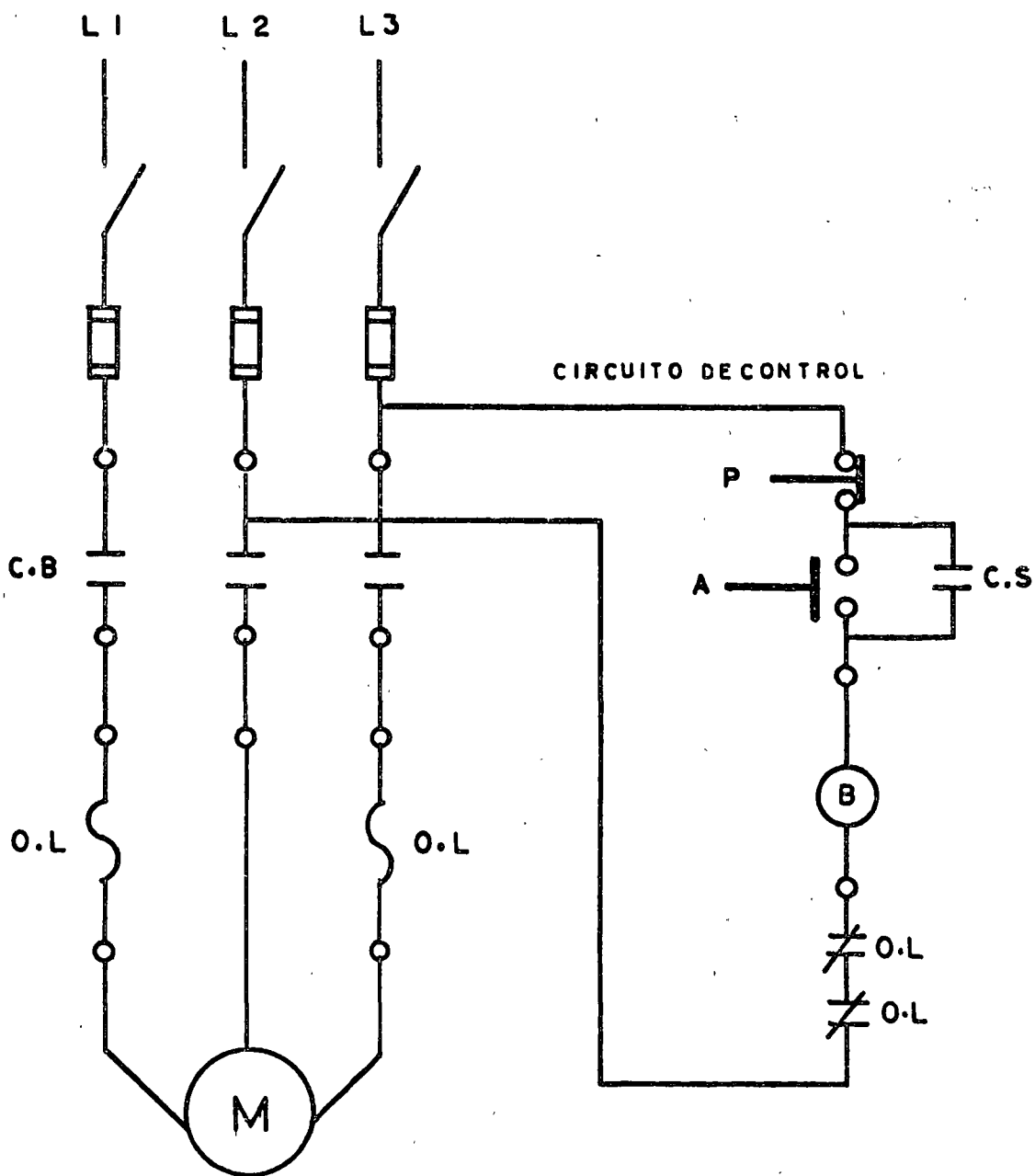
Elementos térmicos de los relevadores de sobrecarga -- (OVER LOAD) (OL).

DIAGRAMA DE CONECCION DE UN MOTOR TRIFASICO PROTEGIDO  
CON ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION REDUCIDA

Ver la figura No. 11

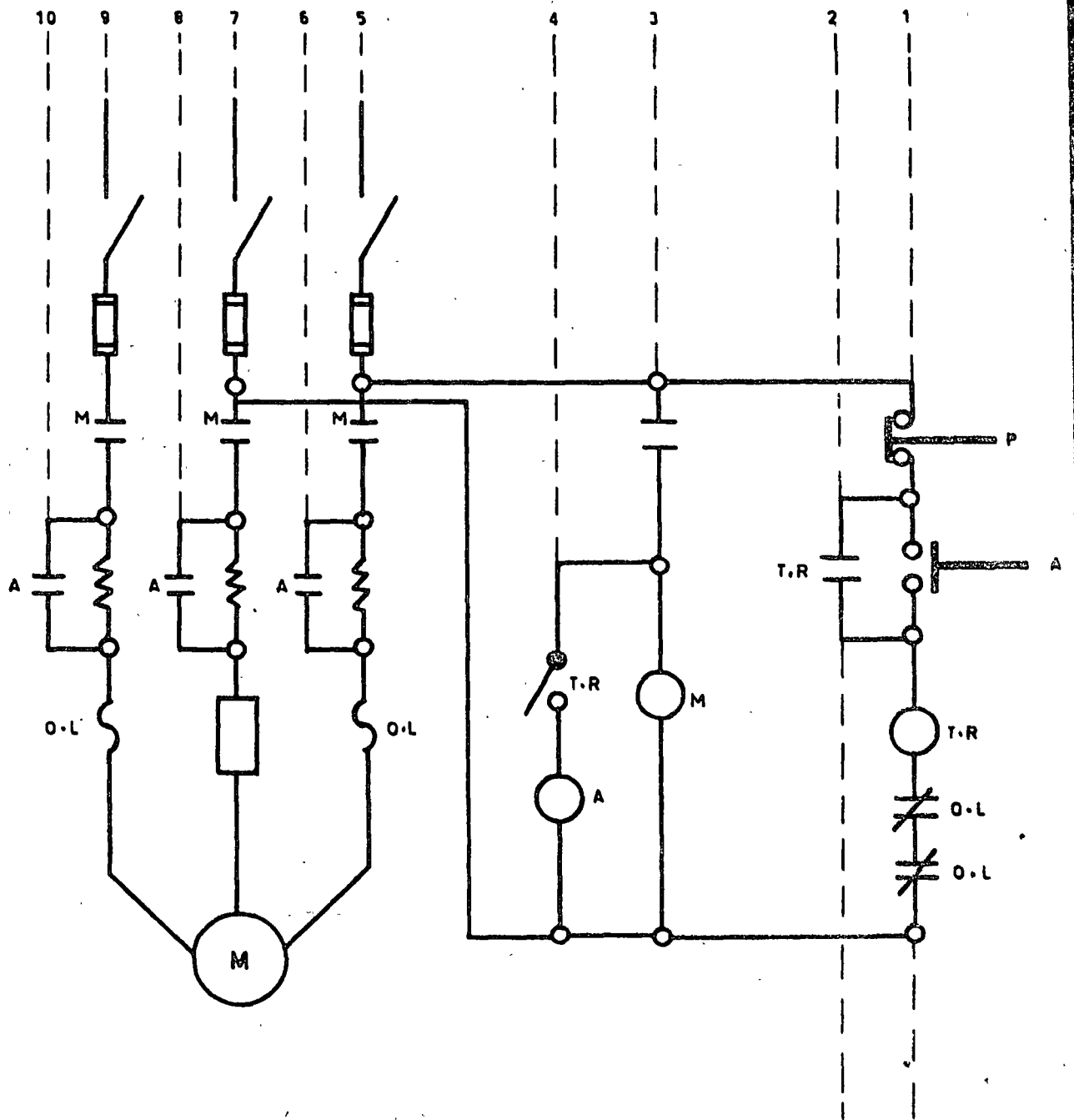
Secuencia de la operación.-

Al oprimir el botón de arranque, (A), se energiza la bobina (TR) en el eje 1, la cuál cierra los contactos instantaneos (TR) en los ejes 2,3, el contacto en 2 es de sello ó en clave, el contacto en 3 energiza la bobina (M), la que cierra sus contactos en 5,7 y 9 quedando el motor alimentado a través de las resistencias, las que provocan una caída de tensión haciendo que el motor quede alimentado a tensión reducida. El mismo contacto en el eje 3 deja preparado el circuito para que el contacto (TR) en el eje 4 que es el contacto de tiempo retardado del relevador de tiempo, al cerrar energiza a la bobina (A) la que a su vez cierra sus contactos (A) en los ejes 6,8 y 10 quedando así el motor alimentado a la tensión de la línea.



ARRANCADOR MAGNETICO A TENSION PLENA

FIG. No 10



ARRANCADOR MAGNETICO  
A TENSION REDUCIDA

FIG. No II



APLICACION TIPICA DEL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES  
ELECTRICAS

La familiarización y la comprensión cabal del reglamento de obras e instalaciones eléctricas, así como del "NATIONAL -- ELECTRICAL CODE" requiere mucho estudio de dichos documentos, el cuál está fuera del propósito de este curso. Sin embargo, -- es conveniente tener un concepto general de la forma como -- estos reglamentos se aplican, por lo que el siguiente ejemplo se presenta con este propósito. Debe recordarse que ambos docu-- mentos contienen solamente las provisiones básicas y mínimas -- que se consideran necesarias para operación de los sistemas y aparatos eléctricos con un grado de seguridad satisfactorio.

Supóngase que un cliente ha adquirido un motor de induc-- ción de 20 caballos de potencia, el cuál deberá operar en 440 -- voltios, 3 fases, 60 ciclos. Puesto que este motor deberá -- conectarse al sistema de distribución, deberán seleccionarse -- los conductores, la protección contra sobrecarga de motor y la protección para el circuito mismo.

En vista de que la selección apropiada de estos componen-- tes es necesaria para proteger al personal de los riesgos que el uso de la electricidad presenta, el reglamento de obras e -- instalaciones eléctricas así como el "NATIONAL ELECTRICAL CODE" indican los requerimientos mínimos para el alambrado y la pro-- tección de este circuito.

1.) CARACTERISTICAS DEL MOTOR

El primer paso consiste en determinar ciertas caracterís-- ticas del motor, las cuales se encuentran en su placa de datos.

- A) Potencia del motor: 20 Cp.
- B) Tensión del motor: 440 voltios, 3 fases, 60 ciclos.
- C) Diseño del motor: GE tipo K, diseño nema B, par de arran-- que normal, corriente de arranque normal.
- D) Corriente a plena carga: 25.8 amps.

## 2.) TIPO DE LOS CONDUCTORES DEL CIRCUITO

El segundo paso incluye la determinación de los conductores que el cliente desea usar en el circuito. El cliente ha -- especificado en este caso lo siguiente:

- A) Tres conductores de cobre, con aislamiento termoplástico, - en tubo conduit.
- B) Temperatura ambiente máxima: 40°C.

## 3.) CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DEL CIRCUITO

- A) El artículo 11 del reglamento de obras e instalaciones eléctricas trata sobre los conductores adecuados y las condiciones bajo las cuales van a ser usados. Por otro lado, en la fracción 28-10 se especifica que "la corriente permisible - en los conductores de un circuito derivado que abastezca a un motor individual, con régimen de trabajo continuo y carga aproximadamente constante, no será menor de 125% de la - corriente nominal a carga plena del motor."

Capacidad del circuito derivado =  $1.25 \times 25.8 = 32.2$  amp. - (min).

- B) La tabla No. 2 del reglamento de obras e instalaciones eléctricas muestra las capacidades de los conductores a una temperatura ambiente de 30°C. Para su uso en ambiente de 40°C, la continuación de la misma tabla muestra los factores de - corrección para temperaturas mayores de 30°C, el cuál es de 0.82 para nuestro caso. Usando la columna No. 3 para conductores con aislamiento termoplástico seleccionamos un conductor de calibre No. 8 AWG.

Corriente permitida =  $40 \text{ amp.} \times 0.82 = 32.8$  amp. (adecuado)

- C) Compruébese la caída de tensión en el alimentador cuando el motor opera a plena carga. En el artículo 6, inciso 2 del - reglamento de obras e instalaciones eléctricas, se específica que, "la caída de voltaje desde la entrada del servicio hasta el último punto de la canalización correspondiente, - la carga no deberá ser mayor de 4% para cargas de aparatos y motores". Si la caída de tensión calculada resulta mayor de este valor, considerese un calibre más grande para los - conductores.

4.) REGLAMENTO DE SOBRECARGA

- A) El reglamento de obras e instalaciones eléctricas en su inciso 28-15, párrafo a-I indica que "la capacidad ó el ajuste de este dispositivo (de sobrecorriente) no deberá ser mayor del 140% de la corriente nominal a plena carga "Sin embargo, este porcentaje indica la tolerancia máxi--ma que puede aceptarse siendo normalmente aceptado por - los fabricantes de los motores con 40°C, de sobre eleva--ción de temperatura, que el dispositivo de sobrecarga no dispare a más de 125% de la corriente a plena carga del motor. Está misma cifra se menciona también en el nec, - artículo 430-32.

Capacidad de sobrecarga =  $1.25 \times 25.8 = 32.2$  amps. (máxi--mo).

5.) SELECCION DE LA PROTECCION CONTRA SOBRE-CORRIENTE PARA - UN ALIMENTADOR QUE SUMINISTRA A MOTORES.

- A) A partir de la fracción 28-24, el reglamento de obras e instalaciones eléctricas específica la forma en que debe protegerse los circuitos que alimentan a varios motores. La fracción 28-25 se refiere a la capacidad ó ajuste del "dispositivo protector de sobrecorriente del circuito - derivado para un motor deberá ser capaz de soportar la - corriente de arranque; pero su capacidad ó ajuste no de--berá exceder del 400% de la corriente a carga plena del motor..."

- B) El código nacional eléctrico de los EE.UU. (NEC) es más estricto al respecto, aunque sólo especifica la capaci--dad mínima y máxima del dispositivo de protección contra corto circuito permitiendo el diseñador la selección den--tro de ambos límites de la capacidad requerida.

Capacidad mínima: El artículo 430-57, indica que, "el - interruptor ... deberá tener una capacidad continua de - 115% de la corriente nominal del motor a plena carga"

Capacidad mínima del interruptor =  $25.8 \times 1.15 = 30$  amp.

Capacidad máxima: Puede obtenerse esta cifra de dos maneras: en la tabla 430-146, en la línea de 26 amps. Y bajo la columna 4, la capacidad máxima del interruptor es 70 amps. El otro modo es por medio de la tabla 430-152 del mismo nec. Para motores con letra código F (la cuál aplica a los motores tipo K), polifásicos, de inducción, con arranque a pleno voltaje, la capacidad máxima del interruptor es de 250% de la corriente a carga máxima ó la capacidad estandar inmediata superior.

$$I \text{ max.} = 25.8 \times 2.5 = 65 \text{ amps.}$$

Capacidad máxima del interruptor = 70 amps.

Cualquiera de las capacidades normales en que se fabrican los interruptores, es decir, 30, 40, 50 ó 70 amps., puede seleccionarse para esta aplicación de acuerdo con el nec. Sin embargo, debido a que los interruptores termomagnéticos de caja moldeada son sensibles a la temperatura ambiente, y a que sus capacidades nominales son establecidas a una temperatura ambiente de 25°C, debe considerarse la temperatura ambiente a la cuál el interruptor estará sometido y también los efectos de la caja ó cubierta dentro de la cuál pueda hallarse instalado con objeto de evitar disparos innecesarios del interruptor.

INSTALACION ELECTRICA DE MOTORES

VER FIGURA 8

CORRIENTE A PLENA CARGA:

ES LA CORRIENTE QUE CONSUME UN MOTOR CUANDO ESTA DESARROLLAN DO SU POTENCIA NOMINAL A LA VELOCIDAD NORMAL Y POR LO TANTO INFLUYEN LAS PERDIDAS MECANICAS POR FRICCIÓN, LAS PERDIDAS MAGNETICAS POR HISTERESIS Y LAS PERDIDAS ELECTRICAS EN EL COBRE POR EFECTO JOULE.

A) CIRCUITO DERIVADO DEL MOTOR.- LOS CONDUCTORES SE CALCULAN PARA UN 25% DE SOBRECARGA O SEA PARA 1.25 VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA.

B) PROTECCION DEL CIRCUITO DERIVADO.- LOS FUSIBLES E INTERRUPTORES AUTOMATICOS PARA PROTEGER EL CIRCUITO DERIVADO CONTRA CORTO CIRCUITO DEBEN RESISTIR LA CORRIENTE DE ARRANQUE DEL MOTOR QUE ES VARIAS VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA. FUSIBLES 300%

INTERRUPTOR AUTOMATICO 250%

C) DESCONECTADOR DEL MOTOR.- ESTE SIRVE PARA DESCONECTAR EL MOTOR Y SU CONTROL, PARA REVISIONES O REPARACIONES Y DEBE ABRIRSE DESPUES DE QUE SE HAYA PARADO EL MOTOR. SU CAPACIDAD SE CALCULA TOMANDO 1.15 VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA.

D) PROTECCION DEL MOTOR CONTRA SOBRECARGA.- LOS ELEMENTOS TERMICOS DE ACCION RETARDADA SE CALCULAN PARA UNA SOBRECARGA DEL 25% OSEA 1.25 VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA. SIENDO DE ACCION RETARDADA, RESISTEN LA CORRIENTE DE ARRANQUE MOMENTANEA DEL MOTOR.

E) CONTROL DEL MOTOR .- ESTE APARATO SIRVE PARA ARRANCAR Y PARAR EL MOTOR Y GENERALMENTE INCLUYE LOS ELEMENTOS TERMICOS. (D) PARA LA PROTECCION DEL MOTOR.

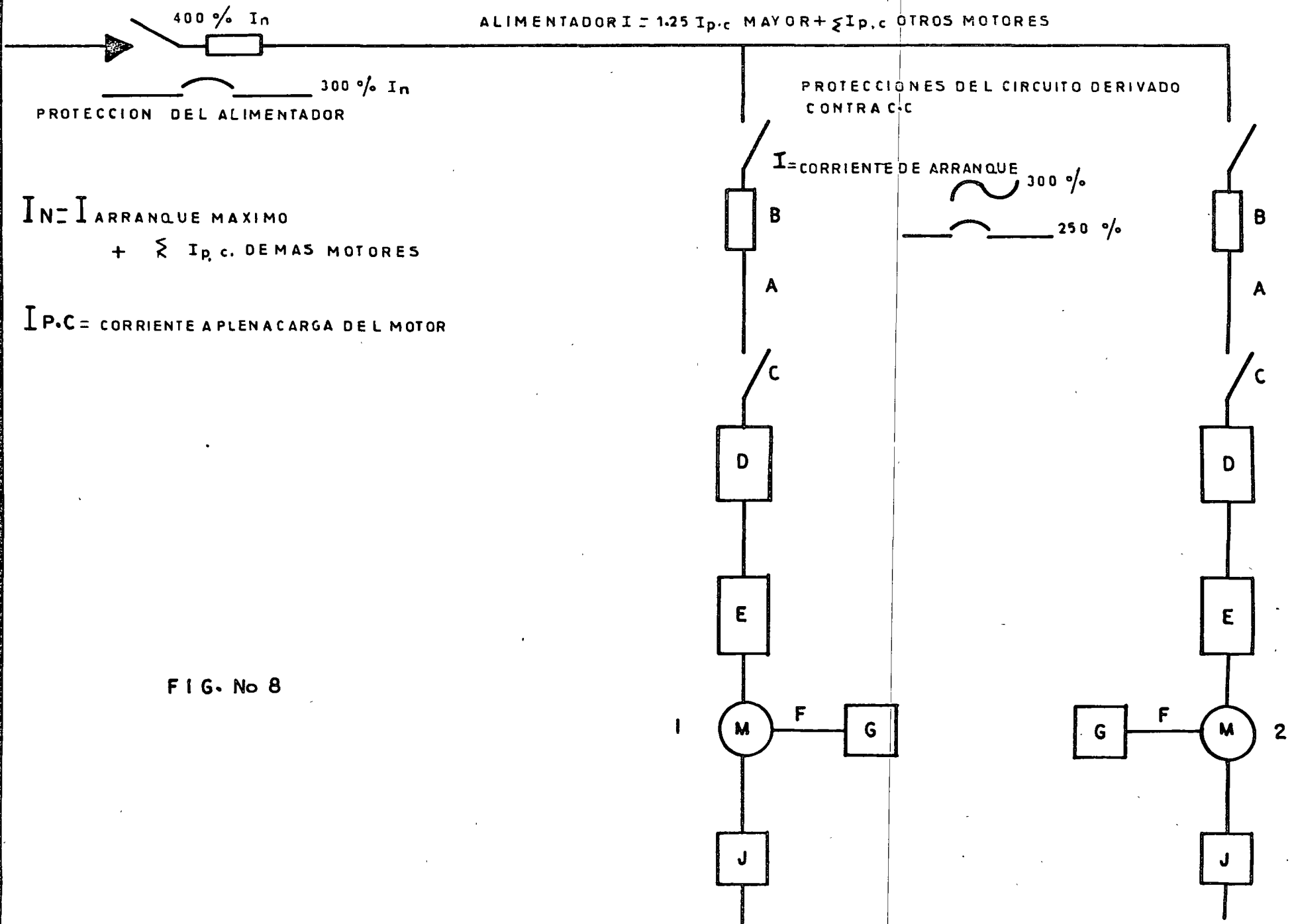
G) CONTROL REMOTO DEL MOTOR.- EL CONTROL (E) DEL MOTOR PUEDE OPERARSE DESDE OTROS LOGARES POR MEDIO DE UNA ESTACION DE BOTONES (G) CONECTADO POR MEDIO DE LOS CONDUCTORES (F).

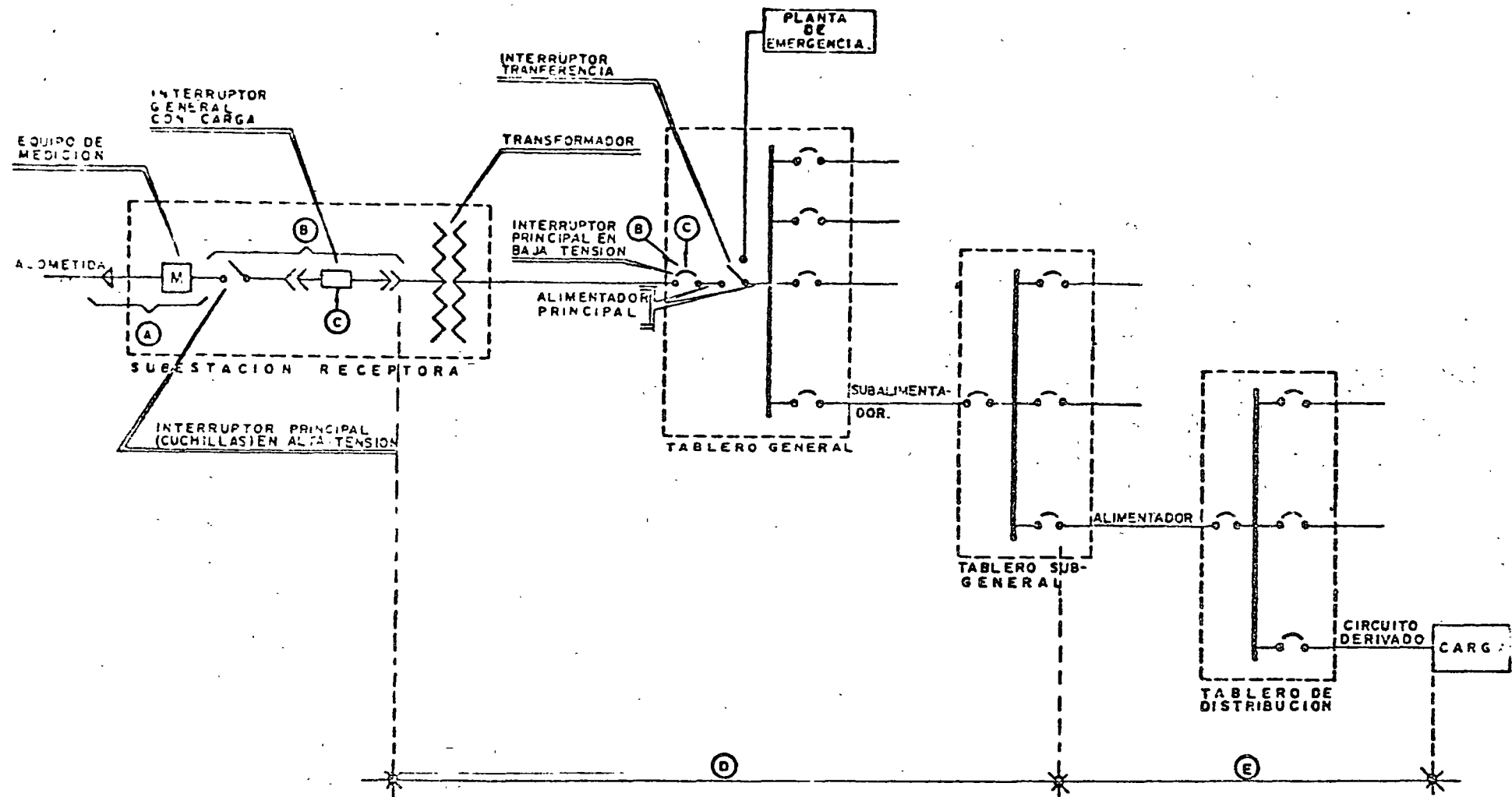
J) CONTROL SECUNDARIO.- PARA MOTORES CON ROTOR DEBANADO Y ANILLOS ROTANTES, EL MOTOR SE CONTROLA POR MEDIO DE UN REOSTATO QUE PUEDE ESTAR CERCA O LEJOS DEL MOTOR, EL CUAL SIRVE PARA ARRANCAR Y VARIAR SU VELOCIDAD.

60

# INSTALACION ELECTRICA DE MOTORES

ALIMENTADOR  $I = 1.25 I_{p.c. \text{ MAYOR}} + \sum I_{p.c. \text{ OTROS MOTORES}}$





- (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.

## VII.- CENTROS DE DISTRIBUCION.

Es el que alimenta, protege, interrumpe, mide y transfiere circuitos primarios.

Clasificación: De acuerdo con la tensión los tableros pueden ser de alta tensión y de baja tensión.

TABLEROS DE BAJA TENSION: Deben cumplir con el art. 25 de ROEI. y 75

### a) TABLEROS PRINCIPALES:

Tienen por objeto alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica dentro del área, donde se genere o utilice.

Cuando un tablero este mejor diseñado a los usos a que se destine, se obtendra un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica, permitiendo economías en su consumo, continuidad en el servicio, protección a las personas y propiedad, a un costo mínimo del propio tablero.

Un tablero puede ser pequeño, para ser usado en una casa habitación, con capacidad de unos 1000 watts, o bien, puede ocupar una área de varios metros cuadrados para grandes instalaciones industriales, donde se manejen muchos millones de watts.

Un tablero puede estar formado por una sección o varias para facilitar su transporte y montaje, pero una vez unidas formaran un solo conjunto.

#### a.1) Componentes de un tablero.

- Los gabinetes son cajas metálicas o blindaje que tienen por objeto: montar el equipo eléctrico, de conexión, desconexión, medición y control; conectar interiormente ese equipo; protegerlo de la intemperie, del polvo o de golpes; proteger las



personas y a la propiedad de descargas electricas accidentales. Los gabinetes se clasifican en dos tipos segun la ruda a que se someten exteriormente.

**TIPO INTERIOR:** Son los tableros colocados en el interior de un edificio, bajo cubierta, sin que se vean afectados por la lluvia, la humedad, o cualesquiera otros agentes fisicos que los perjudiquen. Se fabrican con lamina de 2.1 mm. (1/16") de espesor.

**TIPO EXTERIOR O INTEMPERIE:** Para ser montados a la intemperie, directamente sobre una plataforma de concreto y expuestos a la lluvia, al sol, al polvo y a golpes ocasionales. Se fabrican con lamina gruesa, de 3.2 mm. (1/8"), con techos inclinados, puertas con empaque de hule y sin dejar expuestos los aparatos.

- **Barras.** Las barras son los elementos de conexion entre el interruptor principal o general y los derivados. En sistemas trifasicos se componene de tres bárras, rectangulares de cobre electrolitico, con una conductividad electrica minima de 99%. Las barras se calculan para una elevación de temperatura, a plena carga, de 30°C, sobre el ambiente de 40°C máximo. Además de las barras principales, que van aisladas, a lo largo del tablero, en la parte inferior, se coloca otra barra de tierra, firmemente unida sin aislamientos, a los gabinetes. Esta barra tiene por objeto, evitar poener en peligro de un choque electrico al operador que toque un gabinete cuando haya una falla de aislamiento. El tamaño de las barras y su número por cada polo se indican a continuación:

CAPACIDAD MÁXIMA AMPS.	DIMENSIONES EN MM. Y PULG.		NUM. DE BARRAS EN PARALELO
200	6.3x25.4	1/4x1	1
400	6.3x38.0	1/4x1 1/2	1
600	6.3x50.8	1/4x2	1
800	6.3x50.8	1/4x2	1
1200	6.3x76.0	1/4x3	1
1600	6.3x101.6	1/4x4	1
2000	6.3x76.0	1/4x3	2
3000	12.6x76.0	1/2x3	2
4000	12.6x101.6	1/2x4	2

**INTERRUPTORES:** Los interruptores son la parte principal de un tablero. De la calidad y de su correcta aplicación depende la bondad del tablero. En México hay tres tipos de interruptores, que han ganado la aceptación de los usuarios: el termomagnético en caja de plástico; el electromagnético, y el de navajas con fusibles de alta capacidad interruptiva. Los interruptores termomagnéticos son los más prácticos por el pequeño espacio que ocupan, por poderse acomodar y conectar uno al lado del otro, y por ser económicos dentro de su funcionamiento seguro y eficiente. Se fabrican de 1 a 3 polos hasta 100 A. y de 2y3 polos hasta 2500A. Universalmente se usan como interruptores derivados y en muchos casos, cuando la selectividad de disparo del interruptor, no es factor muy importante, se usan como interruptores principales o generales.

Los interruptores electromagnéticos son más robustos, capaces de un número mayor de operaciones sin reparaciones y susceptibles de

ajuste del tiempo de apertura para permitir que en sobrecargas severas o cortos circuitos se abran primero los interruptores derivados que alimentan el circuito donde exista la falla. Estos interruptores son mucho más caros que los termomagnéticos.

Y se fabrican hasta capacidades de 6000 amps. y 100000 amps. asimétricos.

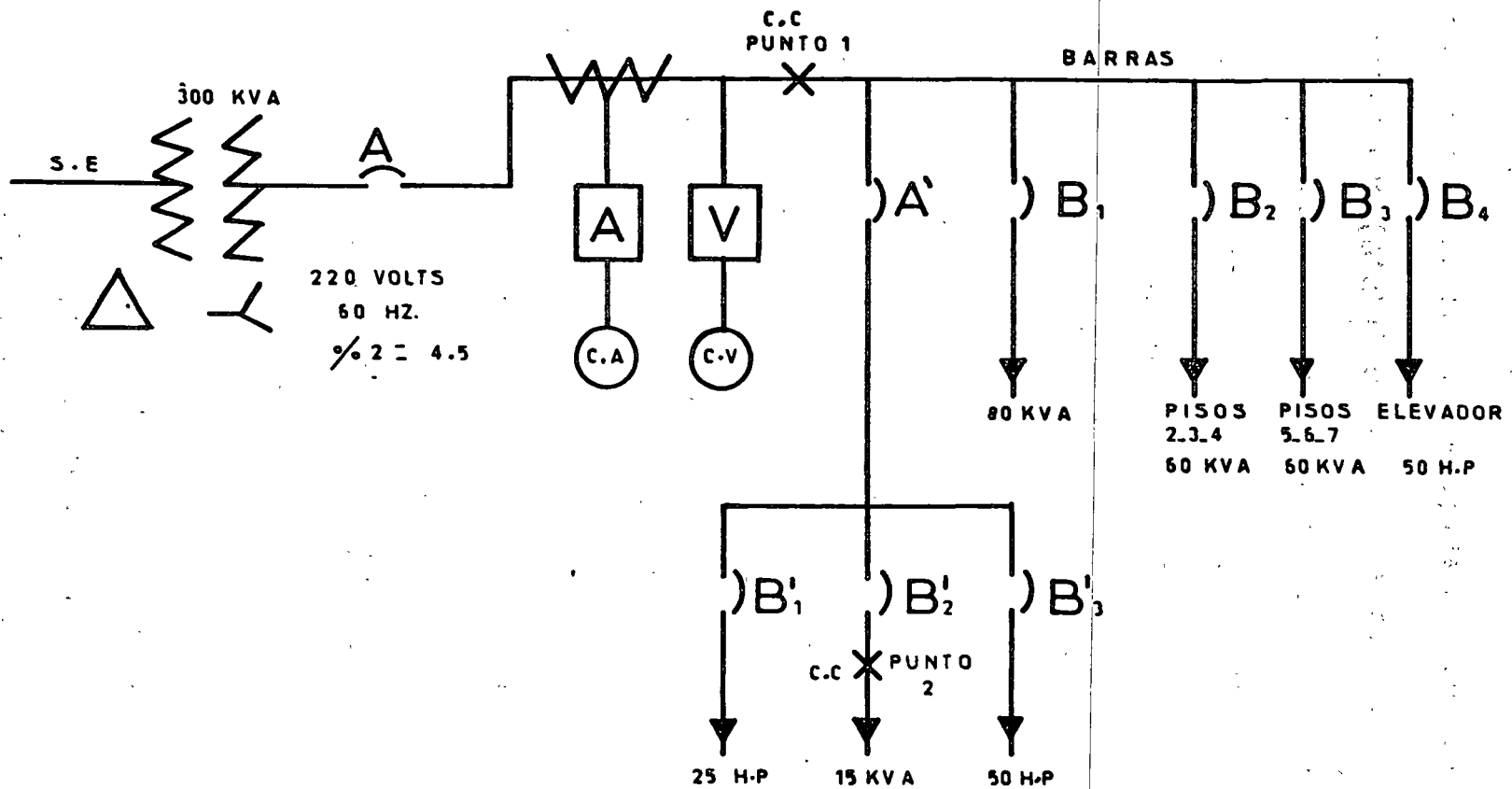
Los interruptores con fusibles de alta capacidad interruptiva son económicos, pueden abrir corto circuitos de 200000A., pero tienen la desventaja de no poder discriminar el circuito de falla, sin embargo, resuelven algunos casos, cuando los interruptores se colocan o derivan de fuentes o bloques de gran capacidad.

INSTRUMENTOS: Un tablero, para llenar su función, basta con tener los componentes descritos anteriormente: gabinetes, barras e interruptores. Sin embargo algunas veces para un mejor control o mantenimiento cuando las instalaciones son importantes o que generan la electricidad, conviene medir las características principales de la energía eléctrica.

Los instrumentos industriales necesitan para su conexión dispositivos auxiliares. Generalmente en tensiones hasta 240 V. son para conexión directa, pero para 440 V., son necesarios transformadores de potencial (T.P.). Cuando las corrientes exceden de 50A., se usan transformadores de corriente (T.C.). Cuando es necesario, con un solo instrumento, medir los tres aspectos que tiene un sistema trifásico se usan conmutadores (CM) aplicables para los ampermetros y los voltmetro .

Ampermetros, voltmetro, wattmetro, varmetro, frecuencímetro, medidor ó wathhorímetro.

DIAGRAMA UNIFILAR DE UN TABLERO



## DISEÑO DE UN TABLERO PRINCIPAL:

- a) Hacer un diagrama unifilar, con los componentes del tablero, según las necesidades electricas del edificio.
- b) Calculese las capacidades normales en amperes del interruptor general y de los derivados.
- c) Calculese el corto circuito aproximado, en el punto 1 de la figura.

$$I_{cc} = \frac{I_n(\text{transformador}) \times 100}{\%Z}$$

$$I_n = \frac{\text{KVA} \times 1000}{1.73 \times 220} = \frac{300 \times 1000}{1.73 \times 220} = 790 \text{ amps.}$$

$$I_{cc} = \frac{790 \times 100}{4.5} = 17,600 \text{ amps. de capacidad interruptiva.}$$

4.5

- d) Calcular el corto circuito en el punto 2; aún es más desfavorable pues contribuyen a aumentar el corto circuito los motores que juntos suman 125 hp. (310 amps), que con una impedancia del 20% darían:

$$I_{cc} = \frac{310 \times 100}{20} = 1550 \text{ amps.}$$

20

El corto circuito total para el punto 2 será de:

$$I_{cct} = 17,600 + 1550 = 19150 \text{ amps.}$$

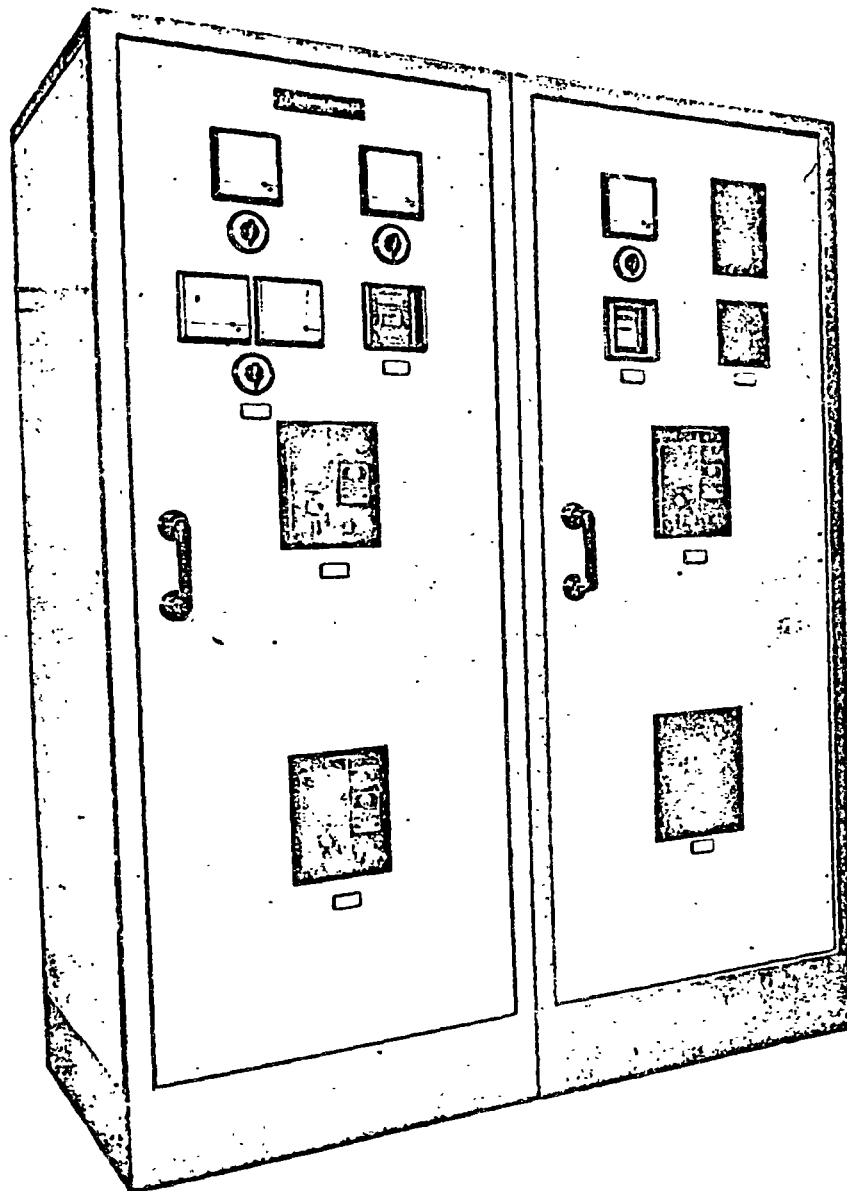
- e) Los interruptores seleccionados serán:

INTERRUPTOR	CORR. NORMAL	TIPO	C.I. 240 V.	C.I. CALCULADA
A	1000	NM	42,000	17,600
A'	300	NJL	42,000	17,600
B	225	NEJ	25,000	17,600
B <sub>1</sub>	175	NEJ	25,000	17,600
B <sub>2</sub>	175	NEI	25,000	17,600
B <sub>3</sub>	200	NEJ	25,000	17,600
B <sub>4</sub>				
B'	200	NEJ	25,000	19,150
B' <sub>1</sub>				
B' <sub>2</sub>	50	NEF	18,000	19,150
B' <sub>3</sub>	300	NJL	42,000	19,150

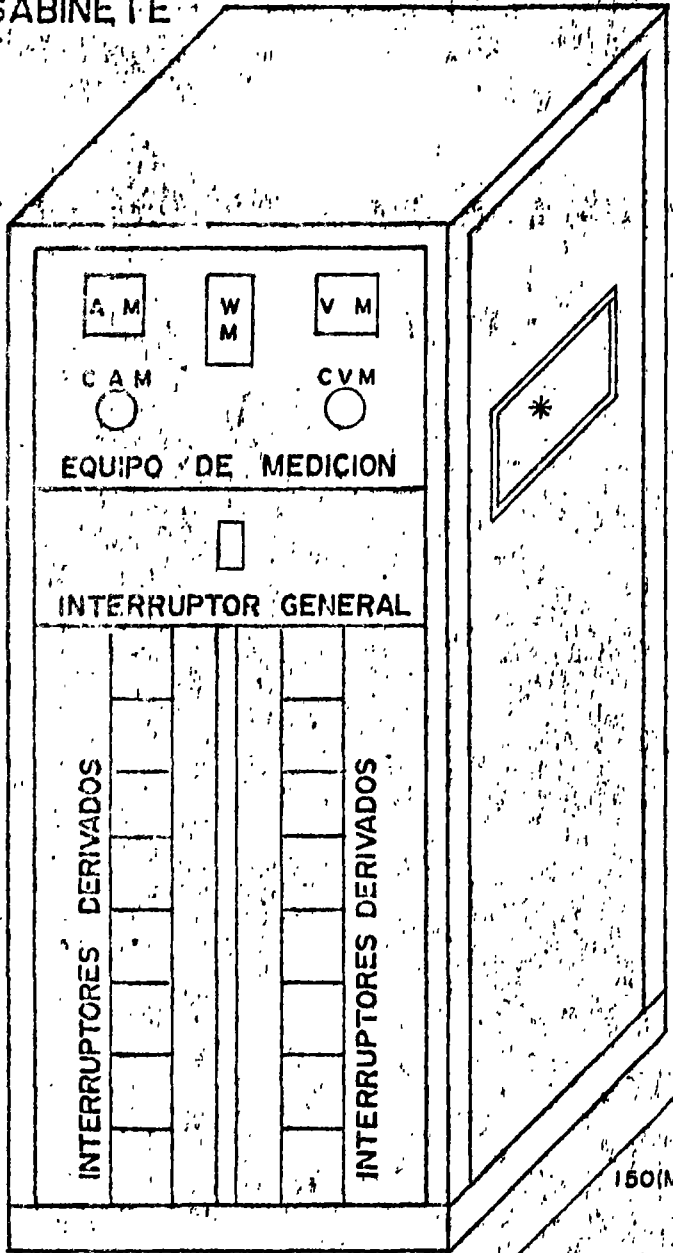
INTERRUPTOR	CARGA	AMPS. NORMALES	CALIBRACION AMPERES.
A	300KVA	$\frac{300 \times 100}{1.73 \times 220} = 790$	
		$790 \times 1.25 = 987.5$	1000 amps.
A'	15.0 KVA		
	25 HP = $\frac{25 \times 0.746}{\cos \phi} =$	23.4 KVA	
	50 HP = $\frac{50 \times 0.746}{\cos \phi} =$	46.8 KVA	
	25% x 46.8 =	11.7 KVA	
	SUMA	96.9 KVA	
B <sub>1</sub>	80 KVA.	$\frac{80 \times 1000}{1.73 \times 220} = 216$	225 amps.
B <sub>2</sub>	60 KVA.	$\frac{60 \times 1000}{1.73 \times 220} = 158$	175 amps.
B <sub>3</sub>	60 KVA.	" " = 158	175 amps.
B <sub>4</sub>	Motor devanado	50 HP. Ver tabla	200 amps
B' <sub>1</sub>	Motor jaula de ardilla 25 HP T.C.	Ver tabla	200 amps.
B' <sub>2</sub>	15 KVA.	$\frac{15 \times 1000}{1.73 \times 220} = 39.5$	50 amps.
B' <sub>3</sub>	Motor jaula de ardilla 50 HP T.R.	Ver tabla	300 amps.

En la tabla, se da la calibración aproximada para diferentes motores trifásicos. Se supone para un motor al que se le aplica directamente la tensión de la línea que este toma un 250% de la corriente normal. Con un arrancador a tensión reducida (TR) toma 200% de la tensión normal. Por último, para un motor con rotor devanado, con arrancador de resistencias se tendrá solo una corriente 150% de

TABLA No. 8 APLICACION DE INTERRUPTORES EN MOTORES					
A TIPO JAULA DE ARDILLA, ARRANQUE A T.C.					
B " " " " " " T.R.					
C " DEVANADO, ARRANQUE A T.R.					
H.P.	VOLTS.	AMPERES	Calibración del interruptor en amperes		
			A	B	C
1 1/2	200	5.0	15	15	15
	440	2.5	15	15	15
2	220	6.5	15	15	15
	440	3.3	15	15	15
3	220	9.0	20	20	15
	440	4.5	15	15	15
5	220	15.0	40	30	20
	440	7.5	20	15	15
7 1/2	220	22	50	40	30
	440	11	30	20	15
10	220	27	70	50	40
	440	14	40	30	20
15	220	40	100	100	70
	440	20	50	50	30
20	220	52	125	100	100
	440	26	70	50	50
25	220	64	200	125	100
	440	32	100	70	50
30	220	78	200	150	125
	440	39	100	100	70
40	220	104	225	200	150
	440	52	125	100	70
50	220	125	300	225	200
	440	63	150	125	100
60	220	150	400	300	225
	440	75	200	150	125
75	220	185	500	400	300
	440	93	250	200	150
100	220	246	600	500	400
	440	123	300	225	200
125	220	310	800	600	500
	440	155	400	300	225
150	220	360	1000	800	500
	440	180	500	400	225
200	220	480	1200	1000	800
	440	240	600	500	400



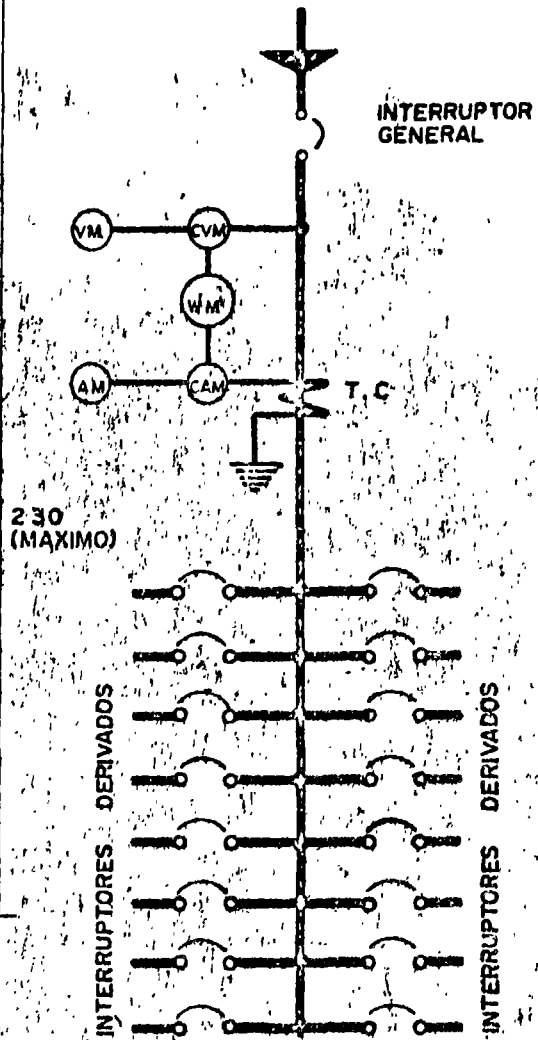
# GABINETE



100 (MAXIMO)

150 (MAXIMO)

# DIAGRAMA UNIFILAR



\* GARGANTA DE ACOPLAMIENTO PARA CUANDO EL TABLERO VA ACOPLADO DIRECTAMENTE A LA TOLVA DEL TRANSFORMADOR.

## CLAVE

- VM - VOLMETRO
- CVM - CONMUTADOR DE FASES PARA VOLMETRO
- WM - WATTMETRO (PUEDE SER TAMBIEN CUALQUIER OTRO APARATO O APARATOS DE MEDICION INDICADOR O INTEGRADOR)
- AM - AMPERMETRO
- CAM - CONMUTADOR DE FASES PARA AMPERMETRO
- T.C. - TRANSFORMADORES DE CORRIENTE
- INTERRUPTOR



# SUBESTACIONES UNITARIAS

Transformador trifásico en KVA y por ciento de impedancia	Corriente de corto circuito máximo en KVA disponible del sistema primario	Corriente normal de plena carga en amperes	Corriente total de corto circuito RMS amperes simétricos			Tamaño mínimo de interruptor electromagnético recomendado							
			Transformador solo	100% carga de motores	Combinado	Sistema de plena capacidad F		Sistema cascada		Sistema selectivo			
						M	F	M	CF	MS	F	S	

### 240 VOLTS-3 FASES

300 (4.5%)	50,000	722	14,300	2900	17,200	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 600A
	100,000		15,100		18,000							
	150,000		15,400		18,300							
	250,000		15,700		18,600							
	500,000		15,900		18,800							
	Ilimitado		16,100		19,000							
500 (5.0%)	50,000	1203	20,300	4800	24,900	Marco 1600A	225A 600A 600A 600A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	225A 600A 600A 600A	Marco 1600A
	100,000		21,900		26,700							
	150,000		22,600		27,400							
	250,000		23,100		27,900							
	500,000		23,600		28,400							
	Ilimitado		24,100		28,900							
750 (5.75%)	50,000	1804	24,900	7200	32,100	Marco 3000A	Marco 600A	Marco 3000A	Marco 225A	Marco 3000A	Marco 600A	Marco 1600A
	100,000		27,800		35,000							
	150,000		28,900		36,100							
	250,000		29,800		37,000							
	500,000		30,600		37,800							
	Ilimitado		31,400		38,600							
1000 (5.75%)	50,000	2406	31,100	9600	40,700	Marco 3000A	600A 1600A 1600A 1600A	Marco 3000A	225A 225A 225A 600A	Marco 3000A	600A 1600A 1600A 1600A	1600A 3000A 3000A 3000A
	100,000		35,700		45,300							
	150,000		37,500		47,100							
	250,000		39,100		48,700							
	500,000		40,500		50,100							
	Ilimitado		41,900		51,500							
1500 (5.75%)	50,000	3609	41,300	14400	55,700	Marco 4000A	1600A 1600A 3000A 3000A	Marco 4000A	Marco 600A	Marco 4000A	1600A 1600A 3000A 3000A	3000A 3000A 4000A 4000A
	100,000		49,800		64,200							
	150,000		53,500		67,900							
	250,000		56,900		71,300							
	500,000		59,700		74,100							
	Ilimitado		62,800		77,200							

### 480 VOLTS-3 FASES

300 (4.5%)	50,000	361	7,200	1400	8,600	Marco 600A	Marco 225A	Marco 600A	Marco 225A	Marco 600A	Marco 225A	Marco 225A
	100,000		7,600		9,000							
	150,000		7,800		9,200							
	250,000		7,840		9,240							
	500,000		7,900		9,400							
	Ilimitado		8,000		9,450							
500 (5.0%)	50,000	601	10,000	2400	12,400	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	225A 225A 225A 600A
	100,000		10,900		13,300							
	150,000		11,300		13,700							
	250,000		11,600		14,000							
	500,000		11,800		14,200							
	Ilimitado		12,000		14,400							
750 (5.75%)	50,000	902	12,500	3600	16,100	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 600A
	100,000		13,900		17,500							
	150,000		14,400		18,000							
	250,000		14,900		18,500							
	500,000		15,300		18,900							
	Ilimitado		15,700		19,300							
1000 (5.75%)	50,000	1203	15,500	4800	20,300	Marco 1600A	225A 600A 600A 600A	Marco 1600A	Marco 225A	Marco 1600A	225A 600A 600A 600A	600A 1600A 1600A 1600A
	100,000		17,800		22,600							
	150,000		18,800		23,600							
	250,000		19,600		24,400							
	500,000		20,200		25,000							
	Ilimitado		20,900		25,700							
1500 (5.75%)	50,000	1804	20,600	7200	27,800	Marco 3000A	1600A 1600A 1600A 1600A	Marco 3000A	225A	Marco 3000A	600A 1600A 1600A 1600A	Marco 1600A
	100,000		24,900		32,100							
	150,000		26,700		33,900							
	250,000		28,400		35,600							
	500,000		29,800		37,000							
	Ilimitado		31,400		38,600							
2000 (5.75%)	50,000	2406	24,700	9600	34,300	Marco 3000A	1600A 1600A 1600A 1600A	Marco 3000A	225A 600A 600A 600A	Marco 3000A	1600A 1600A 1600A 1600A	1600A 1600A 3000A 3000A
	100,000		31,100		40,700							
	150,000		34,000		43,600							
	250,000		36,700		46,300							
	500,000		39,100		49,700							
	Ilimitado		41,900		51,500							

† DEBEN SER INTS. DE OPERACION ELECTRICA.



## b) TABLEROS SECUNDARIOS.

Los circuitos derivados necesitan una proteccion en su iniciación. Cuando salen varios circuitos de un mismo punto, al conjunto de elementos de proteccion se le llama "tablero".

Normas generales para la seleccion de un tablero de circuitos derivados.

- 1.- No debe darse distribucion a mas de 42 circuitos derivados ( a un hilo de corriente) a partir de un solo tablero.
- 2.- La mayor distancia permitida en los conductores entre el tablero de circuitos derivados y la primera salida es de 30 mts.
- 3.- Todos los tableros de circuitos derivados deberan instalarse en sitios de acceso facil.
- 4.- Los tableros de circuitos derivados deberan instalarse tan cercanos como sea posible a los centros de carga que les corresponden.
- 5.- Si se desea interrumpir un circuito derivado desde su tablero, debera usarse un interruptor de cuchillas provisto de fusibles o un disyuntor termomagnetico.
- 6.- Para la localizacion de los tableros de circuitos derivados, debera considerarse la menor longitud posible de los alimentadores y que estos tengan el minimo de curvas en su recorrido.
- 7.- La capacidad de corriente minima de las barras alimentadoras de los tableros de circuitos derivados, debera ser igual o mayor a la minima requerida por los cables alimentadores para abastecer la carga.

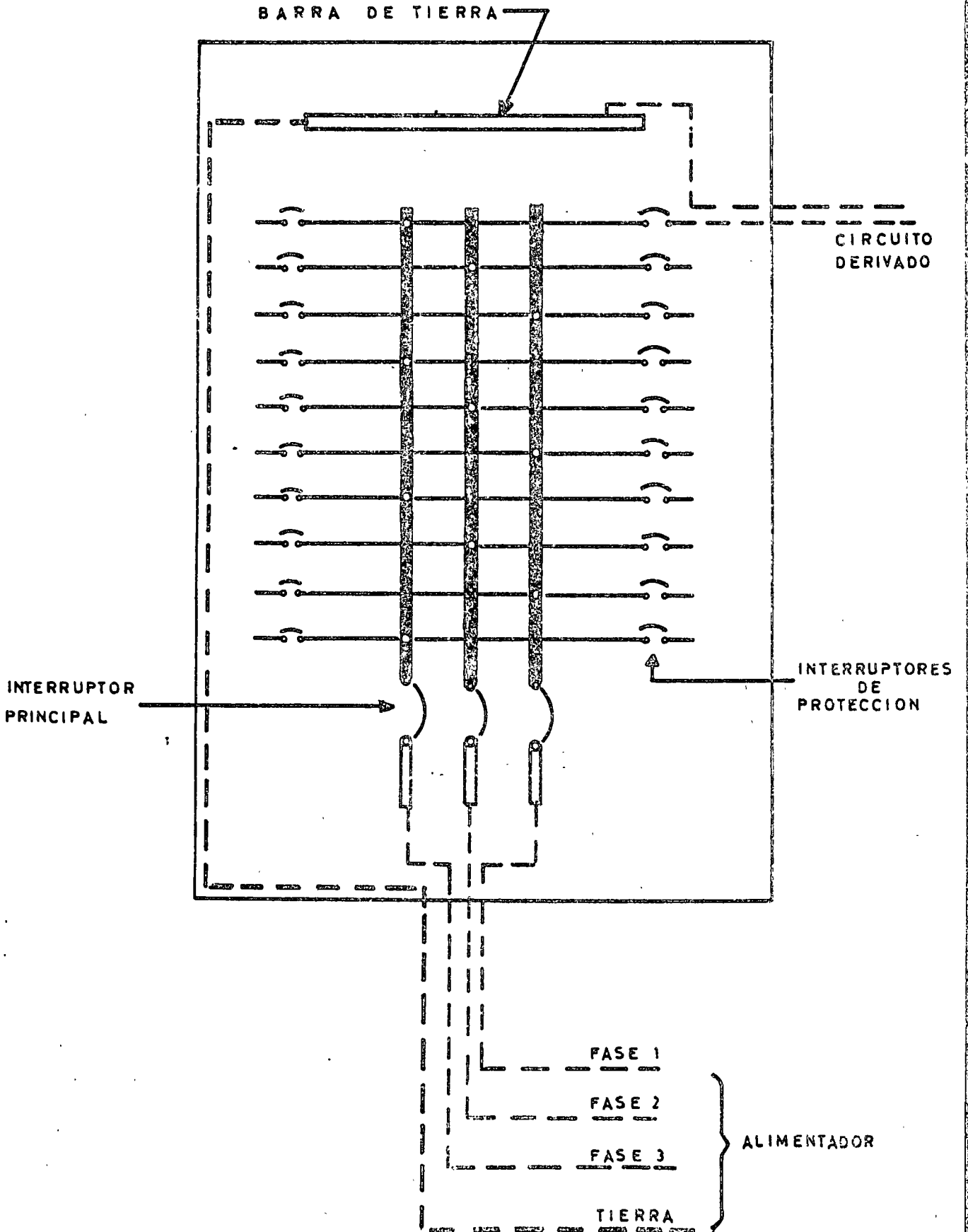
- 8.- Un tablero de circuitos derivados para alumbrado y aparatos que se alimente con una línea protegida a más de 200 amperes, debe contar en su lado de abastecimiento con dispositivos de protección contra sobrecorriente con capacidad no mayor que la del tablero, sin exceder de 200 amperes.
- 9.- En edificios comerciales, institucionales y multifamiliares, incluyendo hoteles, se recomienda instalar un tablero de circuitos derivados para alumbrado y aparatos en cada planta.
- 10.- Una vez que se hayan seleccionado los circuitos derivados para alumbrado y aparatos, así como el tamaño, tipo y localización de sus tableros deberá hacerse en planos y especificaciones una tabulación que indique: La designación de cada tablero, su localización, número y capacidad de los circuitos derivados, con indicaciones de 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.

Los tableros de distribución tienen tres usos:

- 1) Distribuir la energía a los circuitos derivados
- 2) Proteger las líneas de los circuitos derivados, ya que al interconectar en ellos los cables de los alimentadores que generalmente llevan la energía para una zona amplia y que por lo mismo son de sección considerable, con los conductores de los circuitos derivados, lógicamente de menor sección, es necesario proteger contra sobrecorriente a estos últimos. Esta

proteccion se provee con los interruptores automaticos "breakers" que se instalan en los tableros, o aun con los fusibles.

- 3) El tercer fin de los tableros de distribucion, sobre todo en instalaciones de lugares publicos, es el control. Los interruptores de los tableros se pueden usar para controlar y poner en operacion la instalacion electrica. Es conveniente en este caso que la especificacion se cuide mediante interruptores de mayor resistencia para el uso constante. tambien en este caso los tableros pueden contar con un interruptor principal que permite la desconexion total de la zona servida.



TABLERO



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

### VIII. SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS

- a) Subestaciones Receptoras
- b) Subestaciones Derivadas

Ing. Noe Armas Morales

Julio, 1978.

VIII.- SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES 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 --

Caida de voltajes que se tendria, de aqui se presenta la necesidad de transmitir la energia eléctrica a voltajes mas elevados que resulten mas economicas.- Por ejemplo si se va a transmitir energia eléctrica de una central generadora a un centro de consumo que esta situado a 1000 Km. de distancia será necesario elevar el voltaje de generación que supondremos de 13.8 Kv. a otra de transmisión mas conveniente que supondremos 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 linea 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 aqui se desprende la necesidad de reducir el voltaje de transmisión de 110 kv. a otro u otros mas convenientes de distribución en centros urbanos e 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, lineas de -- transmisión y centrales generadoras.



FIGURA N° 1

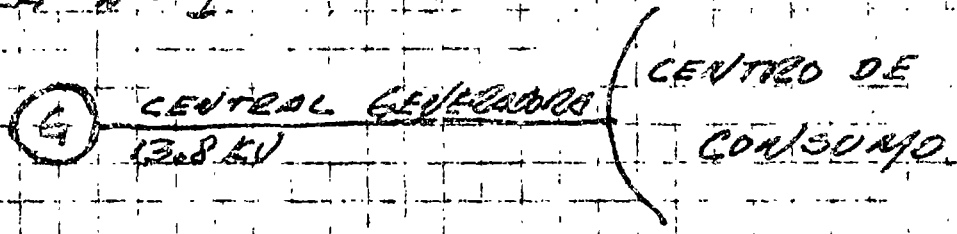


FIGURA N° 2

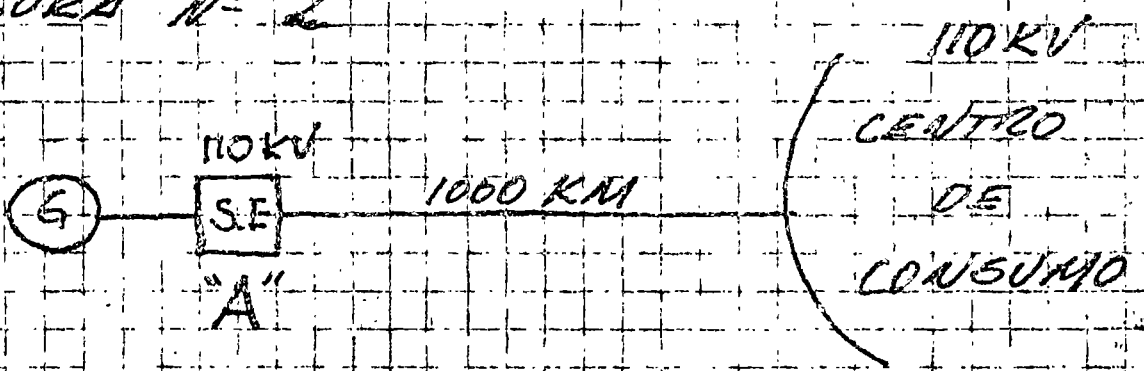
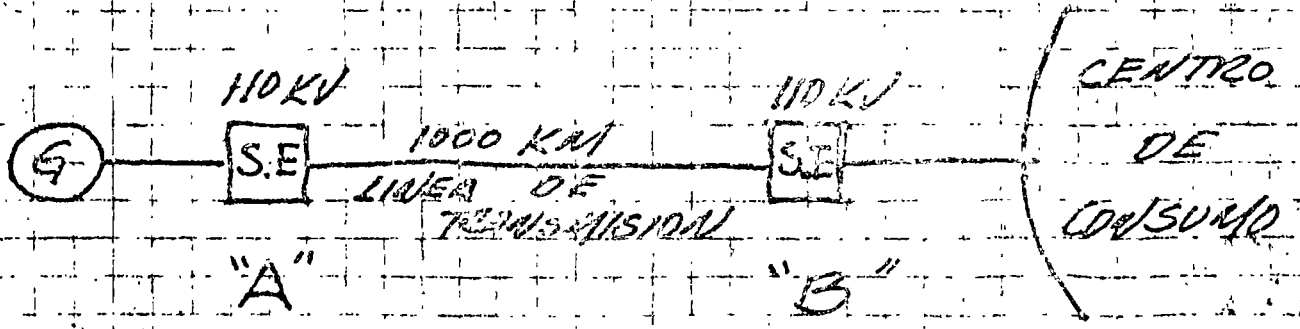


FIGURA N° 3



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 Swtcheo  
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.- Apartarrayos
- 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 intemperie.

Las subestaciones eléctricas, tienen por objeto transformar, la alta tensión que las compañías suministradoras de energía ( C.F.E. y/o Cía de Luz ) proporcionan a un precio más barato, a tensiones bajas en la industria, las instituciones o el comercio.

Antiguamente las subestaciones eran un dispositivo molesto, - bromoso, 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 Cía 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 mexicanización 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 sección de verificación, no es necesaria esta interrupción, 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 vera 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 desea darle mantenimiento al resto de la subestación nos encontramos con el problema de estar solicitando libranzas a las compañías suministradoras; y al suprimirla estamos violando infrascriptamente el reglamento (R.O.I.E.).

**INTERRUPTORES.**- Esta sección 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 cargas o cortos circuitos que puedan ser dañosa 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 usan para instalar las barras alimentadoras. Se usan, en

des ó 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 los 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, 220/127.3 voltios. 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.

10

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.N.M.) Esto naturalmente no quiere decir que no funcionen 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 la perjudiquen. Se fabrica como lámina de 2.1 mm. (1/16") de espesor.

**EXTERIOR (O INTemperie).**— Para ser montadas a la intemperie, directamente sobre una plataforma de concreto y expuesta a la lluvia, el sol y golpes ocasionales. Se fabrica con lámina más gruesa, de



3.2 mm. (1/8''), con teahos inclinados, puertas 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 caracter privado.

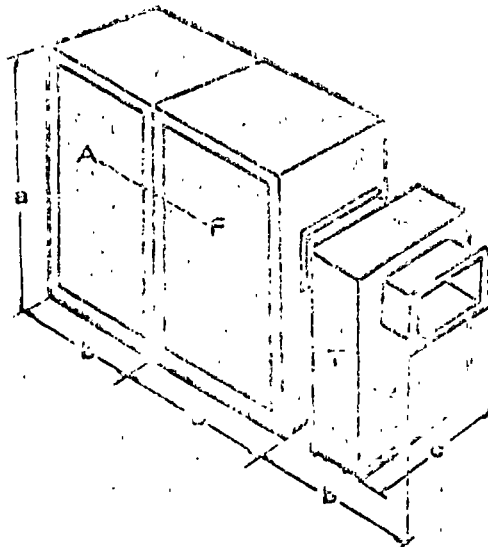
CAPACIDADES: Las capacidades de las subestaciones que fabricamos de una manera normal, son de 45, 75, 112.5, 150, 225, 300, 500, 750 y 1000 kva. Estas son con un solo transformador, sin embargo pueden combinarse varios transformadores en una sola subestación, haciéndola de capacidad mayor con el equipo 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.	Apararrayos Mufa Pasamuros.	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.	Trifásico, enfriamiento por aceite, derivación de 2.5%, elevación de temperatura 55/40°C a 1000 M.S.H.M. Ductos laterales.	Tipo Seco. Contactos para señales. Ventilación forzada.	T

TABLA No. 2.—DIMENSIONES DE GABINETES Y TRANSFORMADORES.

GABINETE	DIMENSIONES EN CENTIMETROS					
	2.4 a 15 KV.			HASTA 25 KV.		
	a ALTO	b ANCHO	c FONDO	a ALTO	b ANCHO	c FONDO
A	240	110/150	120/150	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:

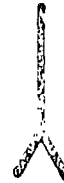
Por medio de mufa.



Por medio de pasamuros.



Por medio de tubo



INTERRUPTORES:

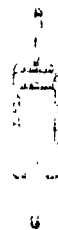
Interruptor sin fusible









Interruptor con fusibles



Fusibles solos



<p>Operación eléctrica</p>	
<p>Operación por relevador</p>	
<p>DESCONECTOR O CUCHILLAS DESCONECTORAS.</p>	
<p>MEDICIONES</p>	
<p>Equipo de Medición de la Cía. de Luz</p>	
<p>Wattmetro</p>	
<p>Wattorímetro (Medidor)</p>	

ALCOO  
QNEK

ALCOO  
QNEK

ALCOO  
QNEK

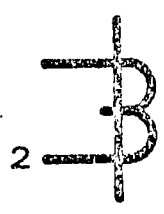
Ampermetro



Vóltmetro



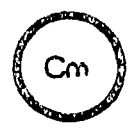
Transformador de Corriente  
(El número indica la cantidad de transformadores)



Transformador de Potencial  
(El número indica la cantidad de transformadores)



Conmutador.



TRANSFORMACION.

Transformador de Distribución  
o de Potencia.  
(Los números indican sus  
principales características)

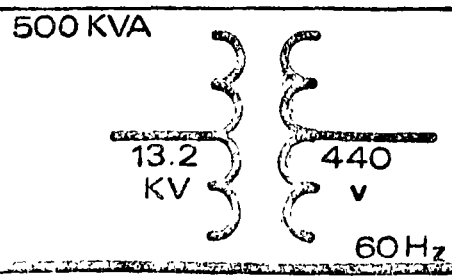
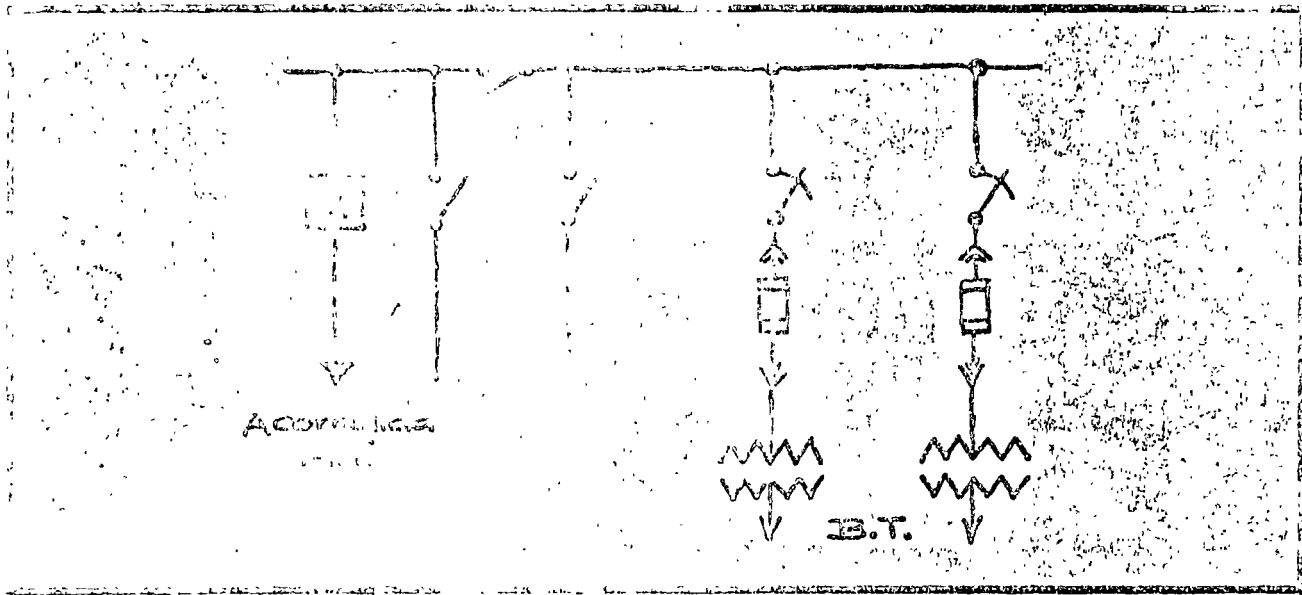


TABLA No. 3.—CARACTERISTICAS ELECTRICAS  
PRINCIPALES DE LAS  
SUBESTACIONES NORMALES.

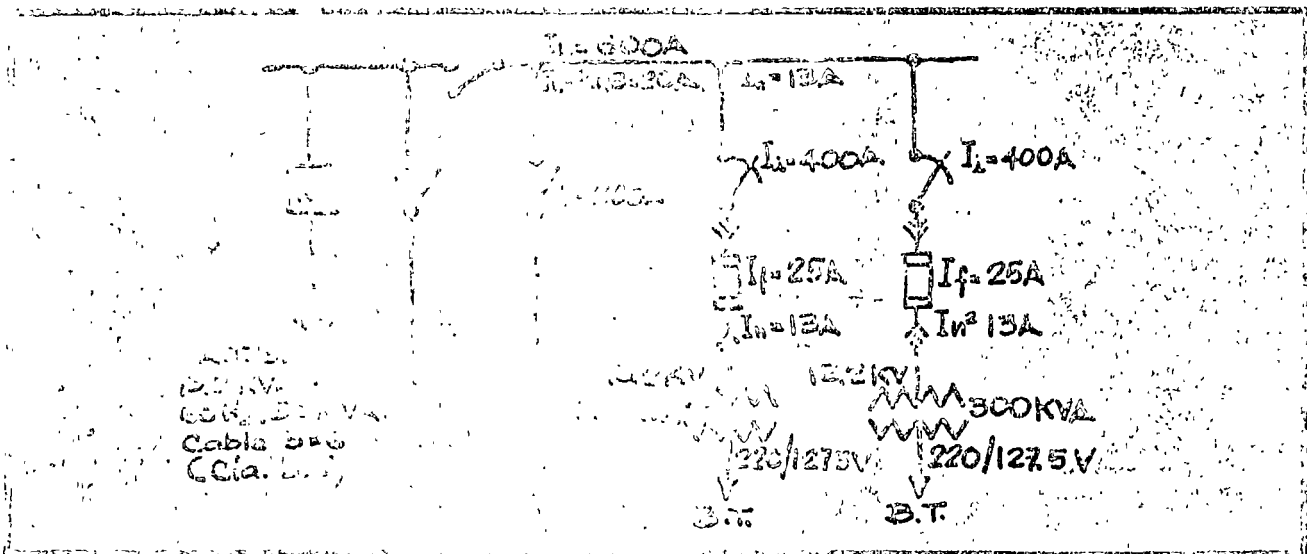
TRANSFORMADOR		INTERRUPTOR		BARRAS	
KVA	KV	AMP.	MVA	AMP. FUS.	
50	2.4	13	100	25	400
	4.16	11	100	25	
	6	5	150	10	
	13.2	2	150	6	
	23	1	1000	4	
75	2.4	18	100	40	400
	4.16	10	100	25	
	6	7	150	16	
	13.2	3	150	6	
	23	2	1000	4	
112.5	2.4	27	100	63	400
	4.16	16	100	40	
	6	11	150	25	
	13.2	5	150	10	
	23	3	1000	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.

1º—Haga un diagrama unifilar sencillo de la subestación tal como la tenga pensada.



2º—Ponga en el diagrama los datos de suministro de la Cia. de Luz y los valores nominales del equipo (Ver Tabla No. 3).



La capacidad de los conductores, de las barras y de los interruptores, son generalmente bastante más grandes que la capacidad nominal para asegurar, según sus características, la protección entre fases y aislamiento, que en circuitos de líneas

de líneas 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 800A. según el tamaño de la subestación.



1000  
COMEX

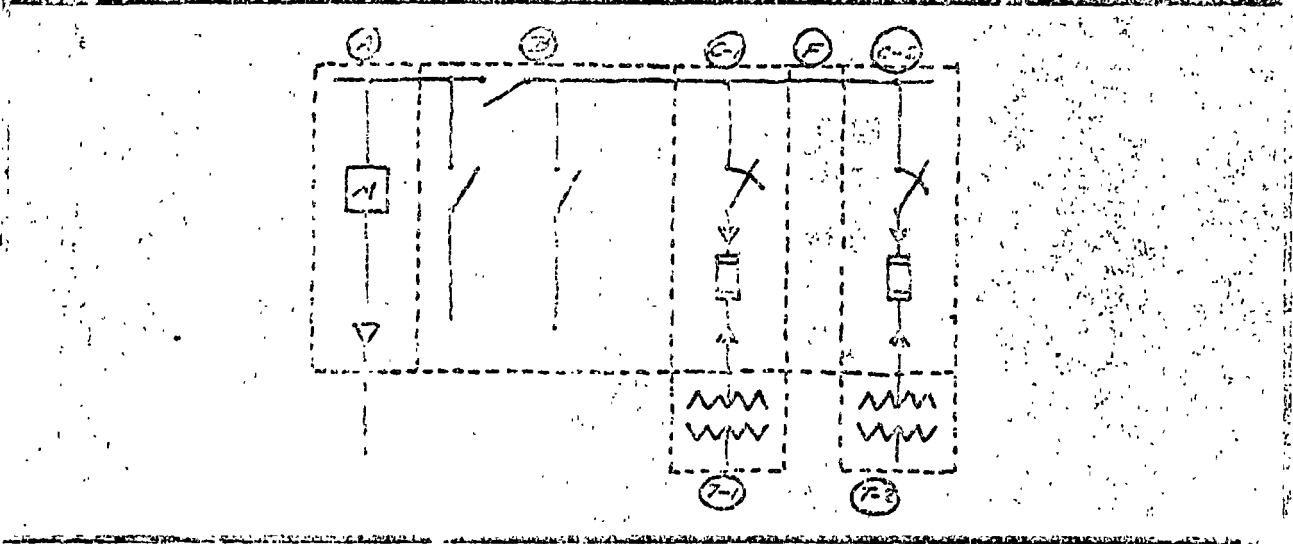
1000  
COMEX

1000  
COMEX

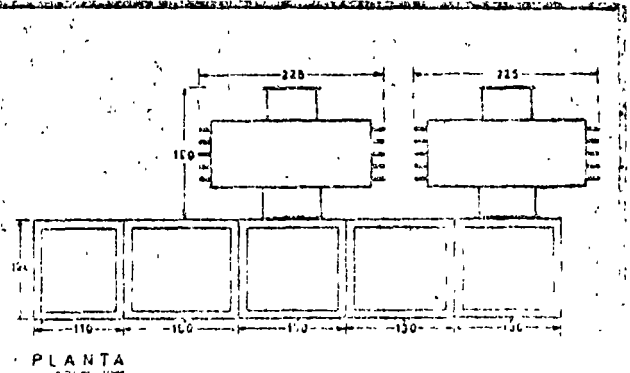
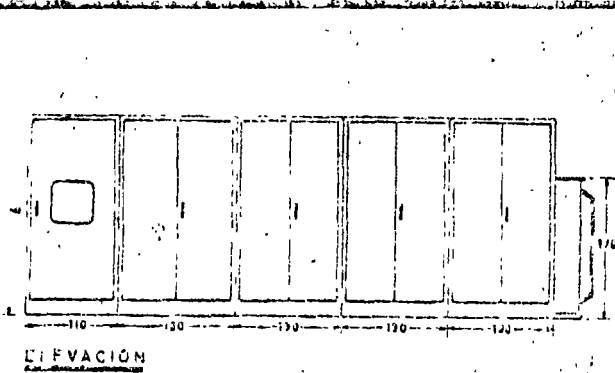
1000  
COMEX

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.

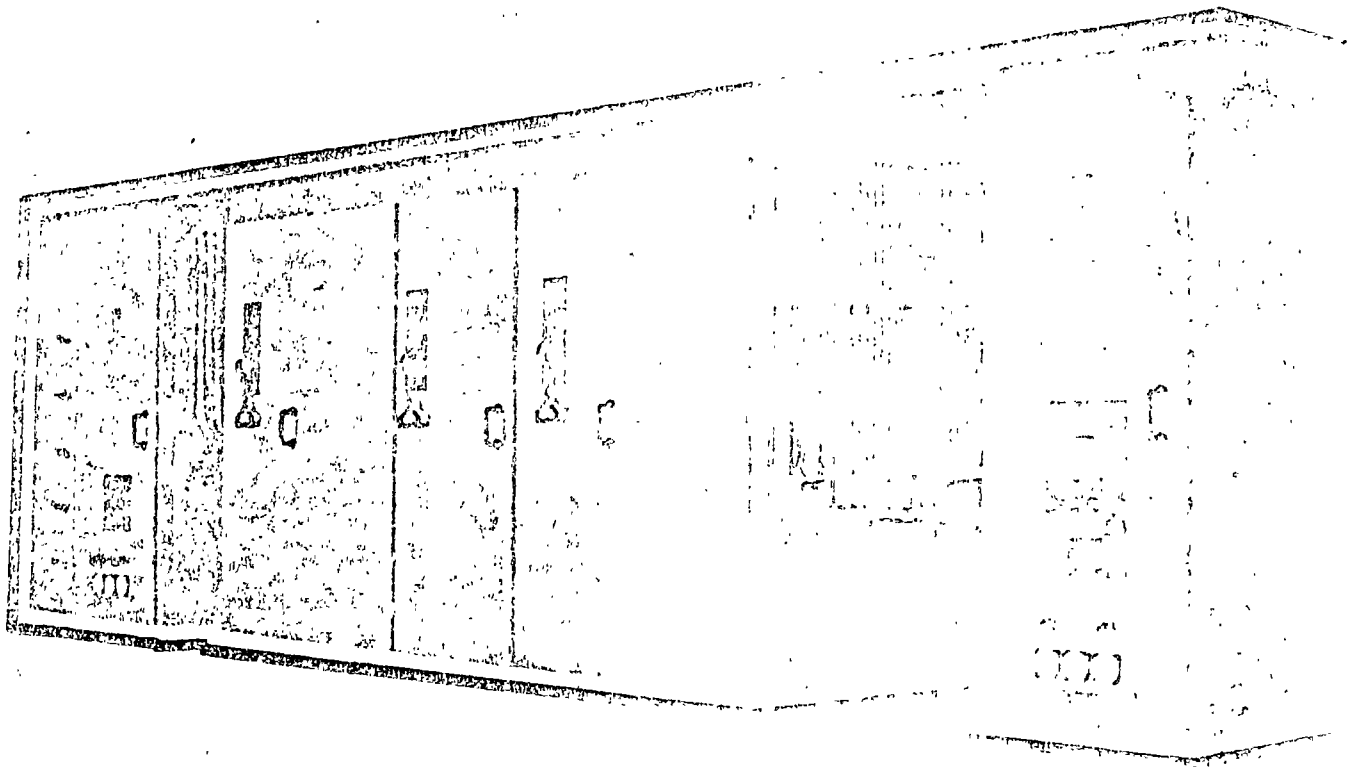


4°—Con los elementos anteriores pueden darse medidas a la subestación completa, según la Tabla No. 2.



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 apantallados son útiles en subestaciones a la intemperie, cuando

la Cia. de Luz no los pone en su parte de acomodada. 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 escalillas de prueba.



XERO COPY

XERO COPY

DOS MANERAS 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.

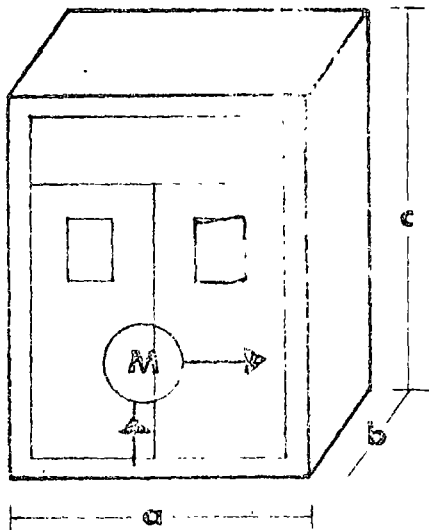
Y la otra a alta tensión que puede ser la tarifa no. 8 hasta 4500 kw. y la tarifa no. 12 para servicios de 5000 kw. o más a tensiones de 66 kv. o superiores.

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 cobrara 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 electrica que realizan las compañías suministradoras hay que pagar una cantidad por el llamado regimen de cuotas que varía según las zonas del país ( I, II, III ) y la tarifa que se aplique al servicio.

SECCION I-MEDICION.-



GABINETE .-

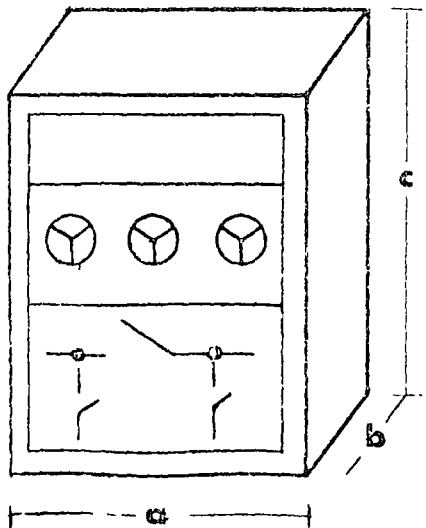
Esta sección denominada MEDICION, está destinada a alojar el equipo de medición en alta-tensión de la compañía suministradora de energía eléctrica. Esta sección es la que recibe la acometida y la tomamos como punto de partida para definir el SENTIDO de la subestación-denominandolas IZQUIERDAS ó DERECHAS cuando -- las subsecuentes secciones se vayan adosando-al costado izquierdo de ésta sección ó vice--versa en el segundo caso.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	150	150	240
25	200	200	260
34.5	280	280	300

EQUIPO.-

Este gabinete se suministra vacío de fábrica con objeto de alojar el equipo de medición - indicando anteriormente y unicamente se proporcionan las zapatas en los buses de las fa ses y barra de tierra para poder efectuar - las conexiones correspondientes.

SECCION II- VERIFICACIONES.-

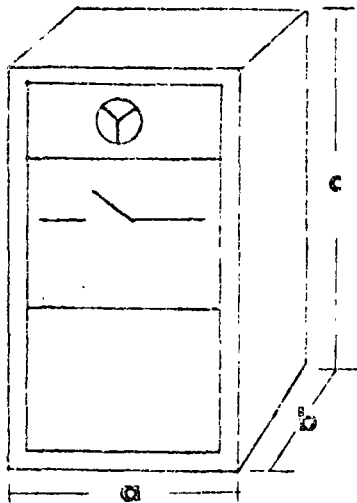


GABINETE:-

Esta sección denominada VERIFICACION, está-destinada a alojar el equipo que se presta a-la compañía suministradora para hacer verifi-caciones ó pruebas de su equipo de medición sin tener necesidad de interrumpir el servi-cio al usuario.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	150	150	240
25	150	200	260
34.5	280	280	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.-

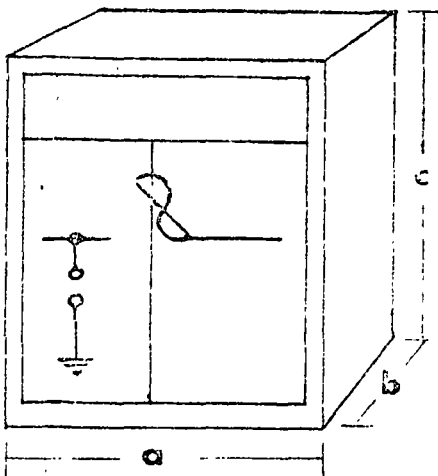
Esta sección denominada CUCHILLAS, está destinada a alojar el equipo de desconexión que permita a la compañía suministradora efectuar verificaciones ó pruebas a su equipo de medición pero necesariamente con la interrupción del servicio.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	50	150	240
25	50	200	260
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.

KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	150	150	240
25	150	200	260
34.5	280	280	300

Tres apartarrayos 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 unicamente 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 apartarrayos tipo autoválvula

Un seccionador en aire bajo 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 RF6 ó similar.

SECCION III-M. INTERRUPTOR

GABINETE.-

Esta sección es similar a la anterior variando unicamente en el equipo de protección el cual UNICAMENTE se puede ofrecer para las subestaciones en 25 KV, las dimensiones del gabinete coinciden con las de la III-S.

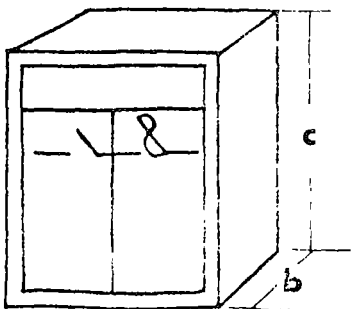
EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar:

Tres apartarrayos 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 B-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 el 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	240
34.5	200	280	300

EQUIPO.-

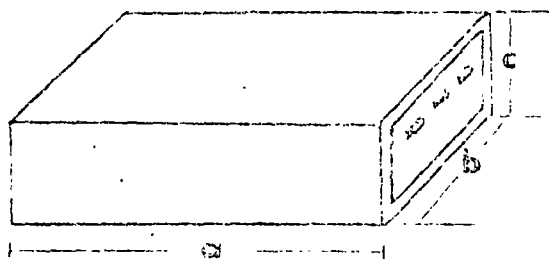
Esta sección se suministra de fábrica con el siguiente equipo, montado y conectado de acuerdo con el diagrama unifilar:

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 AMP. consultar a M.E.C.S.A.)

SECCION V-A.- ELECTRODUCTO AEREO



GABINETE.-

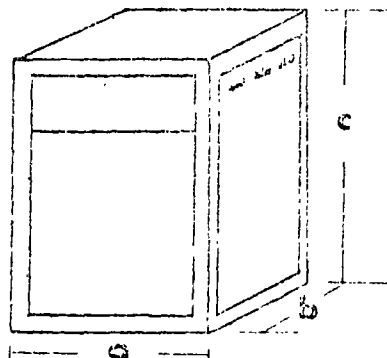
Esta sección denominada ELECTRODUCTO AEREO, está destinada a interconectar secciones que estén acopladas a otros equipos que por tener un ancho mayor que la sección impiden el acoplamiento directo.

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 autosoportada directamente sobre el piso y sus dimensiones de fondo 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	240
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 MECSA, están 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 únicamente 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 únicamente 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 MEDICION, VERIFICACION e INTERRUPTOR, siendo la ESPECIAL la que constituida por cualquier otra combinación, por lo que ésta letra únicamente puede ser N ó E

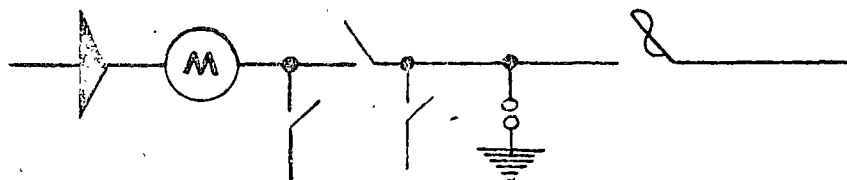
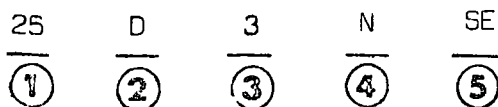


DIAGRAMA UNIFILAR

- ⑤ Las letras finales nos indican el tipo de servicio de la subestación, que únicamente 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:





II

TABLA DE SELECCION DE FUSIBLES Y RELEVADORES

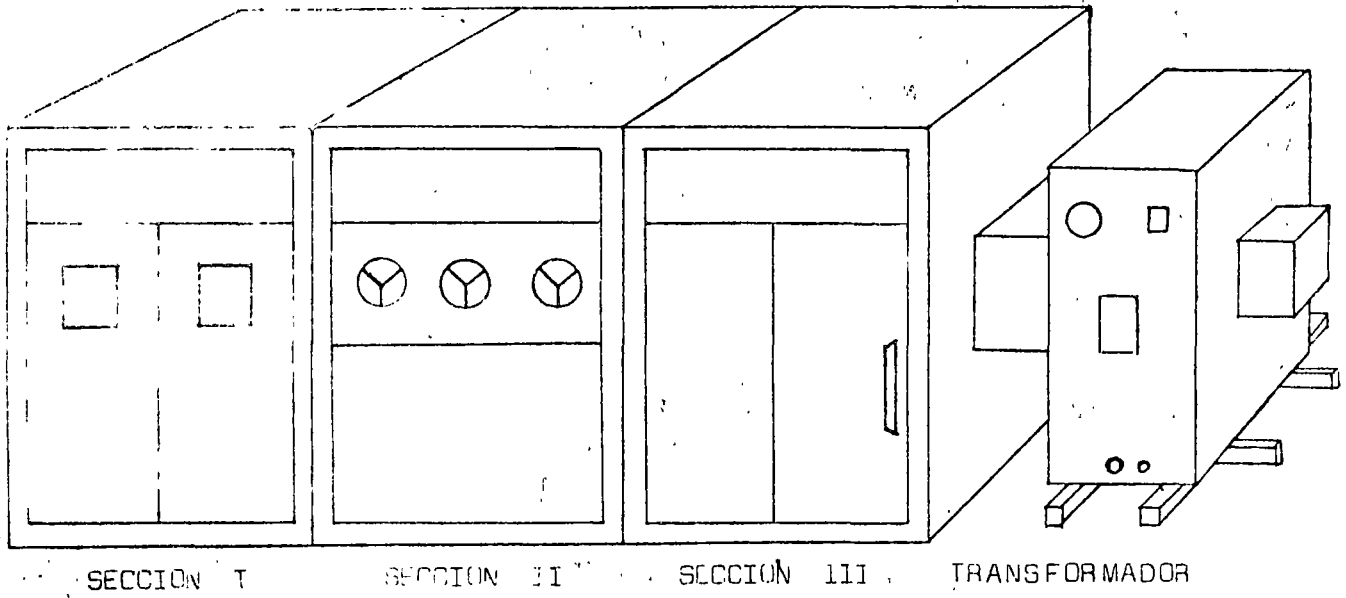
POTENCIA NOMINAL SGE-EST.	SECCIONADOR CON FUSIBLES SIEMENS				RUPTO FUSIBLES MARCA "DELLE"						INTERRUPTOR "MECSA".	
	TENSION DE SERVICIO 13.2 KV	CAPACIDAD INTERRUPTIVA S.	TENSION DE SERVICIO 20/23 KV.	CAPACIDAD INTERRUPTIVA SIMETRICA.	TENSION DE SERVICIO 13.2KV CORRIENTE DEL RELE Y FUSIBLE.			TENSION DE SERVICIO 20/23 KV. CORRIENTE DEL RELE Y FUSIBLE.			TENSION DE SERVICIO	
	K.V.A.	AMP-FUS	M.V.A.	AMP-FUS	M.V.A.	AMP-RELE	AMP-FUS	MVA-C.I.S	AMP-RELE	AMP-FUS	MVA-C.I.S	AMP-RELE
100	16	1000	16	1000	10/14	10	500	6.3/10	63	1000	5/10	5/10
125	25	1000	25	1000	16/22.4	16	500	10/13	10	1000	5/10	5/10
150	25	1000	25	1000	16/19.2	16	500	16/25.6	16	1000	5/10	5/10
200	25	1000	25	1000	16/25.6	16	500	16/25.6	16	1000	10/20	5/10
250	25	1000	25	1000	20/28	20	500	16/25.6	16	1000	10/20	10/20
300	40	1000	25	1000	20/28	20	500	16/25.6	16	1000	10/20	10/20
400	40	1000	25	1000	25/37.5	25	500	20/26	20	1000	20/40	10/20
500	40	1000	40	1000	32/44.8	32	500	20/32	20	1000	20/40	10/20
600	63	1000	40	1000	32/44.8	32	500	25/40	25	1000	20/40	20/40
750	63	1000	63	1000	40/56	40	500	32/51.2	32	1000	40/80	20/40
1000	100	1000	63	1000	63/88.2	63	500	40/64	40	1000	40/80	20/40
1250	100	1000	63	1000	80/112	80	500	50/65	50	1000	40/80	40/80
1600	160	1000	100	1000	100/150	100	500	63/100.8	63	1000	80/160	40/80

NOTAS:

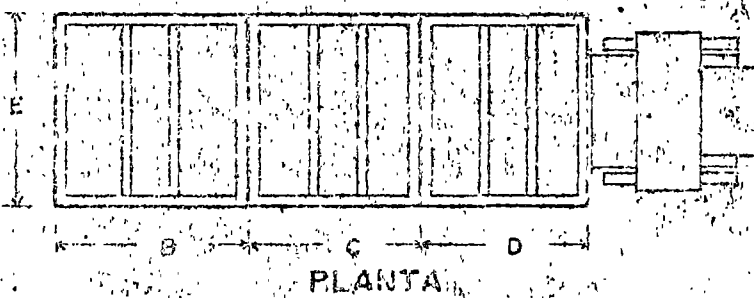
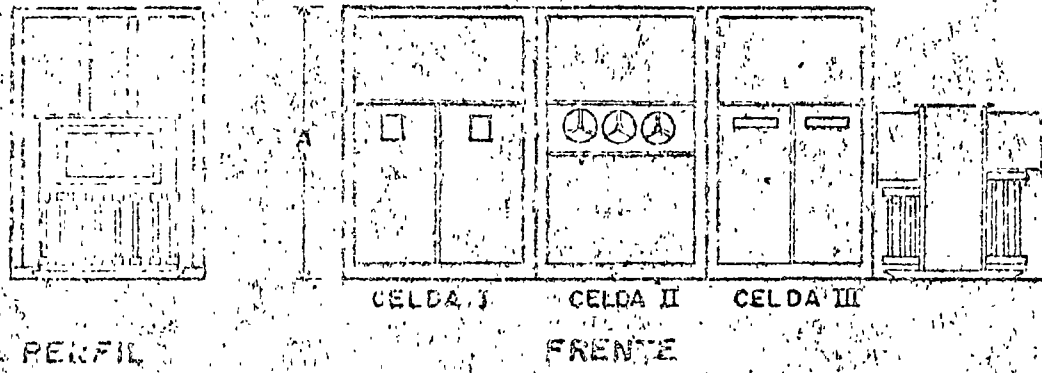
- 1.- El seccionador SIEMENS no lleva relevadores de sobrecorriente primarios, solo tres fusibles con C.I.S., de 1000 MVA
- 2.- El portafusible DELLE lleva tres relevadores primarios de sobrecorriente y tres fusibles con C.I.S., de 500 MVA ó 1000 MVA
- 3.- El interruptor en bajo volúmen de aceite MECSA, lleva dos ó tres relevadores primarios de sobrecorriente, no necesita fusibles, ya que no los requiere para su operación, se surte con una bobina de apertura a control remoto ó una bobina de apertura por bajo voltaje a tensiones 127/220/254/440 volts.  
También se puede surtir totalmente automático (consultar precio) 20MG/750 MVA simétricos, 800 Amps.nominales

C.I.S. - Capacidad interruptiva Simétrica

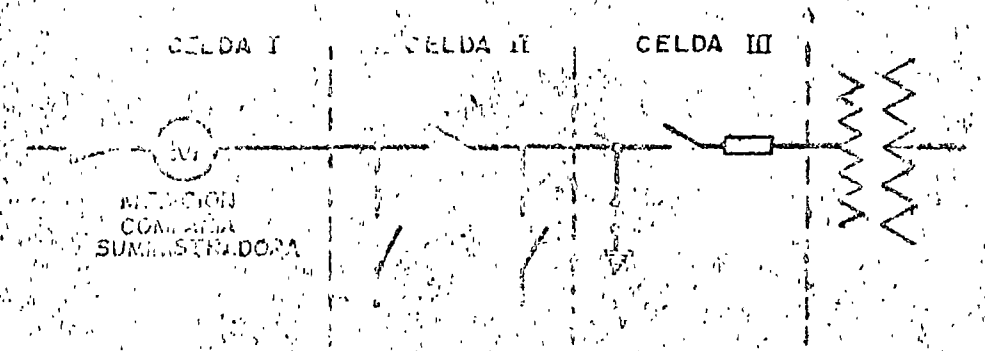
Interruptor "MECSA" Interruptor en bajo volúmen de aceite tipo 20MG/750 MVA simétricos, 800 Amps. nominales.



ASPECTOS



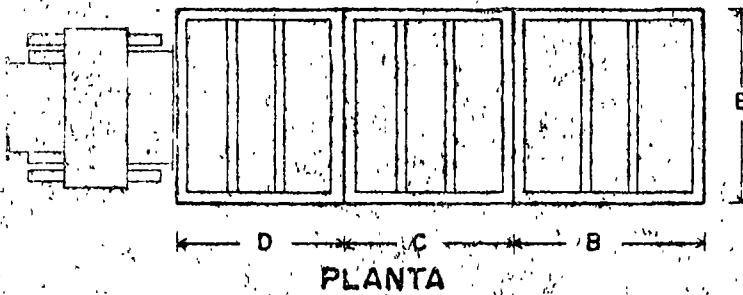
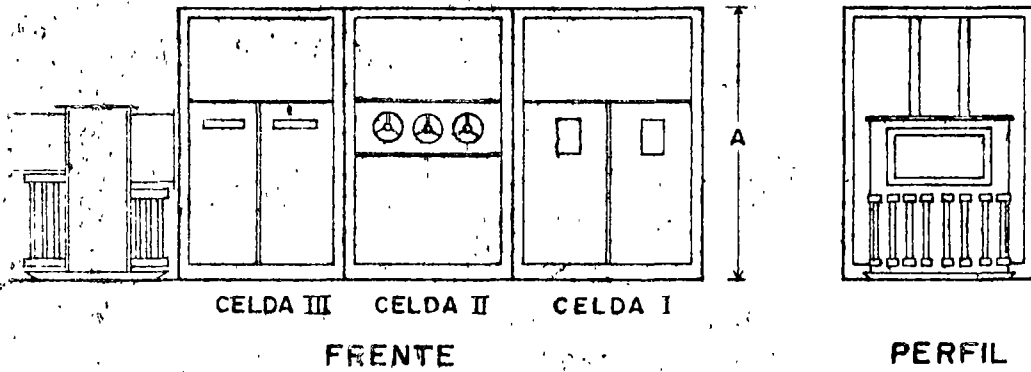
UNIFILAR



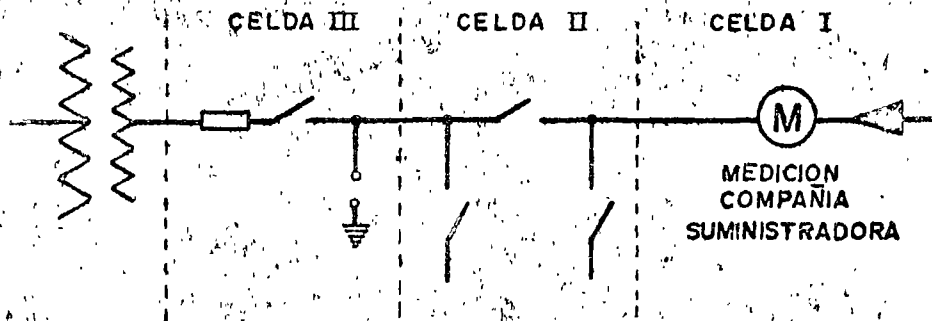
SE ANOTAN LOS ACCIONALES

MODELO	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	IZQUIERDA - DERECHA	COLINEAL

# G A B I N E T E S



## DIAGRAMA UNIFILAR



\* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO \* DI3NTLSI

ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO

SENTIDO

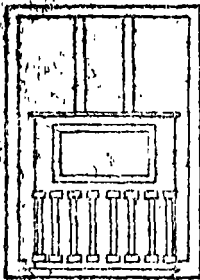
TRANSFORMADOR

INTERIOR

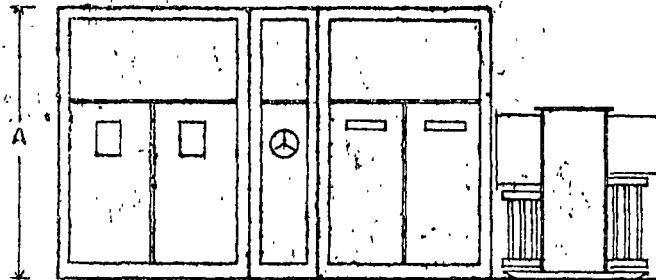
DERECHA - IZQUIERDA

COLINEAL

# G A B I N E T E S

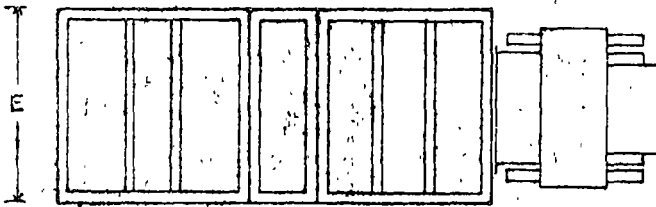


PERFIL



CELDA I CELDA II CELDA III

FRENTE

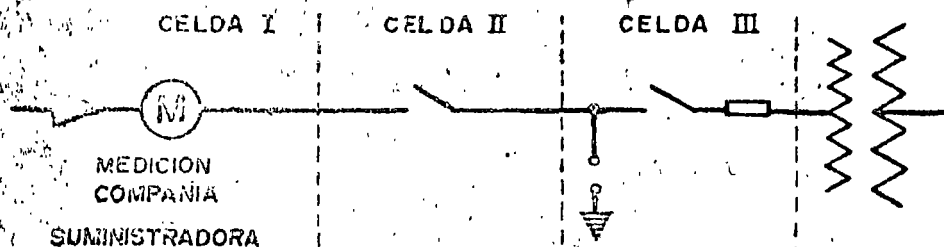


B C D

PLANTA

## DIAGRAMA

## UNIFILAR



\* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO \* 103E TL SI

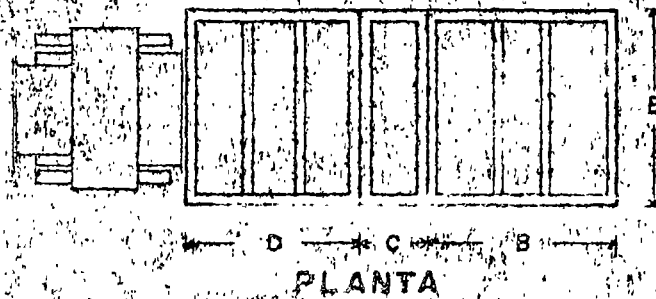
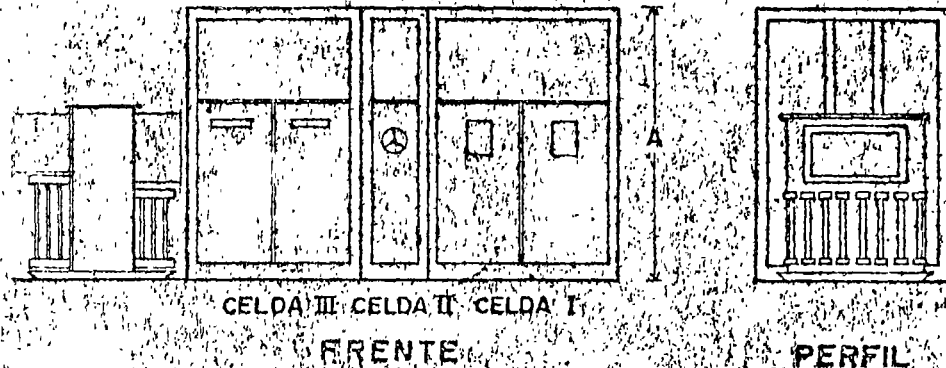
ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO

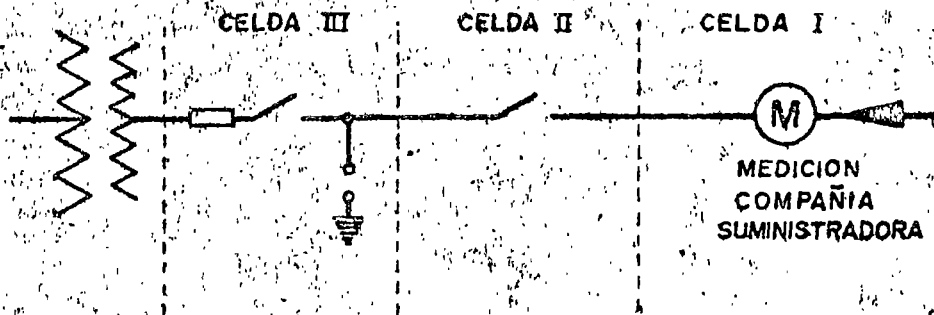
SENTIDO

TRANSFORMADOR

# G A B I N E T E S



## DIAGRAMA UNIFILAR



\* SE ANOTARAN LOS KV NOMINALES.

MODELO \* D13ETLSI

ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO

SENTIDO

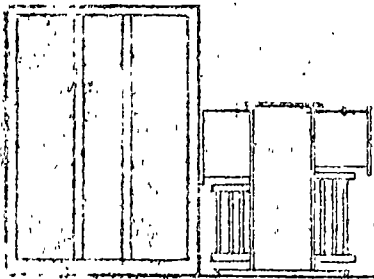
TRANSFORMADOR

INTERIOR

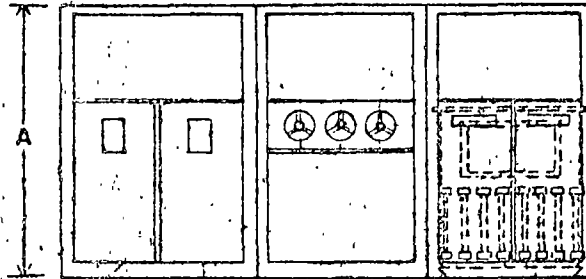
DERECHA - IZQUIERDA

COLINEAL

# C A B I N E T E S

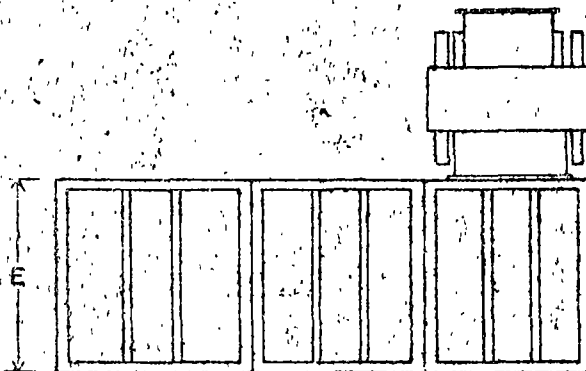


PERFIL



CELDA I CELDA II CELDA III

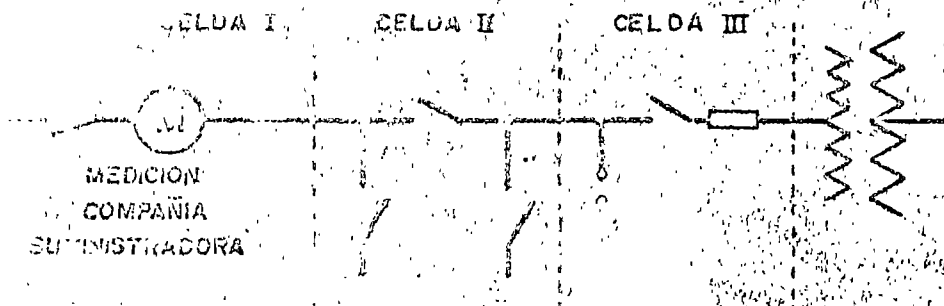
FRENTE



PLANTA

## DIAGRAMA

## UNIFILAR



SE AÑOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO 38-10INTPO

ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO

SENTIDO

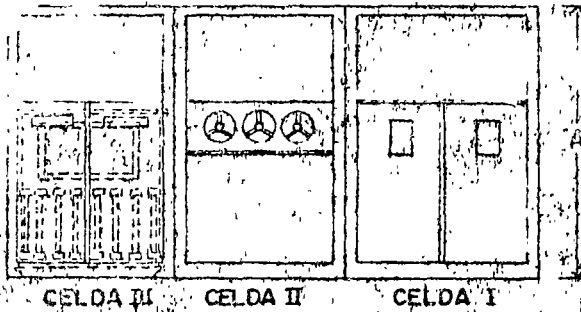
TRANSFORMADOR

INTERIOR

IZQUIERDA — DERECHA

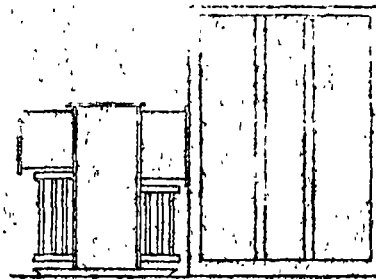
POSTERIOR

# G A B I N E T E S

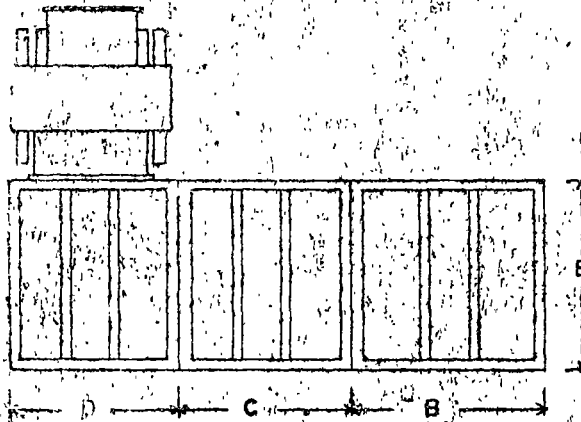


CELDA II CELDA II CELDA I

FRENTE



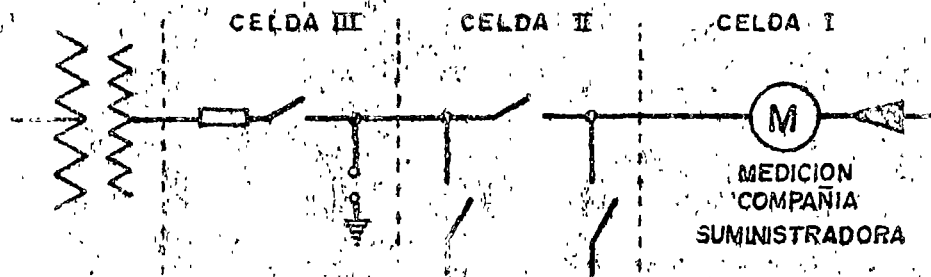
PERFIL



PLANTA

## DIAGRAMA

## UNIFILAR



\* SE ANOTARAN LOS KV NOMINALES

MODELO \* DI3NTPSI

ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO

SENTIDO

TRANSFORMADOR

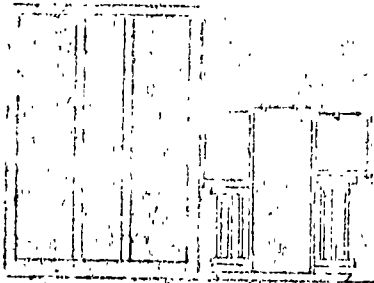
INTERIOR

DERECHA - IZQUIERDA

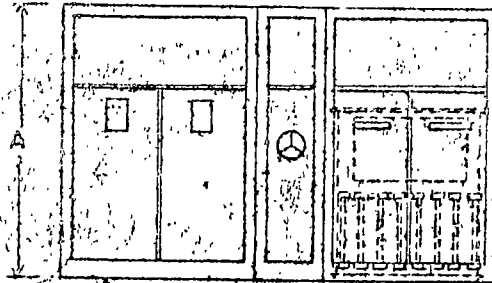
POSTERIOR



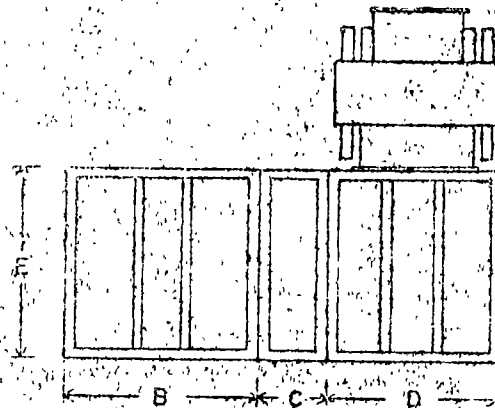
DETALLES



PERFIL



CELDA I CELDA II CELDA III  
 FRENTE

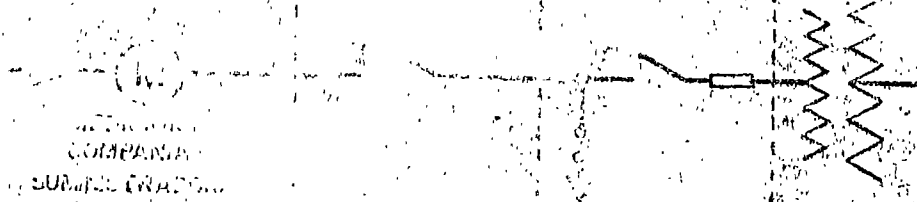


PLANTA

UNIFILAR

UNIFILAR

CELDA I CELDA II CELDA III



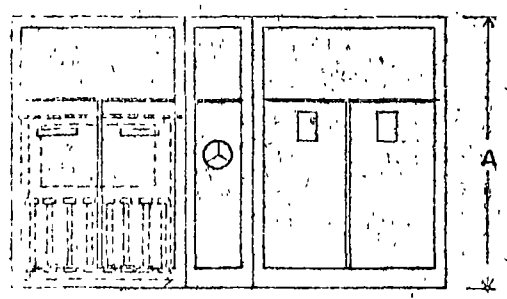
\* DE ANOTACIONES EN HOJAS Nos 3 y 4

MODELO

ANOTACIONES EN HOJAS Nos 3 y 4

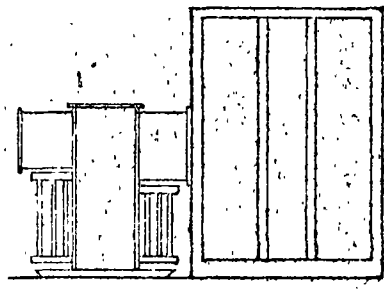
TRANSFORMADOR

# G A B I N E T E S

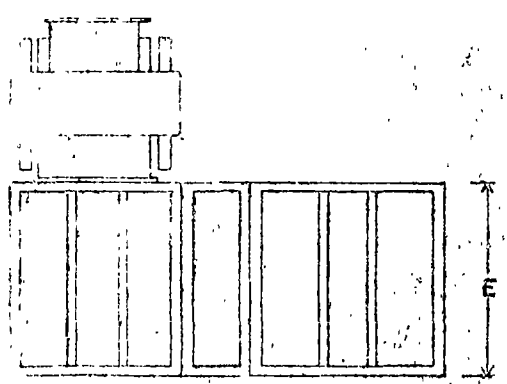


CELDA III CELDA II CELDA I

FRENTE



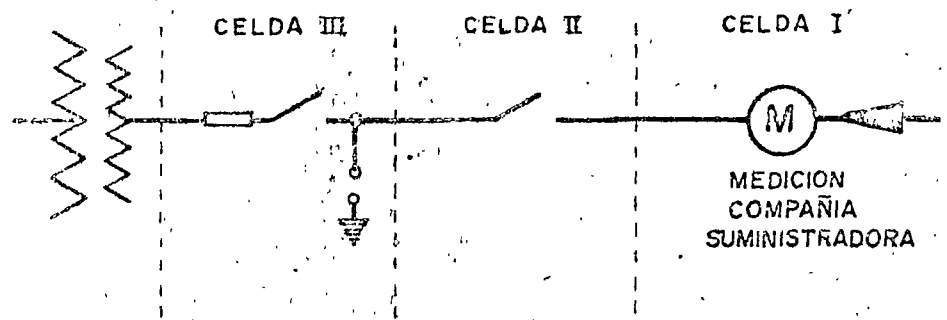
PERFIL



PLANTA

## DIAGRAMA

## UNIFILAR



MEDICION  
COMPAÑIA  
SUMINISTRADORA

\* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO **D13ETPSI**

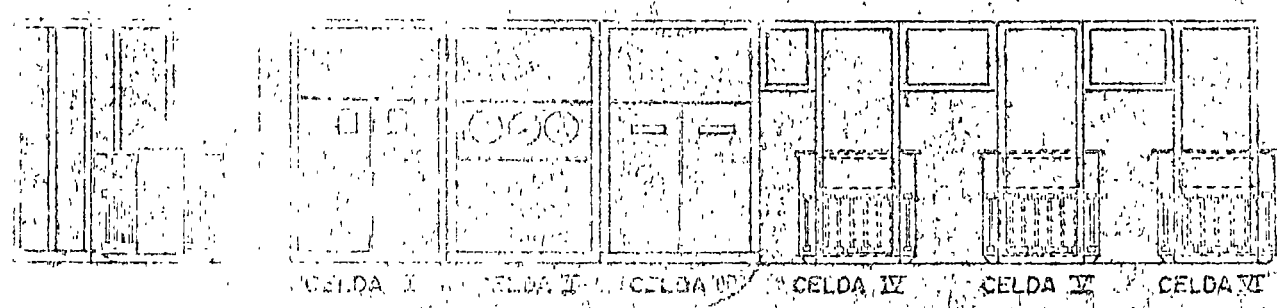
ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO

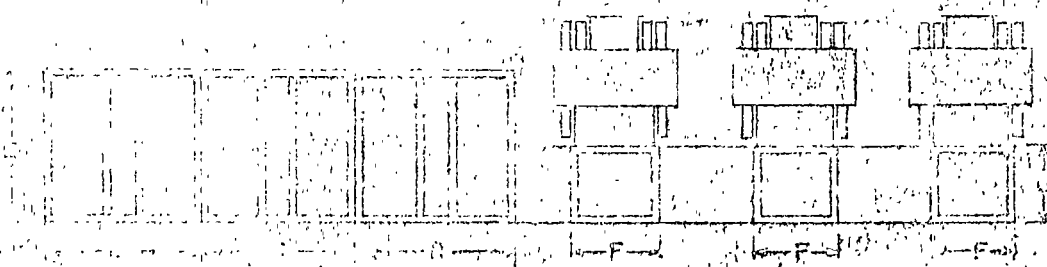
SENTIDO

TRANSFORMADOR

CAS N E F E S

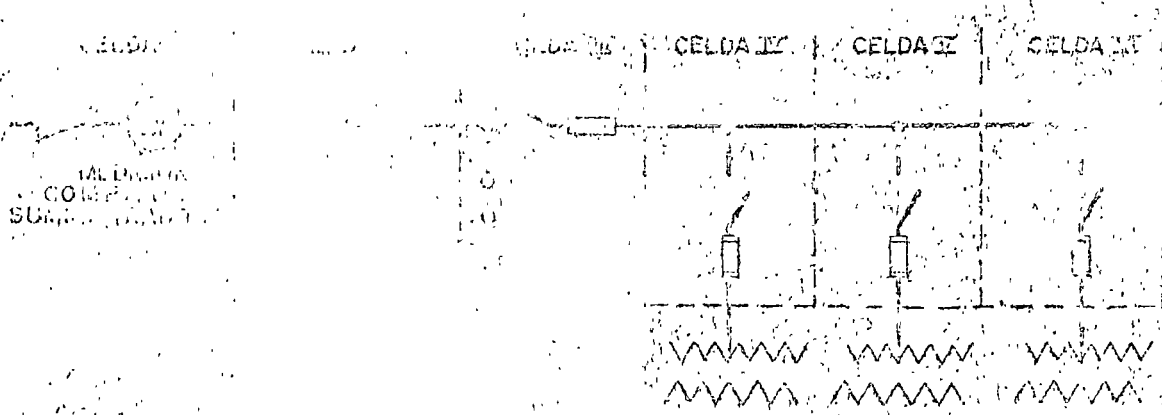


PERFIL FRENTE



PLANTA

SISTEMA UNIFILAR



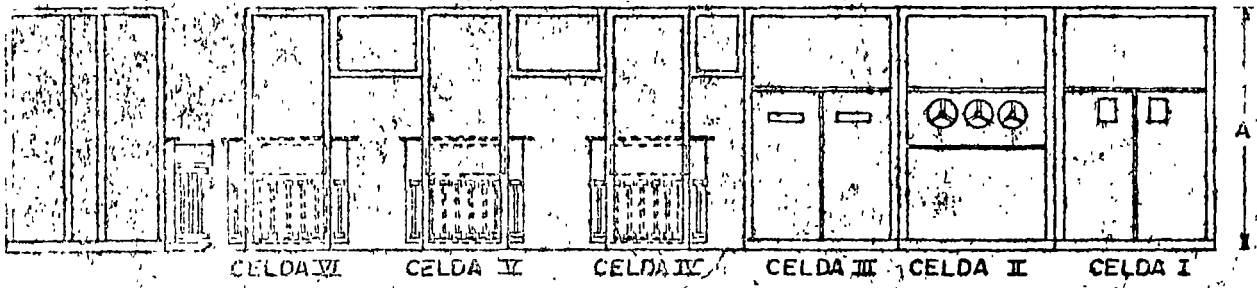
SEÑALACIONES

MODELO DE CONFIGURACIONES EN HOJAS Nos. 3, 4 y 5

SERVICIO TRANSFORMADORES

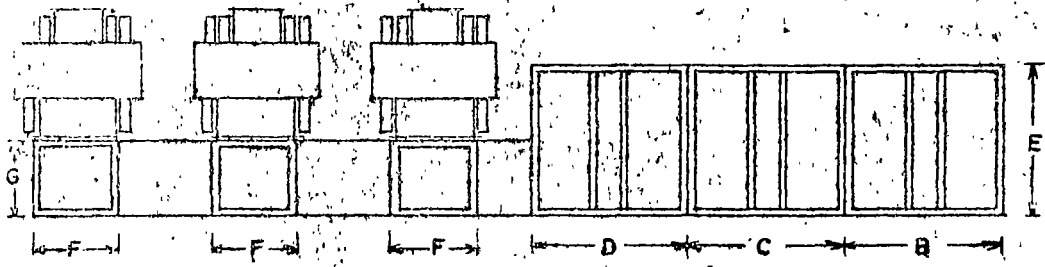
INTERIOR

# G A B I N E T E S



PERFIL

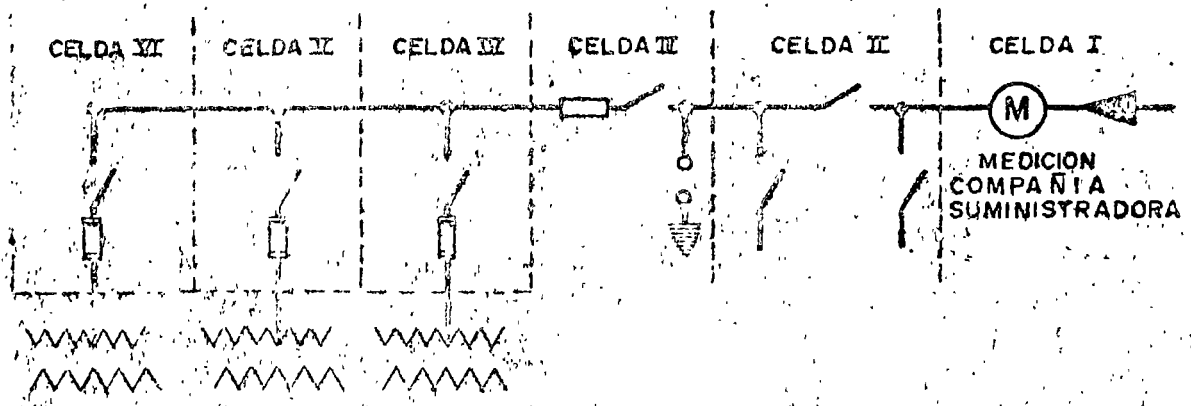
FRENTE



PLANTA

## DIAGRAMA

## UNIFILAR



SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO DISN5TL5

ASOCIACIONES EN HOJAS N<sup>os</sup> 3, 4 y 5

SERVICIO

SENTIDO

TRANSFORMADORES

INTERIOR

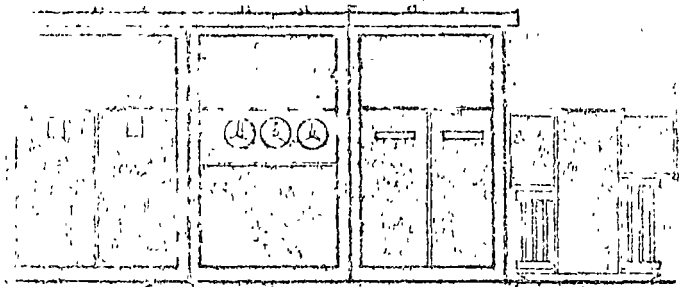
DERECHA - IZQUIERDA

COLINEALES

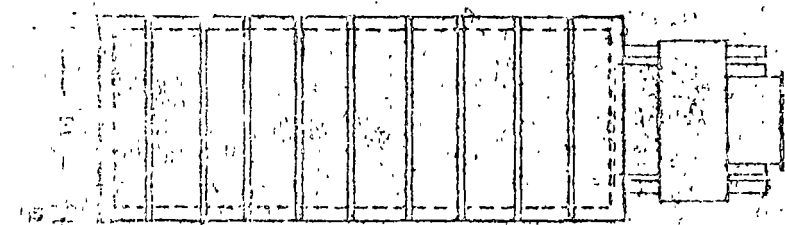
PLANTA DE LA SALIDA DE LOS CABLES



DETALLE

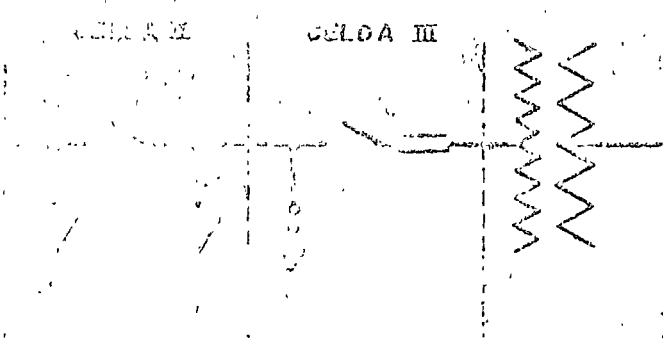


CELDA I CELDA II CELDA III  
FRENTE



PLANTA

CONEXIONES



ELABORADO POR

FECHA

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA SUBESTACION DE TRANSFORMACION DE 13.8 Y 34.5 KV

TRANSFORMADOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA  
MECSA PARA 75,15,25 Y 34.5 KV

JULIO DE 1969

HOJA 18 DE 26

CABINETES

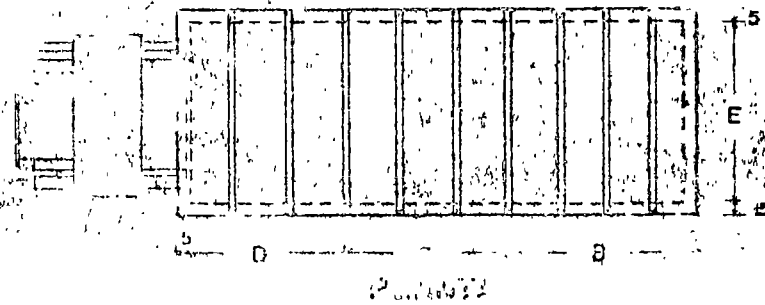
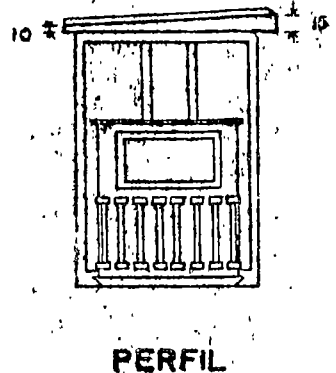
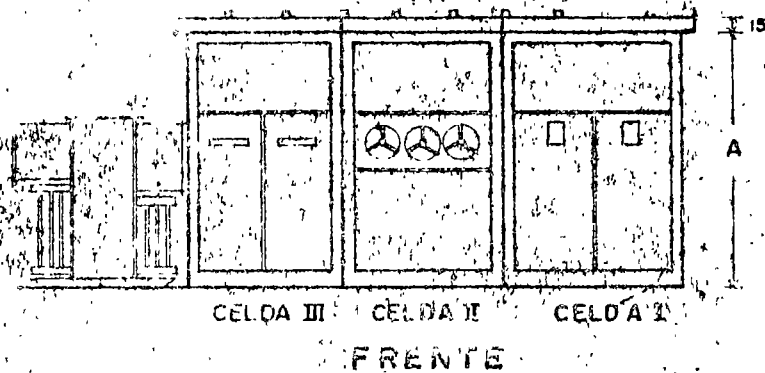
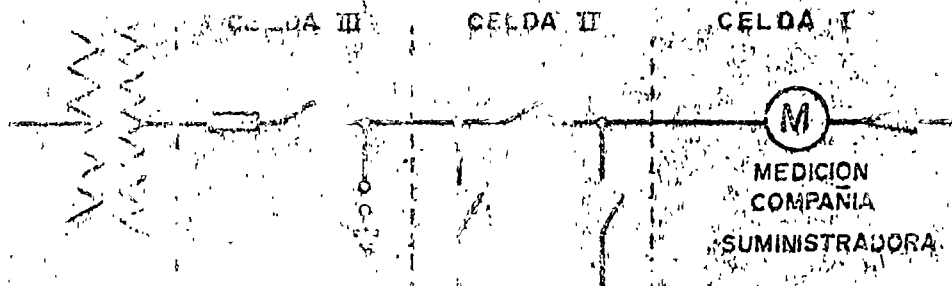


DIAGRAMA UNIFILAR



\* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO 2500 DENTISE

ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 15 y 16

SERVICIO

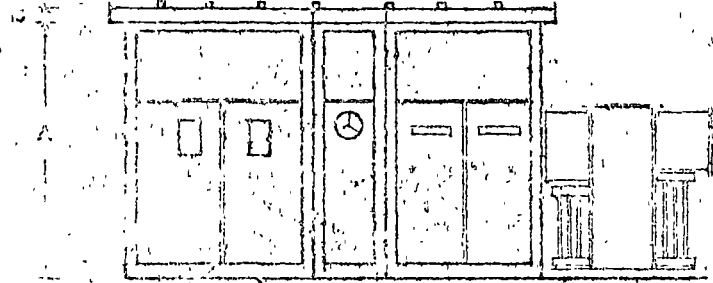
SENTIDO

TRANSFORMADOR

DETALLES

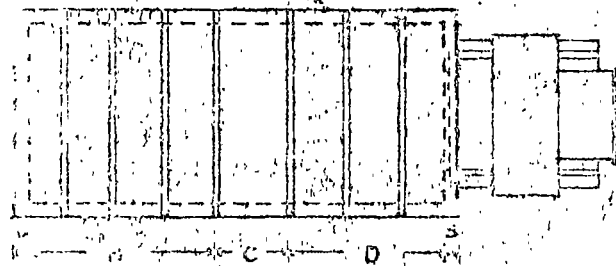


DETALLE



CELDA I CELDA II CELDA III

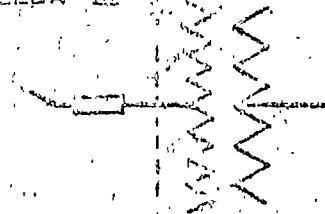
FRENTE



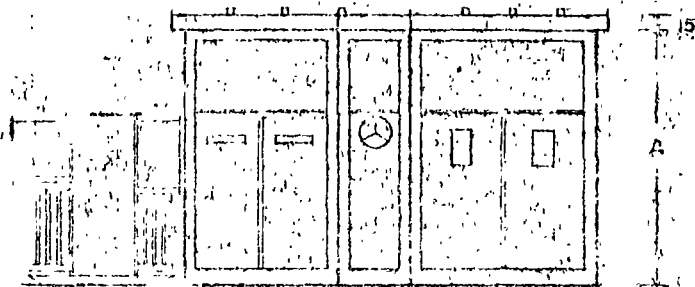
PLANTA

CONJUNTO

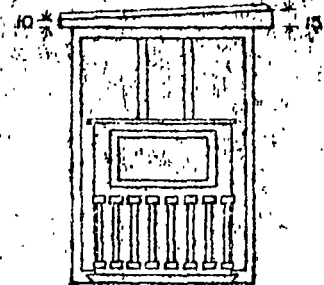
CELDA III



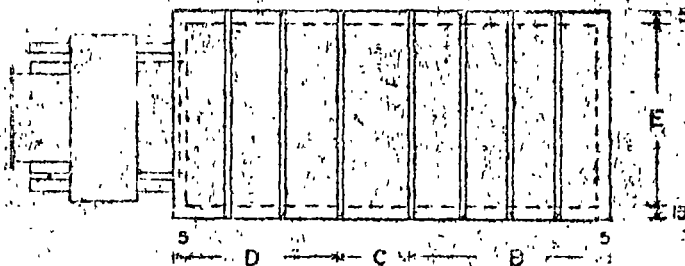
C A B I N E T E S



CELDA III CELDA II CELDA I  
FRENTE



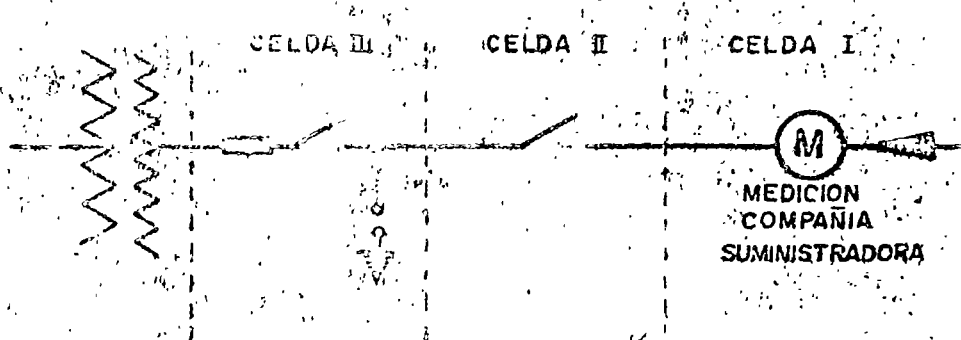
PERFIL



PLANTA

DIAGRAMA

UNIFILAR



M  
MEDICION  
COMPANIA  
SUMINISTRADORA

\* SE ANOTAN LOS VALORES NOMINALES

MODELO \* DISEÑO

ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO

SENTIDO

TRANSFORMADOR

INTERPERIE

DERECHA - IZQUIERDA

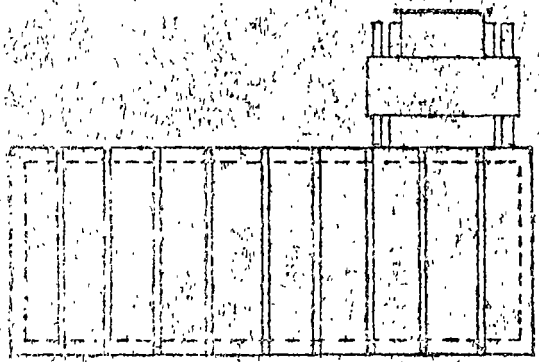
COLINEAL



# FRONTALES

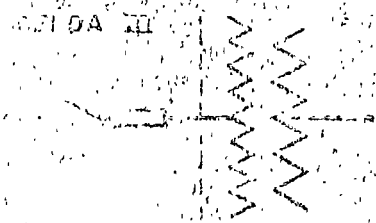


CELDA I CELDA II CELDA II  
FRONTE



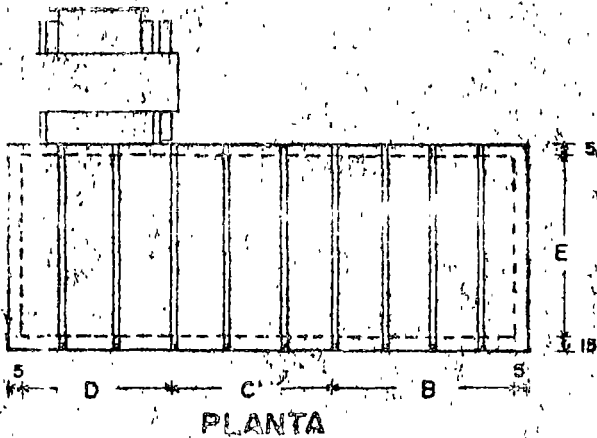
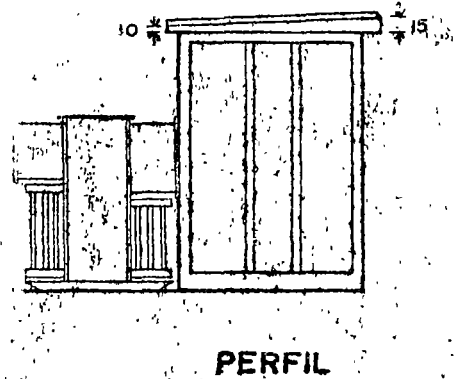
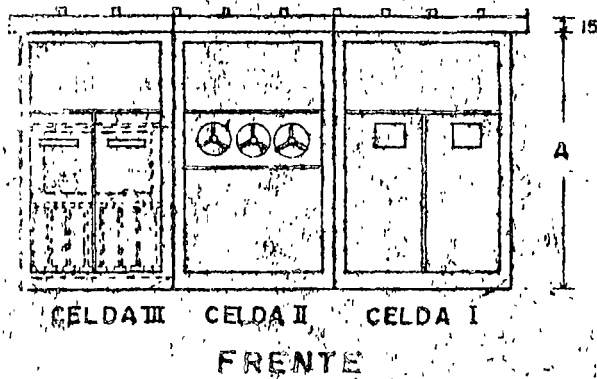
a b c d s  
PLANTA

# DETALLE



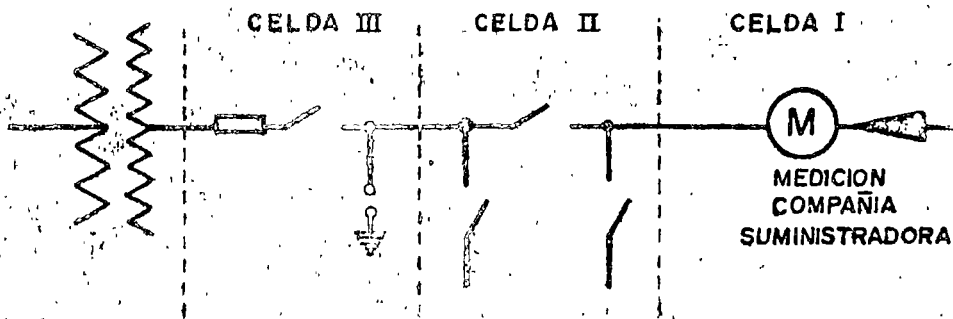
CELDA II

G A B I N E T E S



DIAGRAMA

UNIFILAR



\* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO \* D13NTPSE

ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO

SENTIDO

TRANSFORMADOR

INTEMPERIE

DERECHA - IZQUIERDA

POSTERIOR

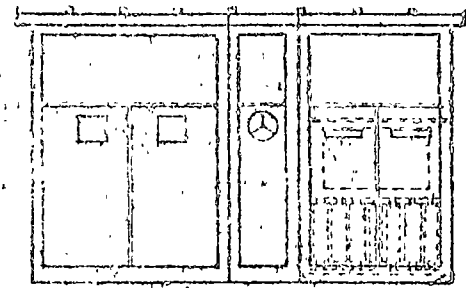
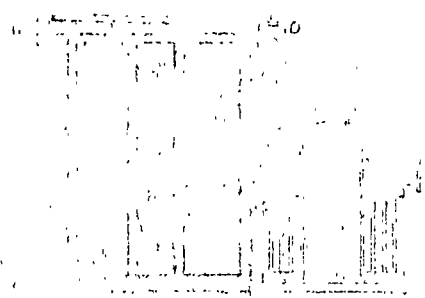
JE

COMPACTA MARCA  
75,15,25 Y 34.5KV

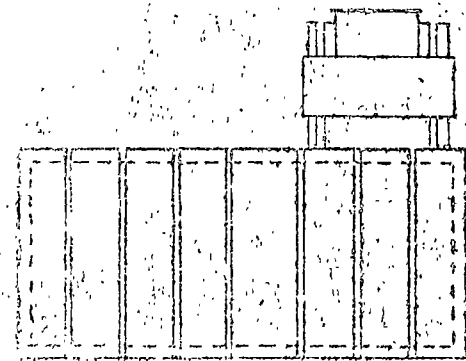
JULIO DE 1969

HOJA 23 DE 26

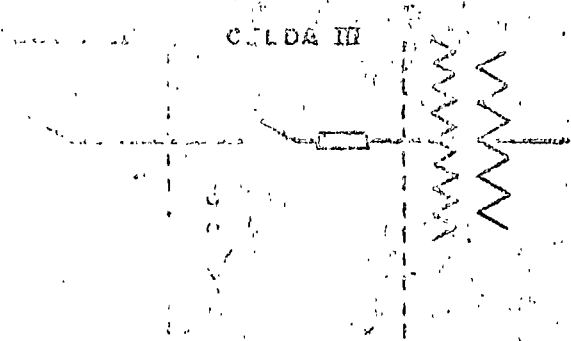
# SEÑALES



CELDA I CELDA II CELDA III  
FRENTE



PLANTA

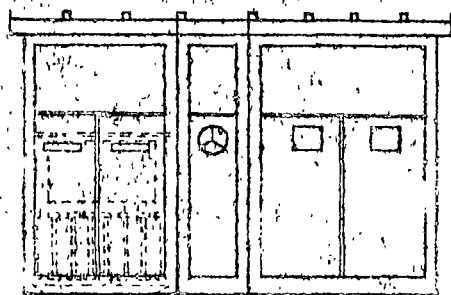


SUBESTACION COMPACTA MARCA  
MECSA PARA 75,15,25 Y 34.5KV

JULIO DE 1969

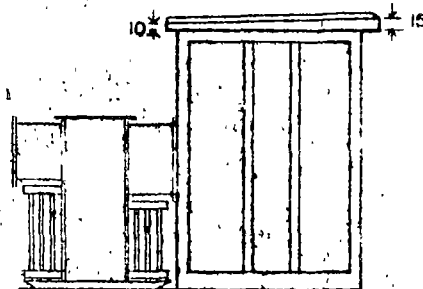
HOJA 24 DE 26

# G A B I N E T E S

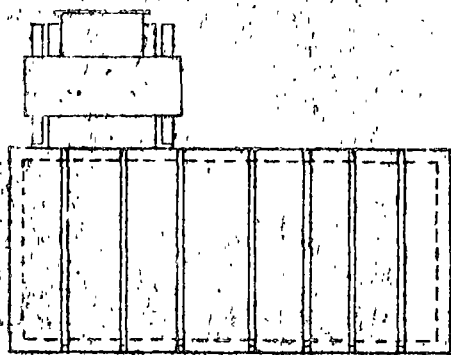


CELDA III CELDA II CELDA I

FRENTE



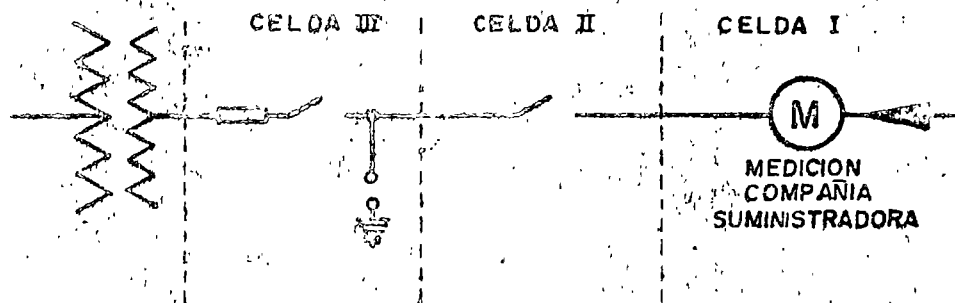
PERFIL



PLANTA

## DIAGRAMA

## UNIFILAR.



\* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO \* D13ETPSE

ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO

SENTIDO

TRANSFORMADOR

INTEMPERIE

DEFECHA

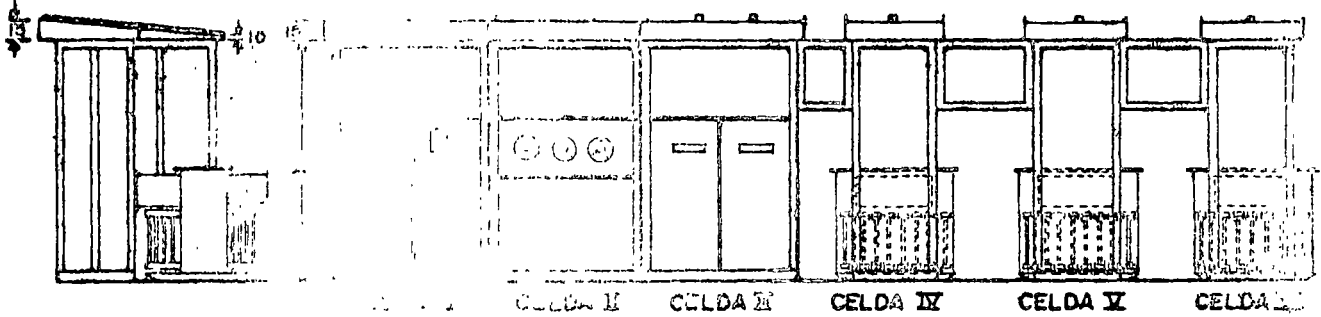
COMPACTA MARCA

JULIO DE 19...

15,25 Y 34.5 KV

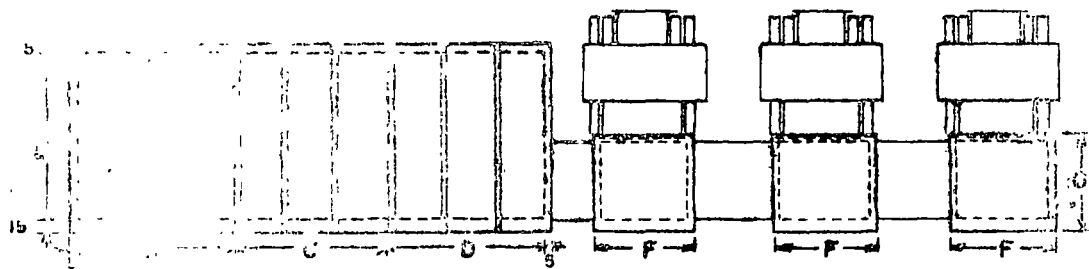
HOJA 25 DE...

# PROYECTO DE CABLES



PERFIL

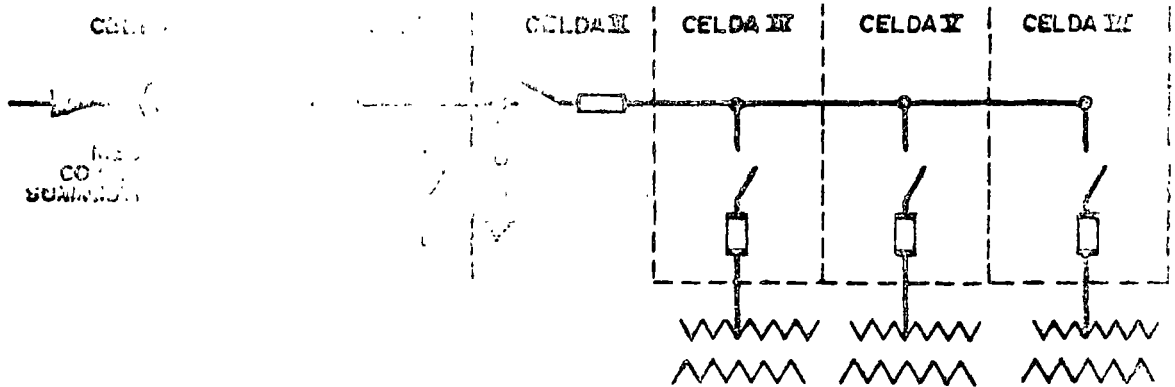
FRENTE



PLANTA

Distancia

## UNIFILAR



\* SE ANOTAR...

MODELO \*

CONEXIONES EN HOJAS Nos. 3, 4 y 5

SERVICIO

TIPO

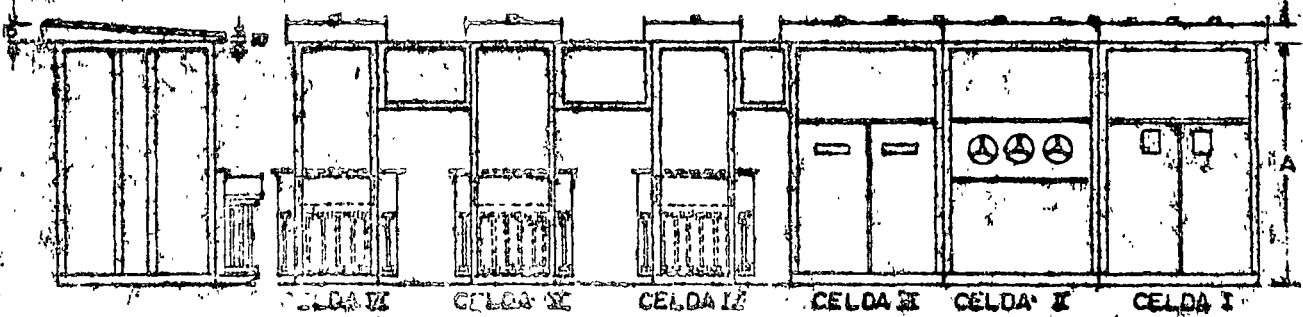
TRANSFORMADORES

INTERFAS

DIRECCION DERECHA

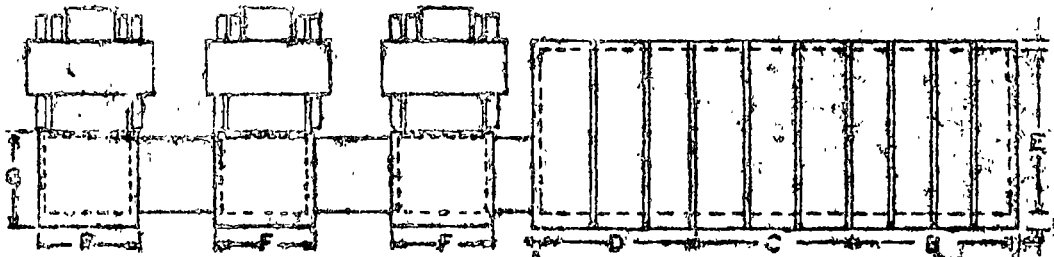
COLINEALES

# G A B I N E T E S



PERFIL

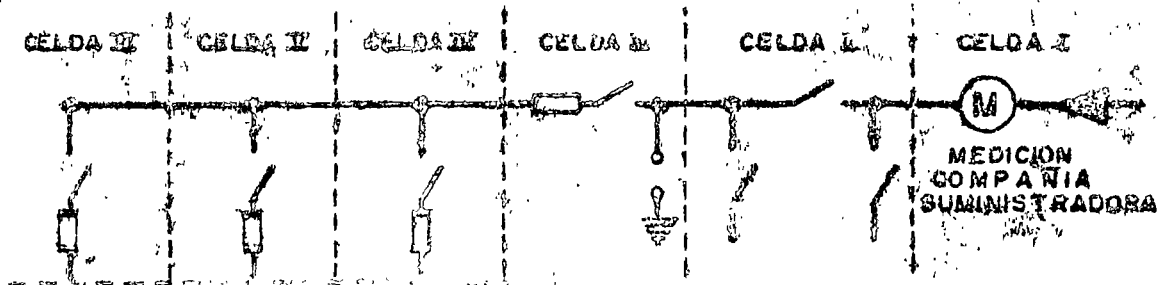
FRENTE



PLANTA

## DIAGRAMA

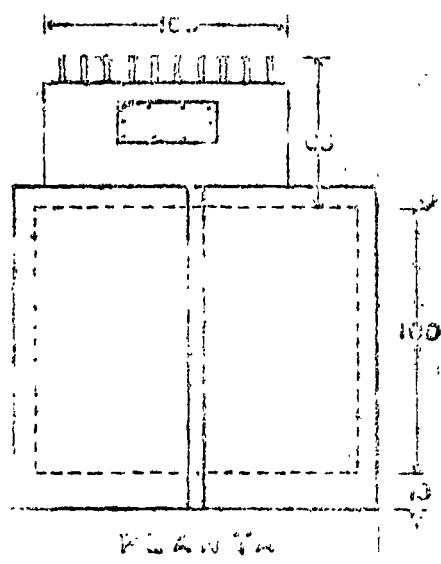
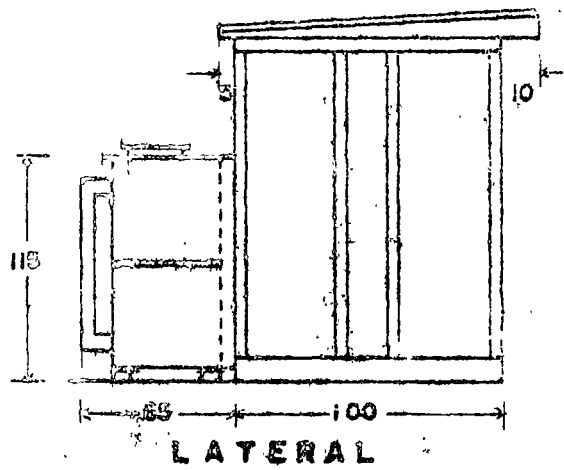
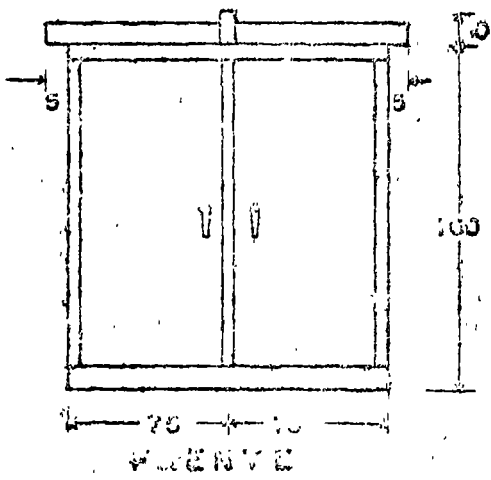
## UNIFILAR



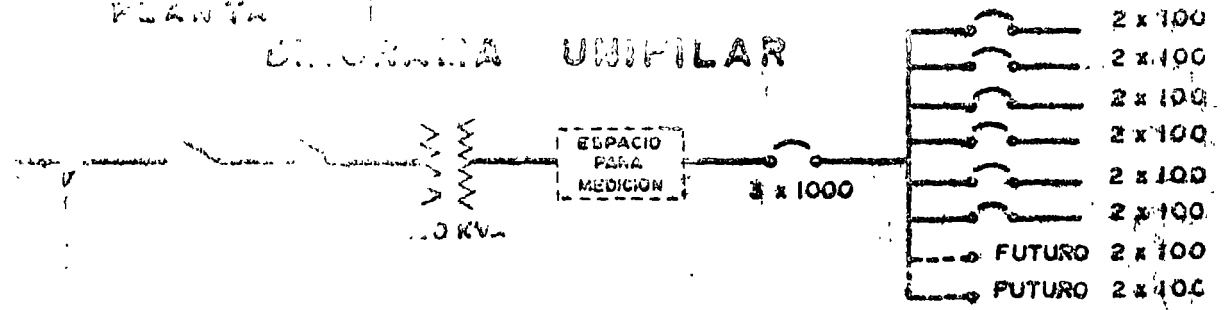


MEMORIA DESCRIPTIVA

GABINETE



ESQUEMA UNIFILAR



MODELO MECESA 150

ACOTACIONES EN CENTIMETROS

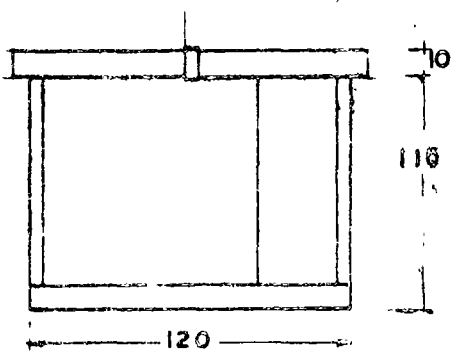
SERVICIO

TRANSFORMADOR

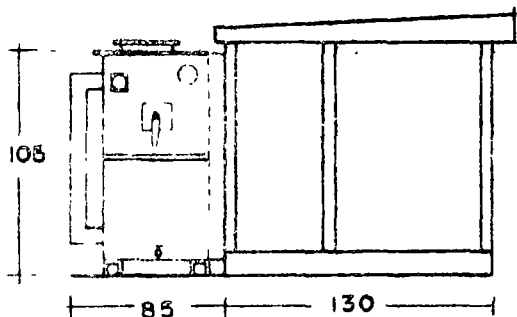
INTERPERIÉ

POSTERIOR

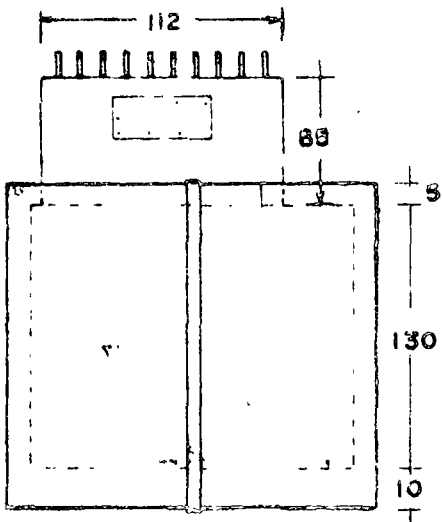
MEMORIA DESCRIPTIVA



FRENTE



LATERAL



PLANTA

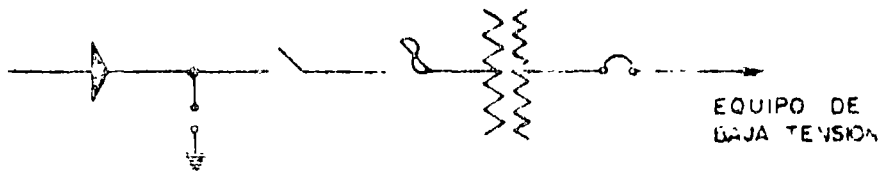


DIAGRAMA UNIFILAR

MODELO MECSAPAQ

ACOTACIONES EN CENTIMETROS

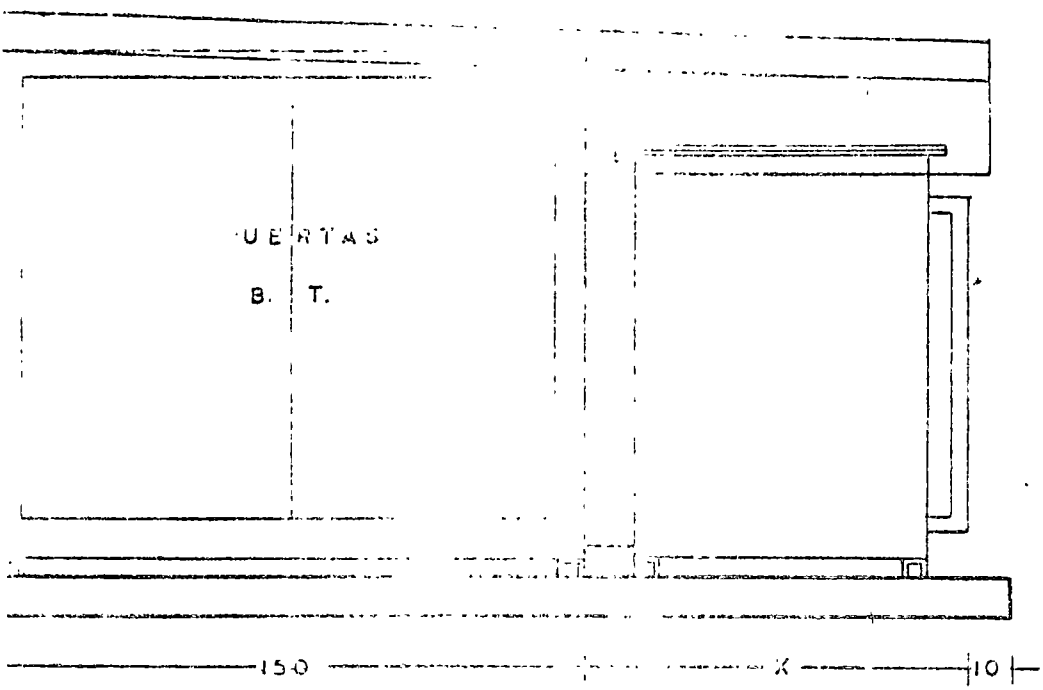
SERVICIO

TRANSFORMADOR

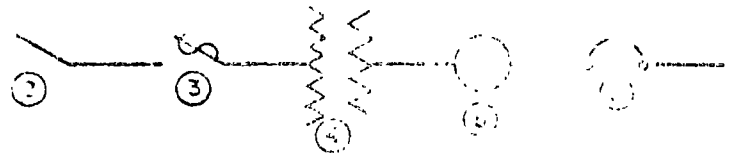
INTEMPERIE

POSTERIOR





ELEVACION



GRAMA UNIFILAR

MATERIAL Y EQUIPO

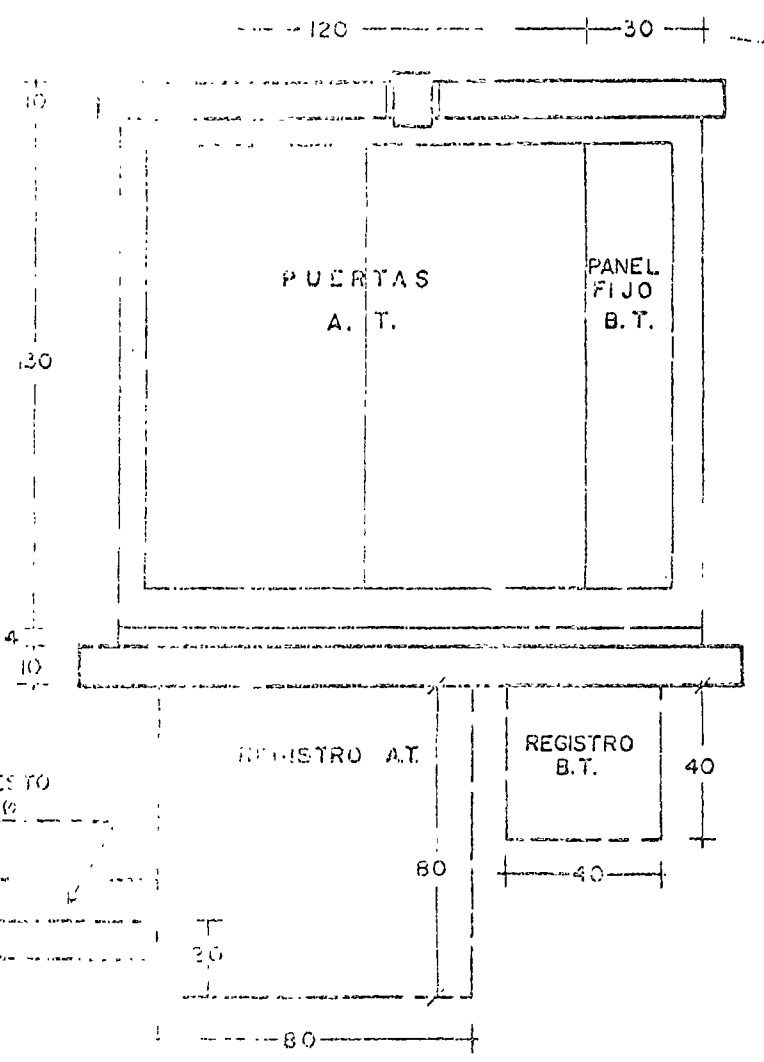
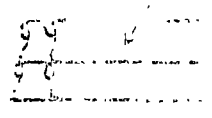
1. APARTARRAYOS PARA 25 KV
2. JUEGO DE CUCHILLAS TRIPOLARES OPERACION EN GRUPO SIN CARGA 25 KV 400 AMPERES
3. FUSIBLES MARCA SIEMENS 20/23KV
4. TRANSFORMADOR MARCA MECSA 20/25 KV 220/127 VOLTS.
5. EQUIPO DE MEDICION EN BAJA TENSION
6. TERMOMAGNETICO

DIMENSIONES DE "X" Y CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

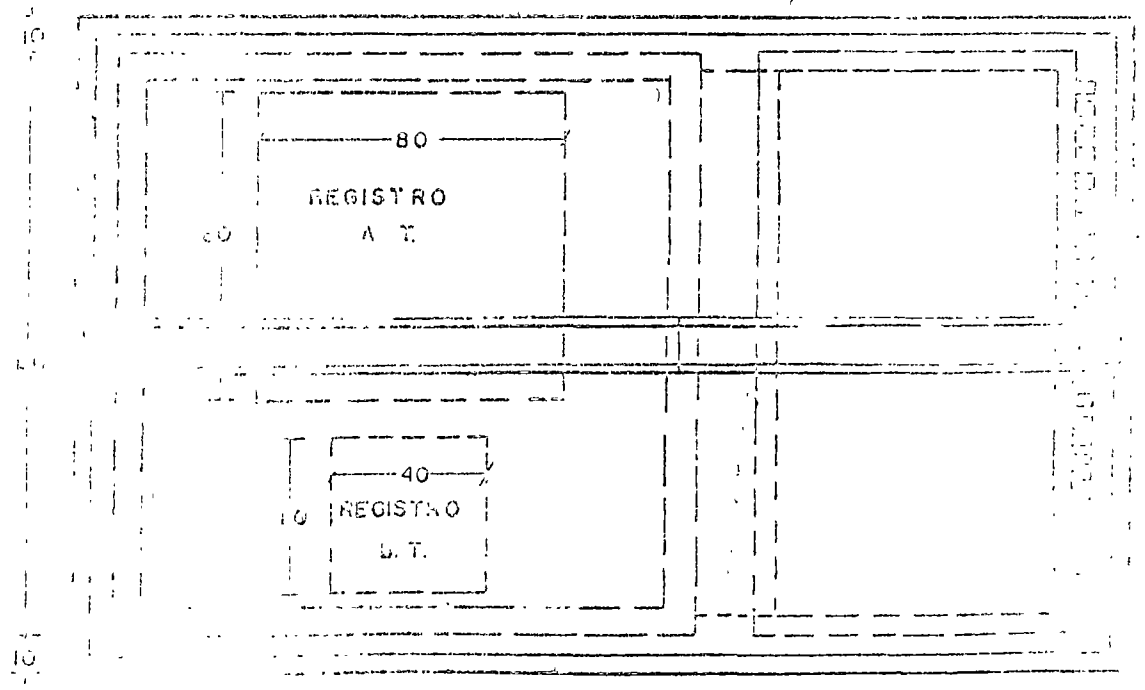
KVA	X	Capacidad
150	70	3x200A
75	69	3x200A
50	70	3x200A
45	69	3x200A
30	67	3x200A

ACOT. EN Cm

+ TUBOS DE ASBESTO  
CEMENTO 3" O 4" Ø



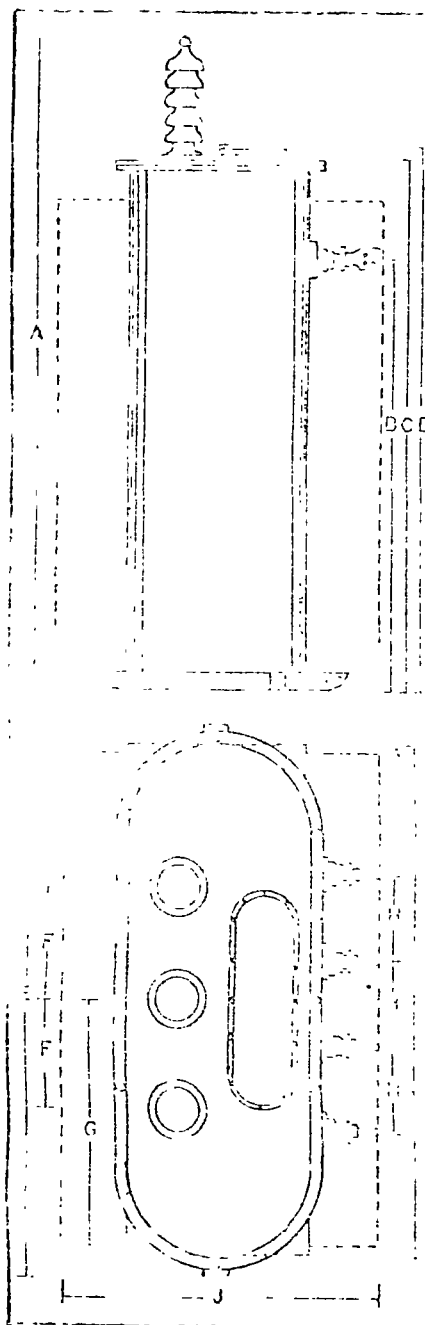
ELEVACION FRONTAL



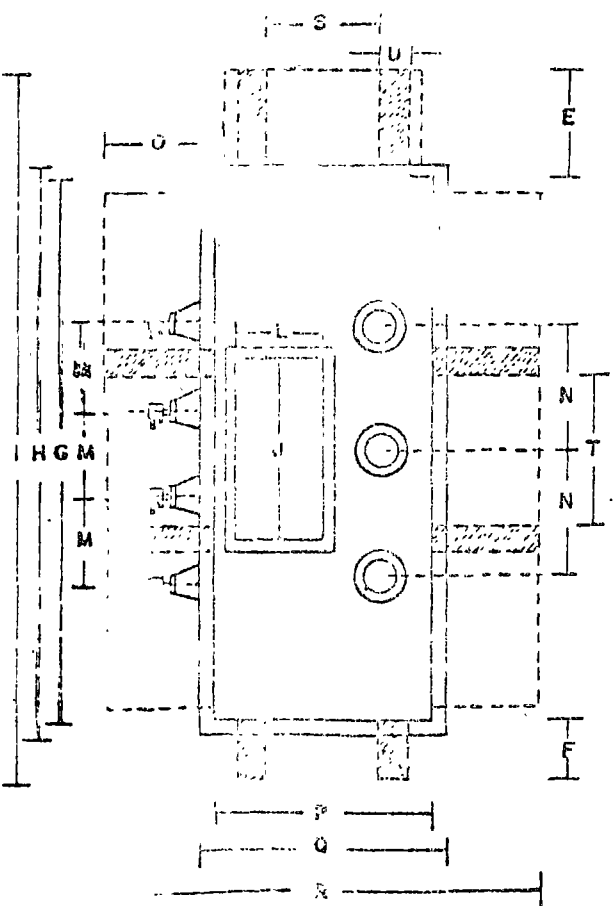
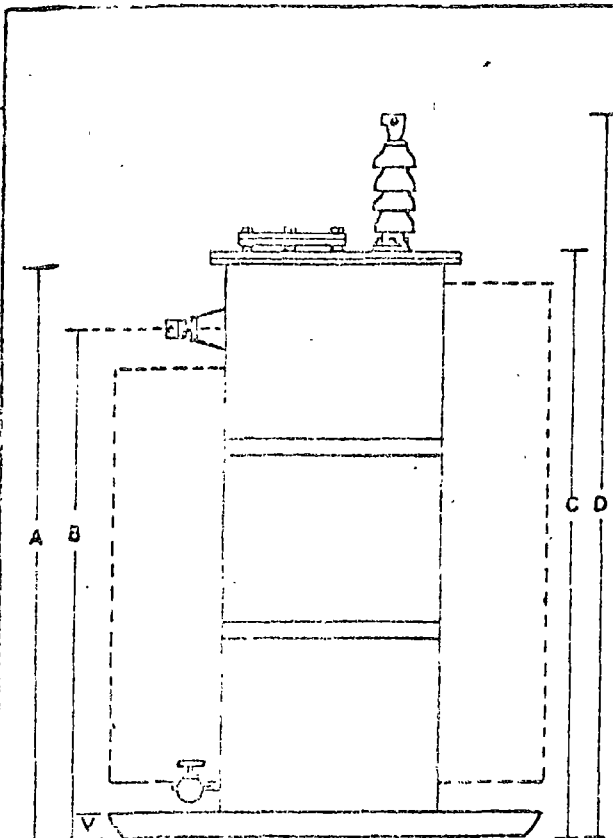
**DIMENSIONES DE TRANSFORMADORES  
TRIFASICOS PARA 50/30 Hz.  
TIPO TANQUE OVALADO**

MANUFACTURAS ELECTRICAS CAHARENA S.A

KVA	ALTA TENSION			BAJA TENSION		DIMENSIONES APROXIMADAS EN C.M.S.										DESC. DE CENTRO	DESC. APPROX. P.S.
	KV	CONEX	DERIVACIONES	VOLTS	CONEX	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
5	132	DELTA	± 2 de 2.5 %	220/127	ESTRELLA	101	595	685	725	67	195	23	8	56	47	50	200
10	132	DELTA	± 2 de 2.5 %	220/127	ESTRELLA	102	605	675	715	75	20	32	8	64	51	70	250
15	132	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	109.5	675	765	805	73	23	35.5	8.5	67	52	90	300
20	132	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	108	66	73	77	83	23	36	8.5	72	53	95	320
25	132	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	115	685	765	805	84	23	38.5	9.5	73	54	110	350
30	132	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	105	635	755	79	89	23	37.5	9.5	77	55	110	370
40	132	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	125	715	775	815	95	24	40	10	80	57	120	400
50	132	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	117	715	775	815	100	23	40	10.5	80	57	120	400
60	132	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	124	715	775	815	100	24	40	10	80	57	120	400
75	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	105	61	69	73	63	23	37	10	60	50	100	300
100	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	110	69	77	81	63	23	37	10.5	60	50	100	300
150	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	120	5	93	97	100	23	37	11	60	50	100	300
200	23/10	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	151.5	2	109	113	100	23	35	11	60	50	100	300
250	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	127	73	81	85	100	24	38	12	60	50	100	300
300	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	110	93	105	109	123	23	35	12	67	53	100	300
350	23/10	DELTA	± 2 de 2.5 %	220/127	ESTRELLA	152.5	110	129	131	139	24	38.5	12	68	53	110	350
400	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	117	112	119	120	110	24	37	11.5	68	53	110	350



**DIMENSIONES DE  
TRIFASICOS P.  
TIPO TANQUE**



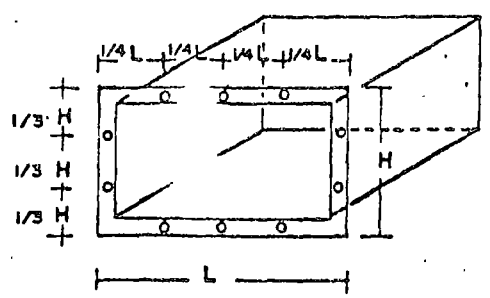
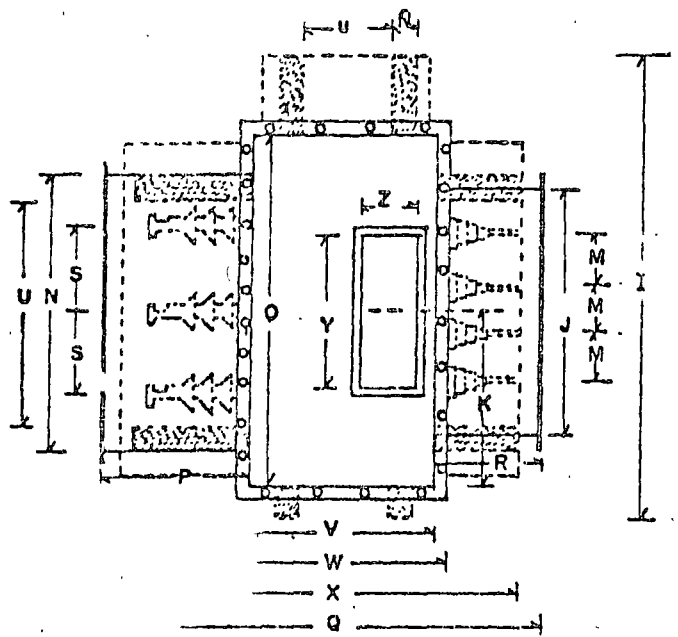
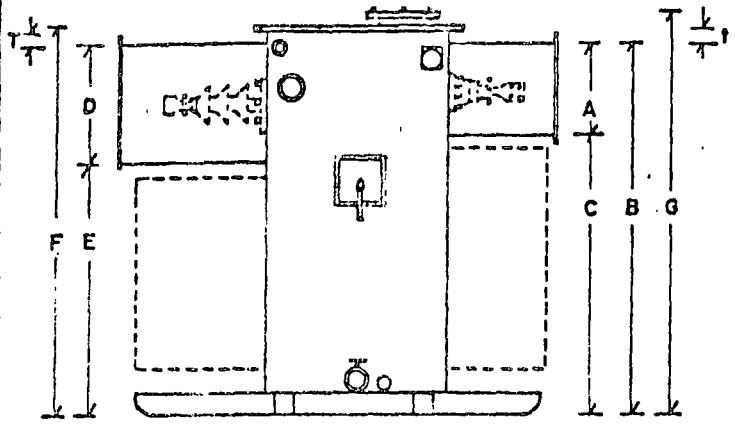
KVA		200	
KV		23/20	13
A.T.	CONEXION	DELTA	DE
	DERIVACIONES	$\pm 2$ de 2.5/2.87%	$\pm 2$ de 2
B.T.	VOLTS	440/254	220/127
	CONEXION	ESTRELLA	ESTRELLA
DIMENSIONES EN CENTIMETROS APROXIMADAS	A	131	13
	B	119	11
	C	133	12
	D	173.5	15
	E	14	1
	F	14	1
	G	116	11
	H	126.5	12
	I	144	14
	J	38	4
	K	58	5
	L	17	1
	M	14	1
	N	35	3
	O	23	2
	P	62	6
	Q	62.5	6
	R	98	9
	S	20	2
	T	52	5
U	6	0	
V	6	0	
LITROS DE ACEITE		890	8
PESO APROX. EN KG.		1900	18

1.10.1

1.10.2

1.10.3

TRANSFORMADORES 50/60 Hz. RECTANGULAR		MANUFACTURAS ELECTRICAS CANARENA S. A.			
25	250	300	500		
	15.2		15.2		2 3/2 0
	DELTA		DELTA		DELTA
	± 2 de 2.5%		± 2 de 2.5%		± 2 de 2.5/2.07%
	440/220/127		440/220/127		440/220/127
	ESTRELLA		ESTRELLA		ESTRELLA
	124		134		148
	112		122		133
	126		136		150
	157		167		180.5
	14		23		30
	14		14		14
	116		123		144
	126.5		133.5		154.5
	144		160		186
	45		48		50
	58		61.5		72
	15		18		22
	14		15		16
	24		25		34
	23		28		38
	52		52		60
	62.5		62.5		70.5
	98		98		136
	20		20		28
	52		59		72
	6		6		6
	8		8		8
	550		650		1005
	1500		2000		3100



K. V. A.		150	
K. V.		13.2	23/20
A. T.	CONEXION	DELTA	DELT
	DERIVACIONES	± 2 de 2.5 %	± 2 de 2.5/2
B. T.	VOLTS	220/127	220/127
	CONEXION	ESTRELLA	ESTRELL
A	20	20	
B	121	133	
C	101	115	
D	34	34	
E	87	81	
F	126	140	
G	130	144	
H	B. T. 30.5	A. T. 44.5	B. T. 30.5 A. 64
I	128	150	
J	52	52	
K	50	61	
L	B. T. 62.5	A. T. 88.5	B. T. 62.5 A. 13
M	10	10	
N	78	122	
Ñ	6	6	
O	100	122	
P	33	41	
Q	100	113	
R	22	22	
S	22	34	
T	3	3	
U	3	3	
U <sub>P</sub>	43	60	
U <sub>L</sub>	13	18	
V	45	50	
W	55.5	60.3	
X	71	76	
Y	37	40	
Z	15	16	
Lts. DE ACEITE		390	610
PESO APROX. Kg		1200	1900

DIMENSIONES APROXIMADAS EN CENTIMETROS

DIMENSIONES DE TRANSFORMADORES  
TRIFASICOS PARA 50/60 Hz CON  
FARGANTAS LATERALES EN A.T. y B.T.

200		250		300		500	
13.2	23/20		23/20	13.2	23/20	13.2	
DELTA	DELTA		DELTA	DELTA	DELTA	DELTA	
± 2 de 2.5%	± 2 de 2.5/2.87%		± 2 de 2.5/2.87%	± 2 de 2.5%	± 2 de 2.5/2.87%	± 2 de 2.5%	±
220/127	220/127		220/127	440/220/127	220/127	220/127	
ESTRELLA	ESTRELLA		ESTRELLA	ESTRELLA	ESTRELLA	ESTRELLA	
20	20		20	28	28	30	
117	141		135	133	135	134	
89	121		107	105	107	104	
34	34		34	34	34	34	
83	87		81	99	81	100	
122	148		140	138	140	139	
126	150		144	142	144	143	
B.T. 38.5	A.T. 44.5	B.T. 30.5	A.T. 64.5	B.T. 38.5	A.T. 44.5	B.T. 38.5	A.T. 64.5
144	150		150	149	163	195	
54	52		54	56	56	68	
	61		61	60.5	64	69	
B.T. 64.5	A.T. 88.5	B.T. 62.5	A.T. 132.5	B.T. 66.5	A.T. 88.5	B.T. 66.5	A.T. 132.5
11	12		11	11	11	16	
78	122		122	78	122	78	
6	6		6	6	6	6	
116	122		122	121	128	138	
33	41		41	33	48	53	
113	124		126	116	150	164	
31	31		31	31	48	53	
22	34		34	22	34	22	
3	3		3	3	3	3	
3	3		3	3	3	3	
55	58		56	57	62	68	
17	20		22	20	22	26	
49	52		54	52	54	58	
59.5	62.5		64.5	67.5	64.5	63.5	
75	98		100	98	130	144	
40	43		40	45	45	50	
	20		20	18	20	22	
400	675		660	615	750	850	
1450	2100		2000	1900	2300	2600	

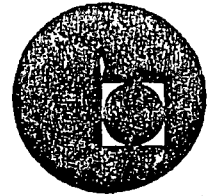
MANUFACTURAS ELECTRICAS CAMARENA S.A.

		750				1000					
23/20		13.2		23/20				23/20			
DELTA		DELTA		DELTA				DELTA			
± 2.5/2.87%		± 2 de 2.5 %		± 2 de 2.5/2.87%				± 2 de 2.5 /2.87%			
20/127		440/254		220/127				220/127			
STRELLA		ESTRELLA		ESTRELLA				ESTRELLA			
30		28		30				43			
161		160		165				171			
131		132		135				128			
54		28		54				54			
107		132		111				117			
168		163		170				176			
170		169		174				180			
T. 0.5	A. T. 64.5	B. T. 38.5	A. T. 38.5	B. T. 40.5	A. T. 64.5			B. T. 53.5	A. T. 64.5		
196		179		202				256			
72		68		70				63			
72		705		82				80			
T. 2.5	A. T. 132.5	B. T. 78.5	A. T. 80.5	B. T. 80.5	A. T. 132.5			B. T. 73.5	A. T. 132.5		
16		14		15				11			
12		68		122				122			
6		6		6				6			
144		141		164				160			
50		60		88				68			
160		177		209				199			
50		60		53				68			
34		18		34				34			
3		3		3				3			
3		3		3				3			
72		72		84				85			
28		25		36				31			
60		57		68				63			
70.5		67.5		70.5				73.5			
136		153		154				179			
50		47		55				55			
22		20		22				22			
150		1100		1550				1550			
500		3500		4000				4000			





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

### X. - INSTALACIONES ESPECIALES

- a) SISTEMAS DE CENTRALIZACION Y ALARMAS
- b) SISTEMAS DE COMUNICACION :  
TELEFONOS
- c) SISTEMAS DE SONIDO

ING. PABLO ZAPIAIN LECHUGA

JULIO, 1978.

## INSTALACIONES ELECTRICAS ESPECIALES

### INTRODUCCION :

El fin último de toda obra que se proyecta y realiza, es prestar un servicio eficaz y eficiente. Estas metas solo 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 audio visuales", ( así denominados en forma genérica ) 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.

En esta sesión, habrémos 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.

### Cubriremos:

#### 1.- Instalaciones de Comunicación:

- a) Telefónicas y de Intercomunicación
- b) Electroacusticas ( sonorización )
- c) de Televisión en C. Cerrado
- d) de señalización

#### 2.- Alarmas

- a) Contra Incendio
- b) Contra Robos.



# 1. - Instalaciones de Comunicación:

## Consideraciones Generales

En primera instancia y de acuerdo con la dirección del -- proyecto, debe procederse a la definición de las necesida - des presentes y futuras para todos los tipos de instalación que pueden intervenir, a fin de no incurrir en duplicida - des u omisiones.

En muchos casos el estudio integral de necesidades, puede mostrar que es posible resolver conjuntamente las insta - laciones de teléfonos e intercomunicación ya que ambos - en esencia son para intercomunicación, y se diferencian - solamente en que las primeras, tradicionalmente se han - conceptualizado como instalaciones para comunicación exter - na al edificio o unidad física y las segundas como instala - ciones solo para servicio interior.

La realidad es que en muchas ocasiones, ambos servicios pueden resolverse con un solo sistema.

En otras ocasiones, es indispensable mezclar o interconec - tar sistemas de intercomunicación interna con electroacús - ticos para voice, o con circuitos de televisión, etc.

En otras palabras, es cada día más cierto que los sistemas de comunicación, alarma y control deben ser diseñados y ejecutados íntegramente para cada caso específico y que en un futuro próximo deberemos tratar con sistemas centra - lizados y posiblemente computarizados.

En nuestro medio aún existe una gran resistencia a estas soluciones integrales, debido a la intervención casi obliga - da de diversas empresas proveedoras, constructoras, y - operadoras de los sistemas que por razones de convenien - cia o limitación técnica no facilitan las soluciones y en - torpecen con normas rígidas la posibilidad de mejores so - luciones. Estas limitaciones solo se evitan cuando el - -

director del proyecto cuenta con conocimientos técnicos y reglamentarios suficientemente amplios que lo revistan de la capacidad negociadora necesaria para lograr las mejores soluciones.

Dado que se trata de resolver integralmente, se deben determinar en esa forma, 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 arquitectónicos definidos, y del esquema orgánico de la empresa o entidad, se prepara un cuestionario o matriz que permita consignar las necesidades de cada área. (ejemplo).

AREA	COMUNICACIONES				ALARMAS			Observs.
	Sup. M2.	Ext.	Inter.	Sonido	CCTV	Robo	Incend.	
1) Direc. Gral.	100	21	1 VA	FM	Monit	si	si	
Secretaria	30	25	- -	FM		--	--	
Auxiliar	20	1E	1 VA	- -		--	--	
2) Ofna. Admva.	50	1E	1 VA	FM	CAM.	--	--	
Caja	20	1E1L	- -	- -		si	si	
Contab.	200	5E1L	- -	- -		si	si	
3) Depto. Téc.	30	1L1E	1 VA	Mic	Cam.	--	--	
Of. A1	150	1E	- -	FM-Voc		--	--	
Of. A2	150	1E	- -	FM-Voc		--	--	
Of. A3	150	1E	- -	FM-Voc		--	--	

Esta matriz, debidamente diseñada con sus claves, sus observaciones y notas, permitirá pasar mediante diagramas - simples de flechas, bloque etc., a la solución más funcional de los sistemas.

De esas soluciones esquemáticas, se procedería 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 las normas generales siguientes:

- 1.- La distribución debe hacerse en forma escalonada y radial. Cada punto extremo de distribución, no debe exceder de 10 servicios, en el caso de servicios telefónicos.
- 2.- La canalización se origina en el sitio elegido para la concentración de los servicios, o sea en el "distribuidor", y de aquí se ramifica al o los edificios y - sale hacia el exterior para hacer el enlace correspondiente.
- 3.- Para servicios telefónicos, 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. De hecho en - algunos casos debe dejarse una doble tubería.

### CANALIZACIONES INTERIORES

Los diámetros mínimos a emplear en canalizaciones de tipo telefónico, son:



En tuberías horizontales secundarias:

- 1 a 2 pares - - - - - 13 mm.
- 3 a 6 pares - - - - - 19 mm.
- 7 a 10 pares - - - - - 25 mm.

cuando se estime que en estas mismas canalizaciones deberán introducirse líneas para servicios intersecretariales, es indispensable que las tuberías sean de 25 mm. o de 32 mm.

En tuberías primarias verticales u horizontales, cuya función es interconectar registros de distribución, los diámetros mínimos deben ser:

- 10 - 30 pares - - - - - 25 mm.
- 40 - 50 pares - - - - - 32 mm.
- 70 - 80 pares - - - - - 38 mm.
- 100 - 150 pares - - - - - 50 mm.
- 200 - 300 pares - - - - - 76 mm.

Los registros de muro y según sus dimensiones y aplicación, se clasifican como sigue, y deben ser robustos ( lámina Núm. 18 USG ) con puertas embisagradas, cierre sencillo y con fondo de madera de 1.5 cms. de espesor; para la colocación de terminales.

DIMENSIONES (cms.)	USO EN LINEAS DE TIPO	NUM. DE PARES EN PLINTOS EMPALME	
56 x 56 x 13	Principal	80	600
56 x 28 x 13	Principal	40	200
30 x 30 x 13	Secundaria	20	- -
28 x 28 x 13	Secundaria	20	- -
20 x 20 x 13	Secundaria	10	- -
15 x 15 x 13	De paso	10	- -
60 x 60 x 60	Acometidas en	--	100
80 x 80 x 80	Banquetas	- -	200

#### NOTA

No deben extenderse tuberías a más de 20 m. sin registros, ni debe hacer más de dos curvas entre registros.

Los registros de muro deben colocarse en áreas públicas a una altura entre 20 y 100 cms. sobre el nivel de piso terminado, - para facilitar su acceso y atención.

Ver gráficas (1) al (8) que ilustran soluciones típicas de alimentación y de distribución, construcción de registros y la simbología.



## CANALIZACIONES DE RED EXTERIOR O URBANA

Estas se hacen preferentemente bajo banquetas por quedar más accesibles y sujetas a cargas menores. Las cepas se excavan con las profundidades mínimas siguientes:

1, 2 y 4 vías	55 cms. ancho x 100 cms. prof.
6 y 8 vías	75 cms. ancho x 115 cms. prof.
10, 12 y 16 vías	100 cms. ancho x 115 cms. prof.

para lograr un nivel uniforme, a pesar de los cruces de cables, debe referirse la profundidad al nivel del arroyo, y la pendiente de 1% mínimo debe darse hacia los pozos en forma alternada.

En las curvas no deben excederse del 1% de la tangente, y no debe existir más de una entre registros o pozos.

Para librar obstáculos que se encuentren al mismo nivel general de la ducteria, deben profundizarse los registros o pozos correspondientes al tramo y bajar el nivel de todo el tramo uniformemente, respetando la pendiente ya indicada.

La distancia normal entre pozos es de 50 a 110 m, pero no debe exceder esta última.

Los ductos deben asentarse sobre una cama de arena o tierra suave sin piedras de 5 cms. de espesor, previo apisonamiento del fondo de la cepa, para obtener un tendido uniformemente soportado y perfectamente alineado tanto horizontal como verticalmente. Con el auxilio del hilo, se hacen verificaciones en el tramo más largo posible, pero nunca menor de 20 m.

Los ductos deben estar limpios interiormente y se colocan poniendo una pequeña plantilla de mezcla en la junta, posteriormente se juntea la unión con mezcla de cemento.

La correcta alineación se verifica mediante los "bastones", cilindros de madera con regatones de metal de 87 mm. de diámetro y





30 cms. de longitud que tiene un bastón de madera de 1.35 m. de largo con un tope que asegura su centrado en la junta. Estos "bastones" deben permanecer en la junta hasta terminar su unión con la mezcla de cemento, para asegurar que la unión - quede limpia.

Al terminar un tramo de canalización, se verifica la continuidad de cada vía mediante un "cilindro mensajero" fabricado de tubo de acero de 85 mm. de diámetro y 25 cms. de largo con bordes redondeados, que debe tener argollas en cada extremo. Este cilindro se pasa de pozo a pozo con un cable robusto y debe atarse en ambos lados para el caso de falla del cable.

Los pozos pueden ser de dos, tres o cuatro boquillas y su construcción se ilustra en las gráficas 10, 11 y 12, pudiendo ser - necesarios pozos de figura especial que en esencia se desarrollan con el mismo criterio.

Los pozos como se indica en la gráfica 10 pueden ser de tres - tamaños y su uso es en función del número de vías que recibe:

Chico:	2 vías
Mediano:	4 a 8 vías
Grande:	más de 8 vías.

### CABLEADOS TELEFONICOS:

Esta clase de cableados se aplican tanto en las instalaciones telefónicas como en una gran mayoría de las de intercomunicación.

De hecho, desde el punto de vista técnico todo sistema que use conmutación y receptores transmisores que operan bajo principios de telefonía es un sistema telefónico. Existen en el mercado numerosos equipos que incorporan circuitos electrónicos, como son amplificadores, filtros, bloqueadores etc., estos - - también se enlazan mediante cableados del tipo telefónico.

Los cableados pueden ser expuestos o visibles o bien ocultos, por tanto se cuenta con cables cuya construcción es diferente entre si y ad-hoc al servicio que deben prestar.

Los tipos más usuales son :

- EKI Con forro de PVC gris, para usos interior en edificios, en canalizaciones y eventualmente expuesto, su construcción es multifilar de -- alambres aislados con PVC, arreglados en pares identificables, en calibre 26 AWG (0.40 mm), en 10, 20, 30, 50, 70 y 100 pares.
- EKE Con forros de polietileno negro, para uso en exteriores y de mismas características de construcción eléctricas que el EKI, pero también - se construyè en calibre 24 AWG ( 0.51 mm ) en 150, 200 y 300 pares.
- EKD Es un cable con aislamiento de PVC y forro - de plomo, para usos especiales ( entre planta y distribuidor en centrales ) y se fabrica en - 100, 200 y 300 pares calibre 26 AWG.
- ASP Es un cable similar al EKE, con un cable de acero integrado al forro que sirve para sopor - tarlo en líneas aereas. Se construye en ca - libre 26 AWG de 10 a 100 pares, en calibre 24 de 10 a 50 pares y en calibre 22 de 10 a 50 pa - res.

El código de colores para identificación y la - construcción, se ilustra en la gráfica ( 9 ).

La instalación de cables telefónicos debe hacerse con gran cui - dado, evitando fricciones y tensiones excesivas que pueden de - teriorar el forro o romper hilos, esta es la razón por la que - las canalizaciones siempre parecen exageradas.

En la distribución, se usan los cables multipares para líneas principales en las que el número de servicios a conducir lo justifica, en la distribución de servicios a los aparatos individuales, se utiliza: un conductor torzal en 2 ó 3 hilos calibre 22 AWG denominado "Jumper" para tuberías conduit o bien un cordón - paralelo de 2 ó 3 hilos cuando se trata de instalaciones expuestas o murales.

En los registros generales a que ya hemos hecho referencia, se instalan tablillas terminales denominadas PLINTOS que cuentan con una pata posterior para soldar y dos tornillos frontales para puentear. En estos plintos se lleva a cabo la distribución - por áreas y permiten hacer las pruebas de líneas.

#### CANALIZACIONES PARA OTRAS INSTALACIONES ESPECIALES

En el caso de instalaciones para sonido, T.V. alarmas, etc., no existen normas de canalización definidas, pero los criterios a seguir son consistentes con los ya expuestos:

- 1) Debe asegurarse la protección del cable o conductor alojado.
- 2) Debe permitir la fácil introducción o extracción sin que sufra daños.
- 3) Debe ser estanco a la humedad, polvo, roedores etc.
- 4) La instalación debe resolverse tomando en cuenta - los riesgos a que está expuesta la canalización, como son cargas mecánicas, golpes, inducción electromagnética etc.
- 5) Cuando se tiene duda razonable de la compatibilidad de instalaciones, o por otra causa, la consulta al especialista es indispensable.
- 6) Deben evitarse las trayectorias tortuosas y poco claras y los registros deben ser sólidos, amplios y accesibles ya que todas las instalaciones especiales requieren algún tipo de accesorios en los registros -

además de las tablillas de terminales, como son: derivadores, amplificadores, transformadores de impedancia, relevadores auxiliares etc.

- 7) El dimensionamiento debe hacerse con el conocimiento de los diversos tipos de cables que se emplean.

## INSTALACIONES DE SONIDO O ELECTROACUSTICAS

### Determinación del objetivo del sistema y fijación de necesidades.

Un sistema de sonido Comercial, es aquel que se aplica en 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 que 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 y 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.

Es posible que se requieran programas musicales o voiceo diferentes en cada zona, lo que obliga a proveer amplificadores separados.

Cuando en cierta área se requieren ambos servicios, es importante decidir si el voiceo 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 voiceo.

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 ó 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 ó 16 ahms ) 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 a qué ramal ocurrió este, por ello es definitivamente necesario dividir el sistema en 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 por el público, a fin de eliminar al máximo los problemas de reverberación.

### SELECCION DE EQUIPO

#### Clasificación de Bocinas y Cajas Acústicas ( Baffles ), según su construcción y servicio:

Servicio  
Interior

Baffle sencillo (1 bocina)

Columna Sonora (varias )

Servicio  
Exterior

Columna Sonora

Trompeta Reentrante

Se indicó que la respuesta ideal 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 magnético del imán permanente, etc., en realidad depende de aplicar una bocina de buena calidad y buen diseño, lo que se podrá lograr si se recurre a fabricantes de prestigio y se revisan especificaciones mínimas.

Desde luego adicionalmente a la bocina empleada, es definitiva la influencia del baffle o caja acústica, desgraciadamente los baffles más eficientes resultan extremadamente voluminosos y no son aplicables en la generalidad de las instalaciones, esto obliga a emplear baffles de dimensiones limitadas por las condiciones de instalación, lo que tiene como consecuencia una reducción importante en la eficiencia del conjunto, y significa que se deberán usar bocinas con una potencia de salida de aproximadamente 5 veces mayor que la potencia acústica necesaria.

En el caso particular de emplear trompetas reentrantes, por su construcción se debe aceptar una respuesta de frecuencias del orden de 160-9000 hertz, que no es apropiada para reproducciones musicales pero adecuada para voceo.

La construcción de la caja acústica, independientemente del aspecto estético, debe ser robusta y con sus partes rígidamente unidas, de lo contrario se tendrán vibraciones indeseables.

Para el cálculo de potencia se deben considerar varios aspectos interdependientes que son:

La Bocina propiamente dicha.  
El Baffle o Caja Acústica aplicada  
Nivel de Ruido Ambiente

En relación con la bocina propiamente dicha, la potencia indicada por el fabricante, es la potencia nominal, lo que significa potencia neta de consumo de la bocina, que se denomina "Potencia de Audio" cuya unidad es el audio-watt.

Como se comprenderá, no toda esta potencia se transformará en "Potencia Acústica" que es aquella potencia transmitida al aire a frecuencias audibles, ya que dependerá de la eficiencia de la bocina, que es del orden de 5 a 15%.

Adicionalmente se deberá tomar en cuenta la caja acústica, que como se mencionó anteriormente también acarrea pérdidas.

A partir de las consideraciones aquí hechas, y del nivel del ruido ambiente, se han preparado las siguientes fórmulas empíricas aplicables, para obtener Pt = "Potencia Nominal" en watts del total de bocinas necesarias.

Para Servicio Interior :

(Baffles convencionales  
o columnas sonoras).

$$Pt = \frac{KV}{100}$$

en que:

V = Volúmen del local en m<sup>3</sup>

K = Constante que vale :

5 para ruido ambiente bajo  
8 para ruido ambiente medio  
12 para ruido ambiente alto

Potencia por bocina:  $\frac{Pt}{\text{Núm. de bocinas}}$

La distancia entre bocinas para lograr la mejor distribución se obtiene aproximadamente como sigue:

$$D = 2.4 ( H - 1.5 )$$

en que : D = Separación entre bocinas en M

H = Altura del local en M.

Para servicio exterior :

Usando Trompetas Reentrantes se tiene:

Pt60 = 0.4 D Trompeta con radiación a 60°

Pt30 = 0.2 D Trompeta con radiación a 30°

en que :

D = Distancia en metros al oyente intermedio. (profundidad )

P = Potencia nominal de cada Trompeta en watts.



En cuanto al Núm. 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 radiación a  $30^\circ$ , que deben estar a cierta distancia del oyente más próximo, 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. Esto es algo 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 grandes.

También es aplicable con niveles altos de ruido ambiente a corta distancia.

Cuando se aplican columnas sonoras.

Se tiene que:

$$P_t = 0.8 D$$

y

$$N = \frac{F}{2 D}$$

El montaje de una columna, debe ser relativamente bajo y dirigido, ya que la radiación es aproximadamente de  $130^\circ$  en ángulo horizontal y  $40^\circ$  en 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.
- Acabado adecuado para el uso, especialmente para 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 máximas y mínimas. Esto nos hace pensar en lo que sucedería si en un instante dado 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".

En otras ocasiones es por el contrario, deseable que operen en oposición, como cuando se han instalado frente a frente.

### CONTROLES DE VOLUMEN Y SELECTORES

#### Controles de Volúmen:

En muchas ocasiones, es necesario controlar el volúmen 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 heterogeneo para

admitir un control de volúmen central. Esto se resuelve mediante la aplicación de controles de volúmen, 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 torna 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.

Normalmente es aceptable aplicar un potenciómetro, por ejemplo de 4 watts para el manejo de 4 bocinas de 5 watts sin problemas.

De ser de la. calidad, tipo de alambre, robusto y con una buena solución mecánica, ya que es un dispositivo de uso continuo y diario en muchos casos.

### Resistencia Ohmica:

El valor debe seleccionarse a partir del número de controles en Paralelo conectados a un mismo amplificador, ya que significarán carga.

Este cálculo es de vital importancia, ya que de quedar corto el valor, habrá pérdidas enormes de energía endetrimento del - - amplificador y de la eficiencia del sistema y de quedar excedido en el valor, no se tendrá control sobre las bocinas.

En concreto, lo ideal será igualar al máximo la impedancia del circuito con la del amplificador que lo alimenta.

Para lograrlo es necesario efectuar un cálculo de circuitos en - paralelo a partir de la impedancia de salida del amplificador.

En sistemas a voltaje constante ( 70 volts ó 100 volts ) es aplicable la siguiente fórmula empírica:

$$R_p = \frac{N_p Z}{4}$$

En que:

$R_p$  = Resistencia del potenciómetro en ohms.

$N_p$  = Número de potenciómetros.

$Z$  = Impedancia de salida del amplificador en - ohms . (varía entre 90 y 120 ohms ).

### INSTALACIONES DE T.V. CIRCUITO CERRADO

Su diseño y construcción pueden ser de muy variable complejidad en función del servicio que se pretende deban prestar y de la dimensión del sistema.



Las aplicaciones usuales son: vigilancia, supervisión industrial, educación, publicidad, información etc.

Estos sistemas están constituidos básicamente de cámaras que generan las señales de video y las de audio que en ocasiones - se incorporan, y de una unidad receptora ligados por un cable coaxial, de no más de 300 m. Si se pretendiera aumentar la - distancia o bien incrementar los receptores o monitores, ten - drían que usarse amplificadores para compensar las pérdidas en la señal.

Pueden tenerse sistemas complejos con varias cámaras y recep - tores, conmutación, audio y video combinados etc., ser blanco y negro o color, y de muy diversas cualidades según el caso.

También es común tener accesorios especiales, como monitaje de control remoto en movimiento horizontal y vertical, rotario o de translación.

Todo lo anterior requiere una cuidadosa planeación por el es - pecialista y de ella habrán de derivarse las preparaciones que - deben dejarse en el edificio, canalizaciones, sistemas eléctri - cos de control, apoyos, tierras, protecciones, cabinas de con - trol etc.

## SEÑALIZACION E INFORMACION

En una gran cantidad de instalaciones en edificios las instala - ciones de señalización son de importancia, por ejemplo:

Tiendas de Departamentos: Requieren llamadas audio visua - les para personal ejecutivo o administrativo cuya ubicación física no es permanente dentro del edificio.

Aeropuertos: Requieren el mismo servicio citado, más los sistemas de información al público como son los tableros - de vuelos.

Instalaciones Deportivas: Emplean los sistemas citados, más otros para control de eventos, como es el cronometraje.

Como se ha dicho, el oportuno conocimiento de las necesidades y la coordinación cuidadosa con los responsables de estas especialidades, es la única forma de asegurar instalaciones o preparaciones adecuadas que permitan la fácil instalación de cableados y equipos y su conservación.

No es posible entrar en el detalle de estas instalaciones, pero basta con decir que todas se desarrollan bajo principios más o menos comunes y que utilizan al igual canalizaciones que se rigen con normas parecidas a las ya citadas y utilizan conductores cuyas características se encuentran en los catálogos de cables para telecomunicaciones, para electrónica y para fuerza, con lo que es posible dimensionar las canalizaciones.

Por otra parte, los principios de operación de estos sistemas deben ser conocidos por el instalador a efecto de que este en capacidad de interpretar apropiadamente los proyectos del especialista y auxiliarlo en la solución física del sistema, es decir en definir trayectorias, localización de registros y controles, tomando en cuenta los posibles problemas de interferencia o incompatibilidad con los otros sistemas que integran el edificio o conjunto.

### ALARMAS ( Instalaciones de Seguridad )

La función de una alarma, sea contra robo o incendio u otra, es dar aviso de una anomalía y eventualmente poner en servicio dispositivos o sistemas que la supriman.

Para lograrlo, existen un sinnúmero de elementos detectores de esa anomalía o falla, los que debidamente seleccionados y localizados e interconectados envían señales a uno o más tableros receptores, en los que dicha señal se interpreta y activa señales audibles y visuales para informar del hecho al personal a

cargo, y también como se dijo; para activar los sistemas restrictores. Estos sistemas también pueden actuar sobre centrales externas al edificio.

Los dispositivos se enlazan a través de conductores convencionales o especiales, debidamente protegidos por canalizaciones que siempre son independientes de otros sistemas, y la construcción del sistema debe otorgarle gran confiabilidad, tanta que inclusive las fuentes de alimentación son especialmente seleccionadas y a veces duplicadas y con sistemas de apoyo en emergencia.

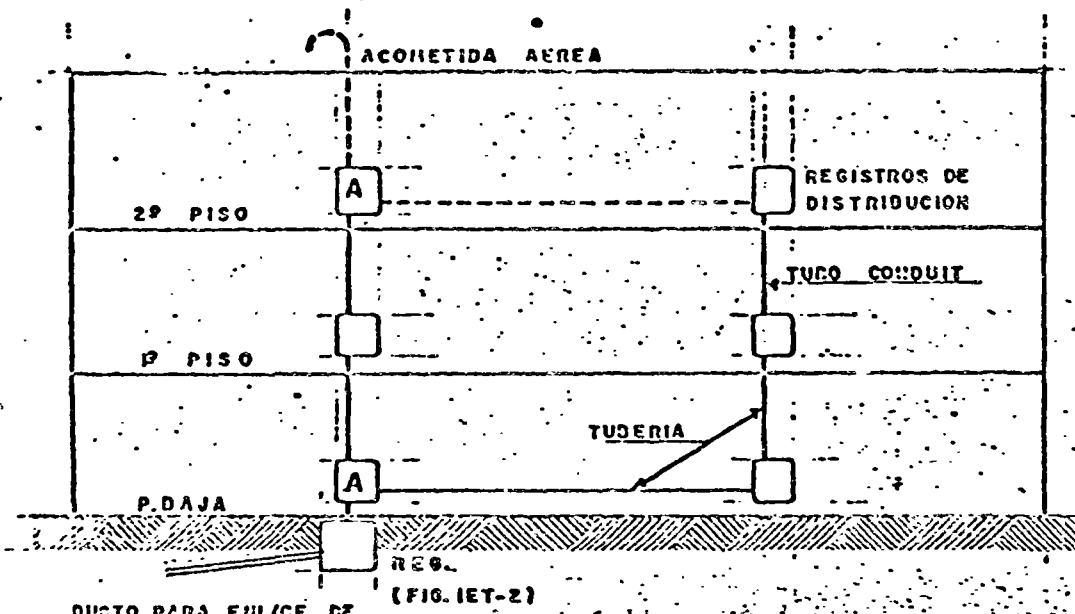
Los dispositivos detectores más usuales son:

#### Contra Robo:

- Electromecánicos con interruptores que se instalan en - - puertas, ventanas, cercas etc.
- Fotoeléctricos que operan al interrumpirse en haz luminoso, simple o complejo, en luz visible o infrarroja, o bien por alteración de un campo luminoso.
- Ultrasónicos, que operan bajo el principio de que una onda sónica permanente, se altera cuando un objeto se mueve - dentro de su campo. ( 30 khz ).
- De Microondas que operan bajo un principio similar, con la única diferencia de que no se apoya en la presión causada por la onda sónica, sino en la deformación de la microonda ( 10,000 mhz ) por efecto Doppler.
- De Proximidad que detectan a una persona u objeto por la variación del campo capacitivo.
- y las alarmas manuales.

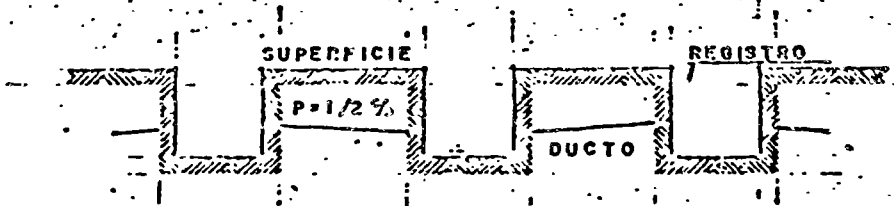
#### Contra Incendio:

- Manuales: Por operador
- Térmicos, que perciben variaciones de temperatura.
- Por Ionización, que perciben los productos de la combustión.



DUCTO PARA ENLACE DE ACONETIDA SUBTERRANEA

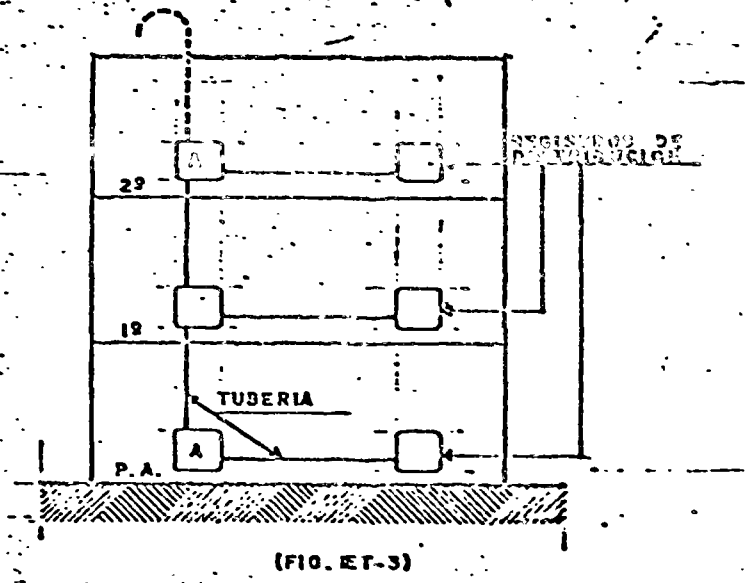
23



DISPOSICION CORRECTA DE LA PENDIENTE EN DUCTOS (FIG. IET-1)

CANALIZACIONES VERTICALES

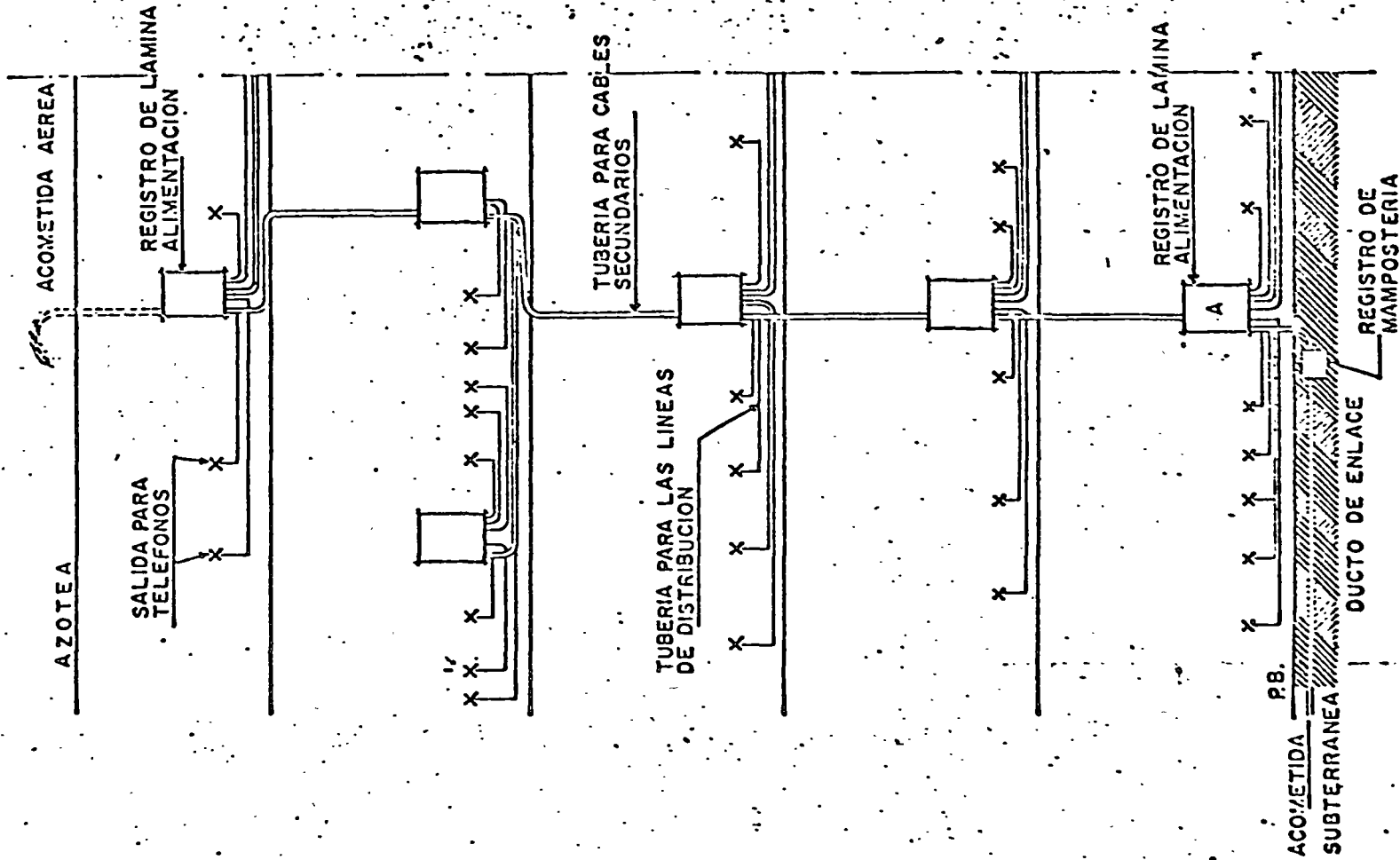
Nº DE PARES	DIAMETRO DE TUBERIA
10-30	25 MILL
40-50	32 "
70-100	35 "
100-150	40 "
200-300	75 "



IET-1, 2, 3  
4-1

TUBERIA Y REGISTROS PARA CABLES SECUNDARIOS - DIFERENTES FORMAS DE INSTALACION

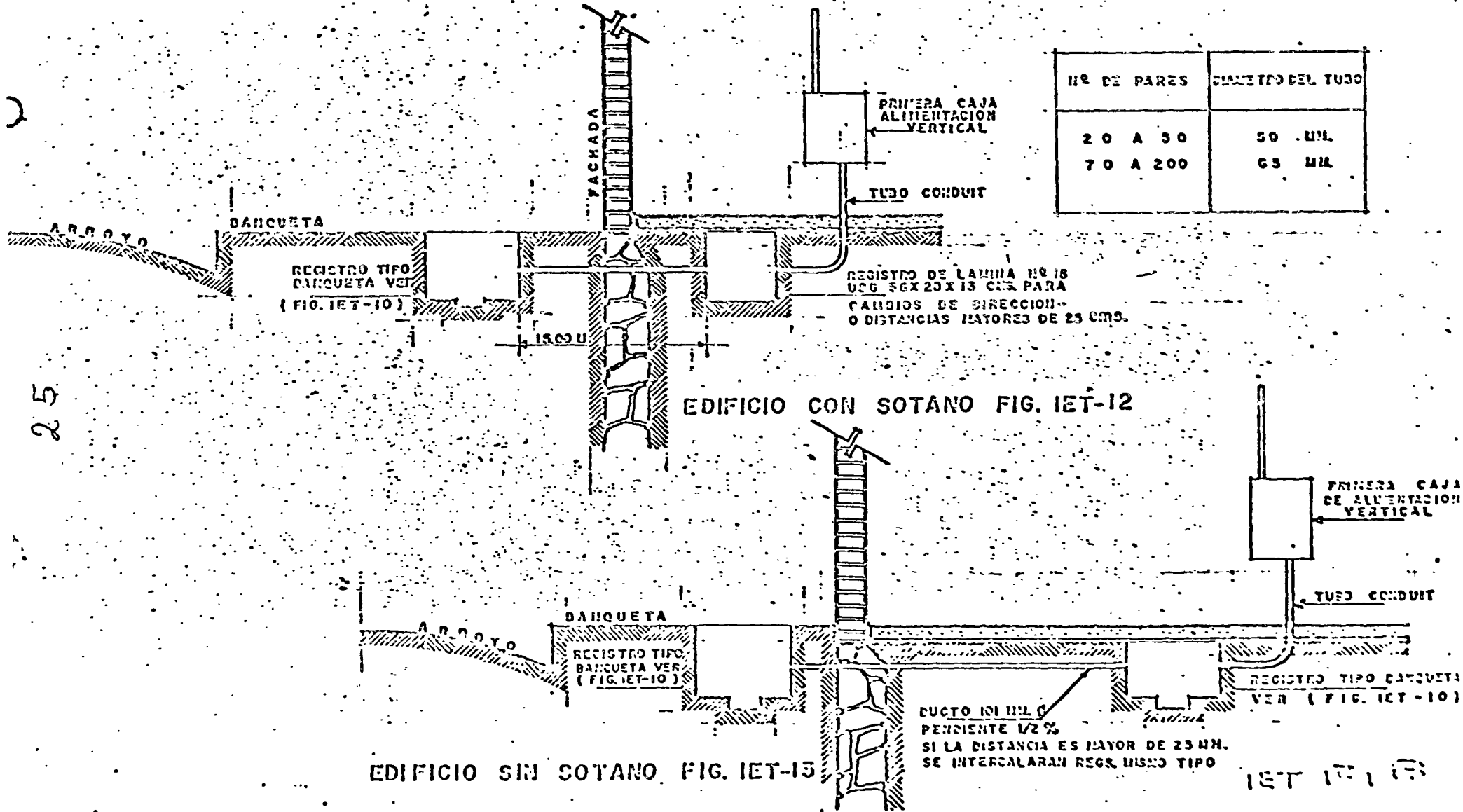




(FIG. IET-6)

4-2

137-6

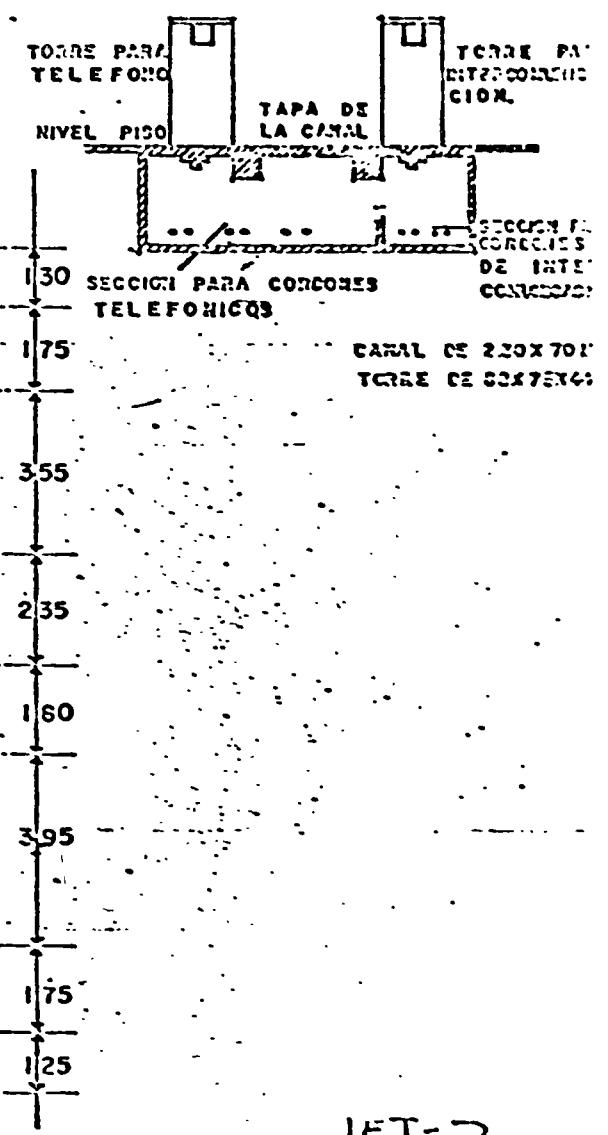
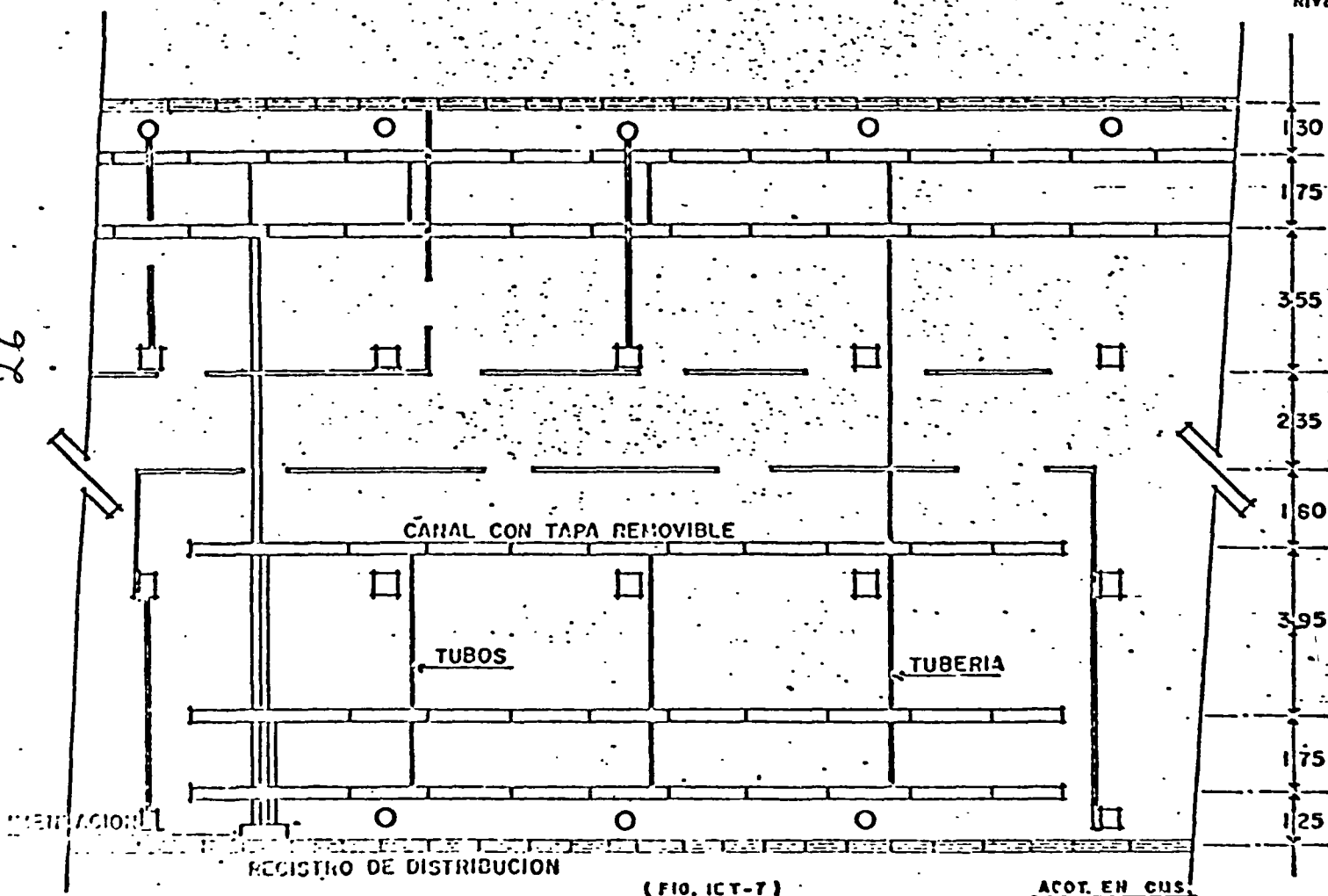


DETALLE DE ACOMETIDA TELEFONICA

25

IET 101 13

26



REGISTRO DE DISTRIBUCION

(FIG. ICT-7)

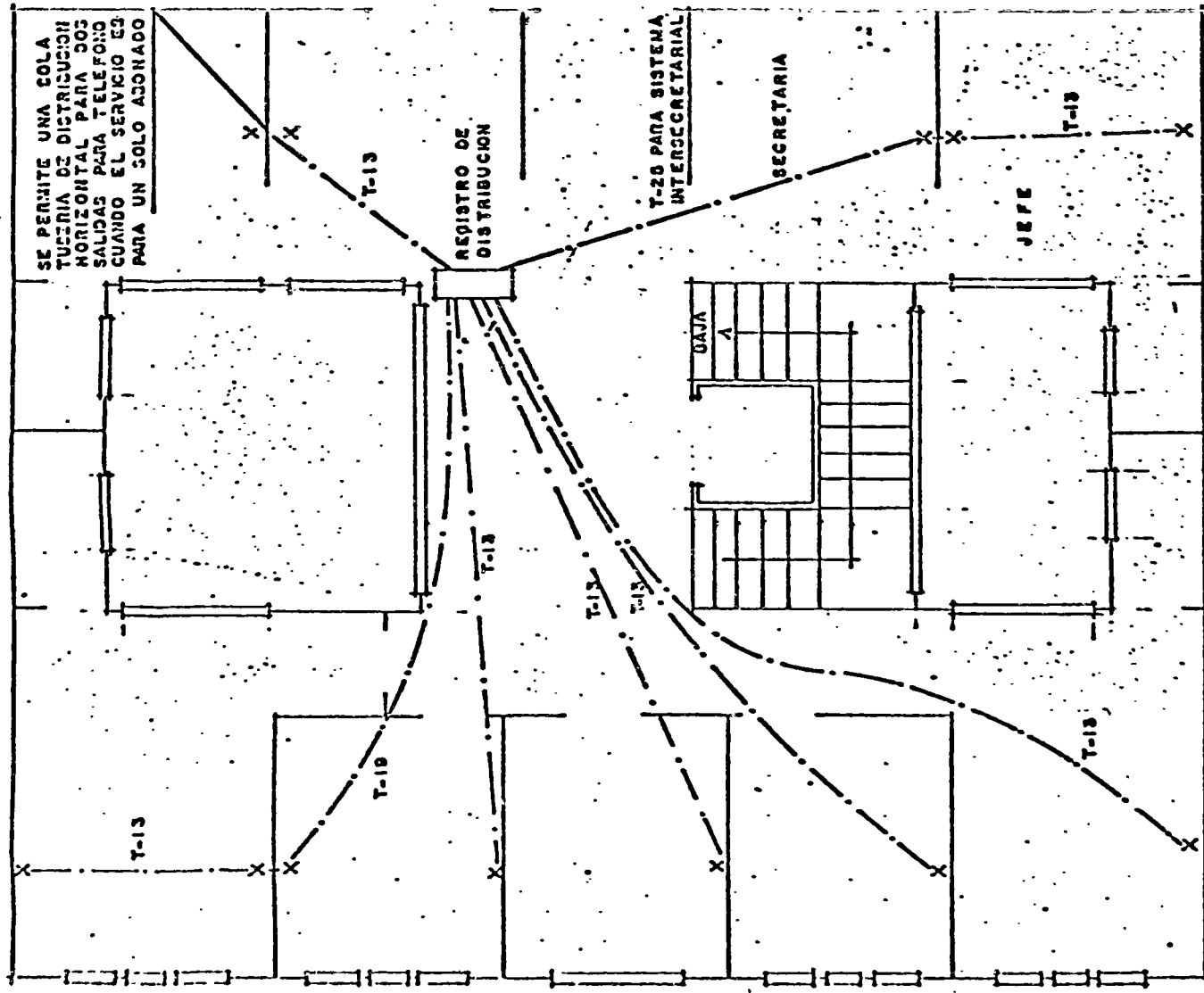
ACOT. EN CMS.

ICT-7

SISTEMAS DE CANALES PARA DISTRIBUCION HORIZONTAL

G-4

27



( FIG. 1ET-5 )

CANALIZACIONES HORIZONTALES

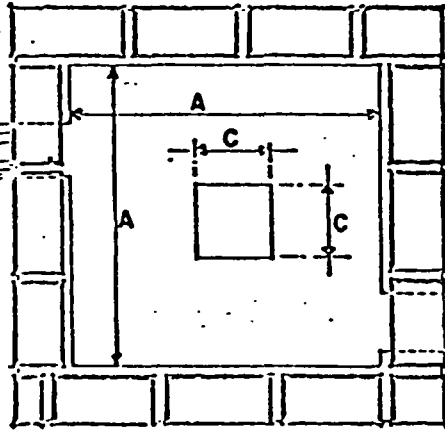
Nº DE LINEAS	DIAMETRO DE TUDO	MM.
1-2	13	MM.
3-6	19	"
7-8	25	"
9-10	32	"

1ET. 5

TUBERIA PARA LINEAS DE DISTRIBUCION HORIZONTAL EN UNA SOLA PLANTA

G-5

ALIMENTACION  
TELEFONICA



PLANTA

REGISTRO	A	B*	C	D	SIMBOLO
CHICO	600	600	200	130	☒ 1
GRANDE	800	800	200	150	☒ 2

\* LA PROFUNDIDAD "B" PUEDE SER MAYOR DEPENDIENDO DE LA PENDIENTE DEL DUCTO DE ALIMENTACION

EL REGISTRO GRANDE ES PARA ACOMETIDA DE 200 PARES

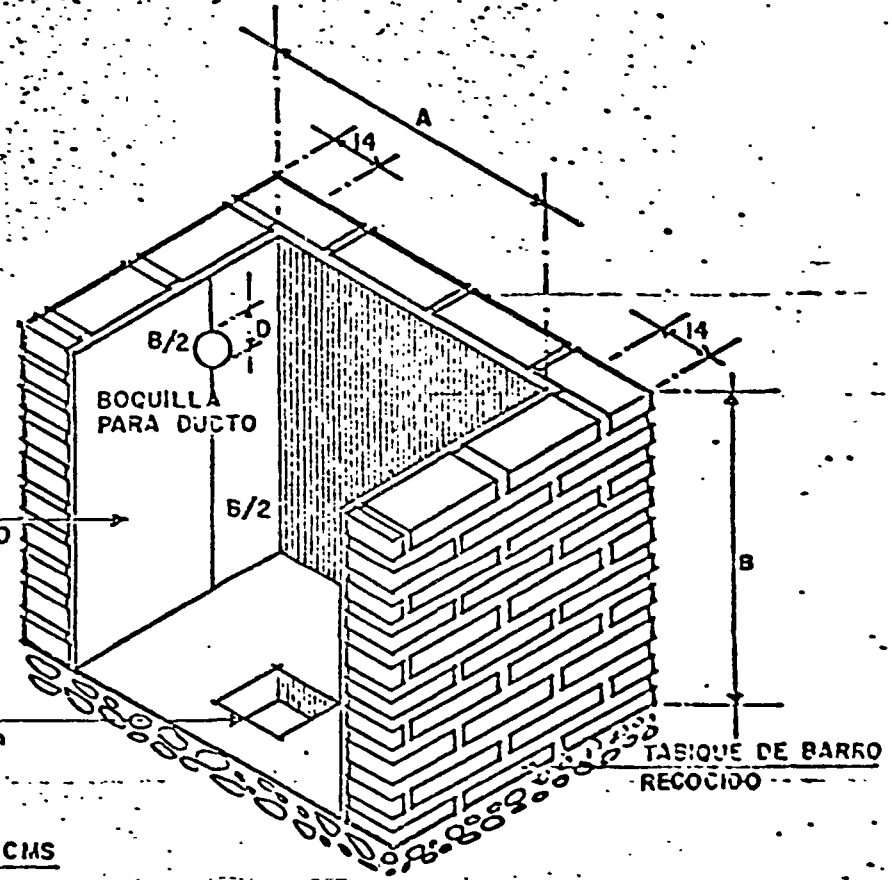
DUCTO PARA CABLE ACOMETIDA AL EDIFICIO

CARCAMO 10x10x15 cm

ACOT. EN CMS

USARAN TAPAS INDICADAS EN FIG. IET-II

NOTA.- SE CONSTRUIRA A UNA DISTANCIA DE 30 CMS. DEL PARAMENTO EXTERIOR DE LA CONSTRUCCION.



ISOMETRICO

IET-10

29

Tubería de 19 mm. de diámetro

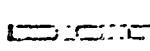
13 mm.

25 mm.

38 mm.



Tubería hacia arriba o hacia abajo. La tubería se deberá indicar si es por piso losa ó muro y de que material.



Ducto de P.V. ahogado en concreto.



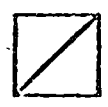
Registro de tabique de (x) dimensiones con pozo de absorción al fondo.



Foso de visita de concreto armado de (x) dimensiones.



Registro de lámina galvanizada No. IGUSG de 23 x 23 x 13 cm. con fondo de madera 1.5 cm.



Registro de lámina galvanizada No. IGUSG de 55 x 23 x 13 cm. con fondo de madera 1.5 cm.



Registro de lámina galvanizada No. IGUSG de 56 x 56 x 13 cm. con fondo de madera 1.5 cm.



Registro de lámina galvanizada No. IGUSG de 70 x 56 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (100 pares).



Registro de lámina galvanizada No. IGUSG de 100 x 70 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (400 pares)



Registro de lámina galvanizada No. IGUSG de 150 x 70 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (600 pares)



Registro de lámina galvanizada No. IGUSG de 80 x 70 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (300 pares)



Salida para teléfono directo en muro o piso.

TE<sub>mop</sub>

Salida para teléfono extensión de conmutador en piso o muro

TS<sub>mop</sub>

Salida para teléfono directo secretarial piloto en piso o muro.

TS<sub>2 mop</sub>

Salida para teléfono directo secretarial supeditado en piso o muro.

TE<sub>mop</sub>

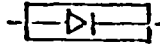
Salida para teléfono de extensión en piso o muro.

TP<sub>m</sub>

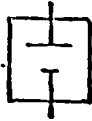
Salida para teléfono público en muro.

TCA

Computador automático telefónico tipo (x) y (y) extensiones.



Rectificador de corriente.



Banco de baterías.

FIG. 19 - CODIGO DE COLORES PARA IDENTIFICACION DE LOS GRUPOS  
(EN CARLOS SSI, SPO, ADP Y LAC)

LENTA DE LOS PARES EN EL GRUPO	NÚMERO DEL GRUPO	COLORES DE LOS MILOS QUE IDENTIFICAN AL GRUPO
1	10	1 AZUL
11	20	2 AMARILLO
21	30	3 ROJO
31	40	4 VERDE
41	50	5 NARANJA
51	60	6 BLANCO = AZUL
61	70	7 BLANCO = AMARILLO
71	80	8 BLANCO = ROJO
81	90	9 BLANCO = VERDE
91	100	10 BLANCO = NARANJA
101	110	11 NEGRO = AZUL
111	120	12 NEGRO = AMARILLO
121	130	13 NEGRO = ROJO
131	140	14 NEGRO = VERDE
141	150	15 NEGRO = NARANJA
151	160	16 GRIS = AZUL
161	170	17 GRIS = AMARILLO
171	180	18 GRIS = ROJO
181	190	19 GRIS = VERDE
191	200	20 GRIS = NARANJA
201	210	21 MORADO = AZUL
211	220	22 MORADO = AMARILLO
221	230	23 MORADO = ROJO
231	240	24 MORADO = VERDE
241	250	25 MORADO = NARANJA
251	260	26 MARRON = AZUL
261	270	27 MARRON = AMARILLO
271	280	28 MARRON = ROJO
281	290	29 MARRON = VERDE
291	300	30 MARRON = NARANJA




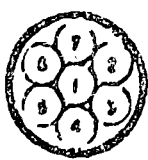
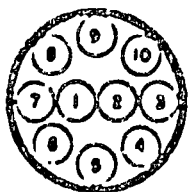
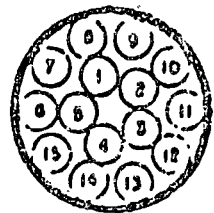
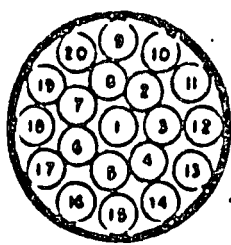
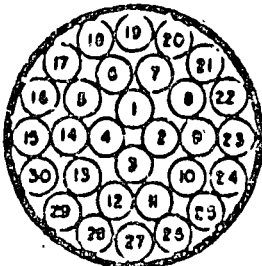
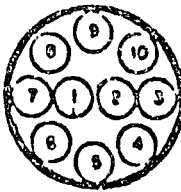
 <b>20 PARES</b> 8 GRUPOS DE 10	 <b>30 PARES</b> 5 GRUPOS DE 10
 <b>50 PARES</b> 8 GRUPOS DE 10	 <b>70 PARES</b> 7 GRUPOS DE 10
 <b>100 PARES</b> 10 GRUPOS DE 10	 <b>150 PARES</b> 15 GRUPOS DE 10
 <b>200 PARES</b> 20 GRUPOS DE 10	 <b>300 PARES</b> 30 GRUPOS DE 10

FIG. 20 - CODIGO DE COLORES PARA IDENTIFICACION DE LOS PARES

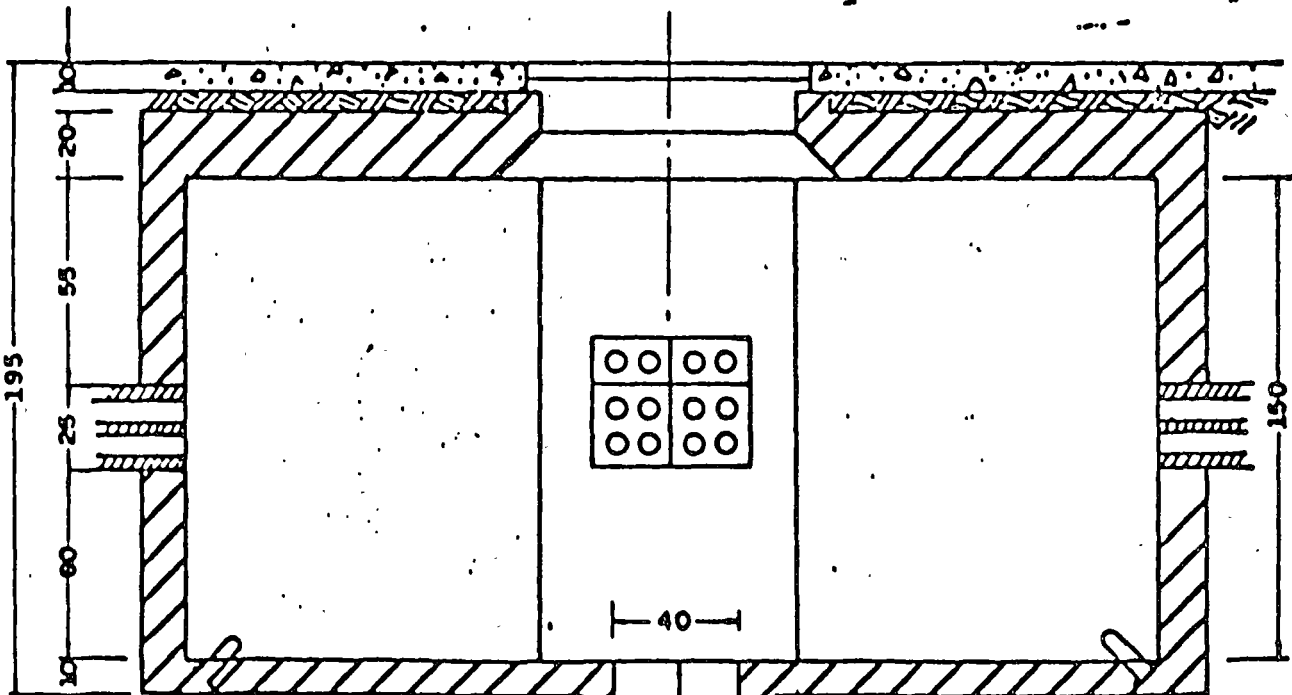
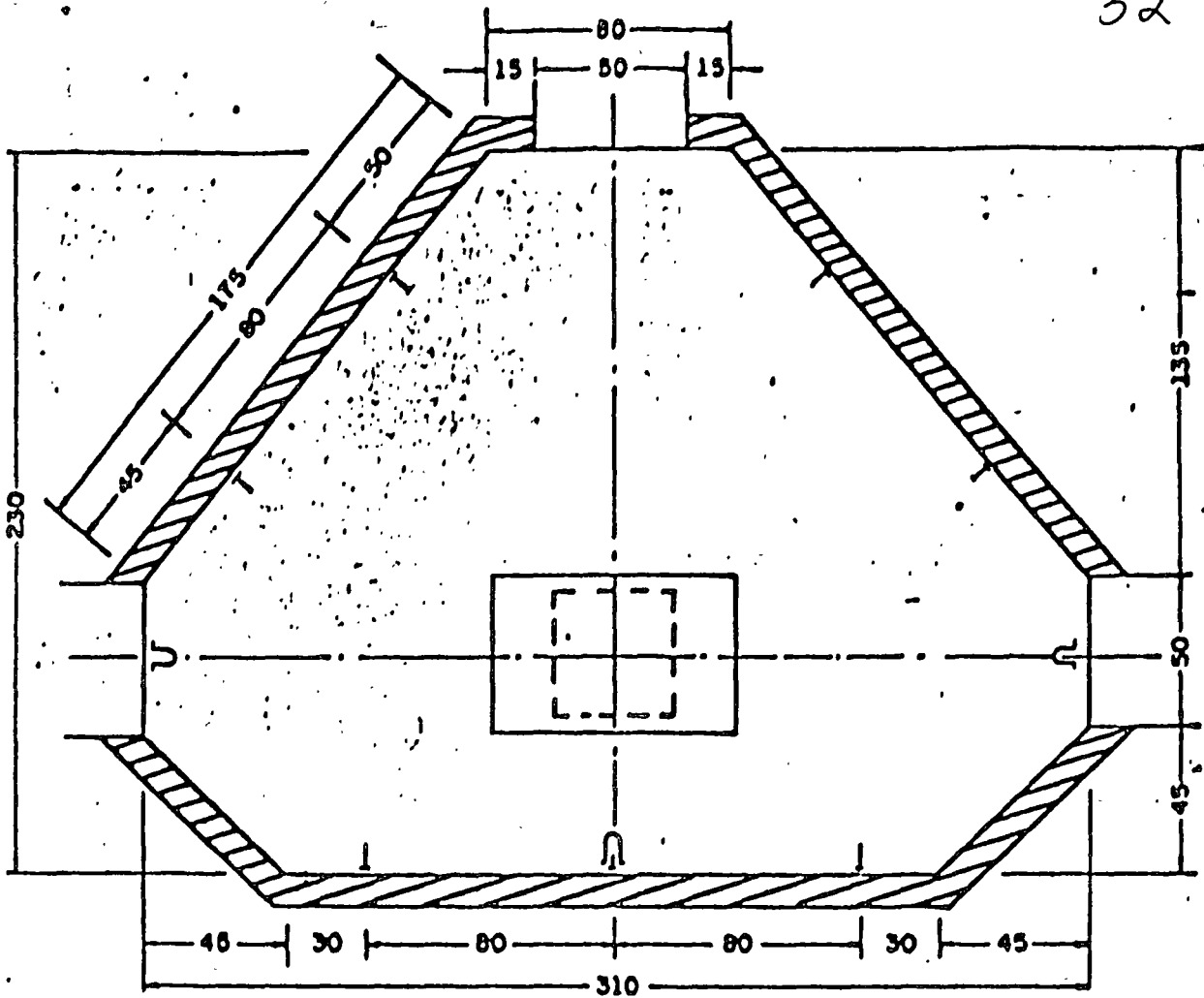
PAR	COLORES DEL AISLAMIENTO QUE IDENTIFICAN AL PAR DENTRO DEL GRUPO
1	BLANCO y AZUL
2	BLANCO = AMARILLO
3	BLANCO = ROJO
4	BLANCO = VERDE
5	BLANCO = NARANJA
6	NEGRO = AZUL
7	NEGRO = AMARILLO
8	NEGRO = ROJO
9	NEGRO = VERDE
10	NEGRO = NARANJA


--

9-9





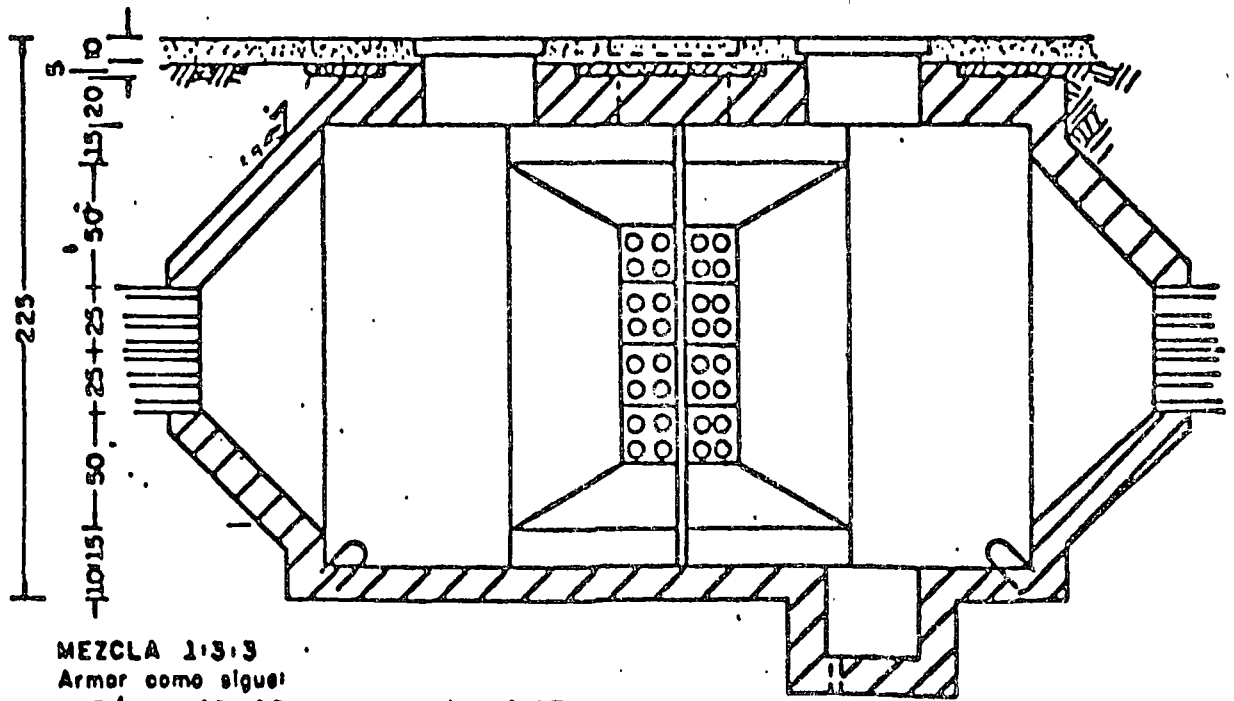
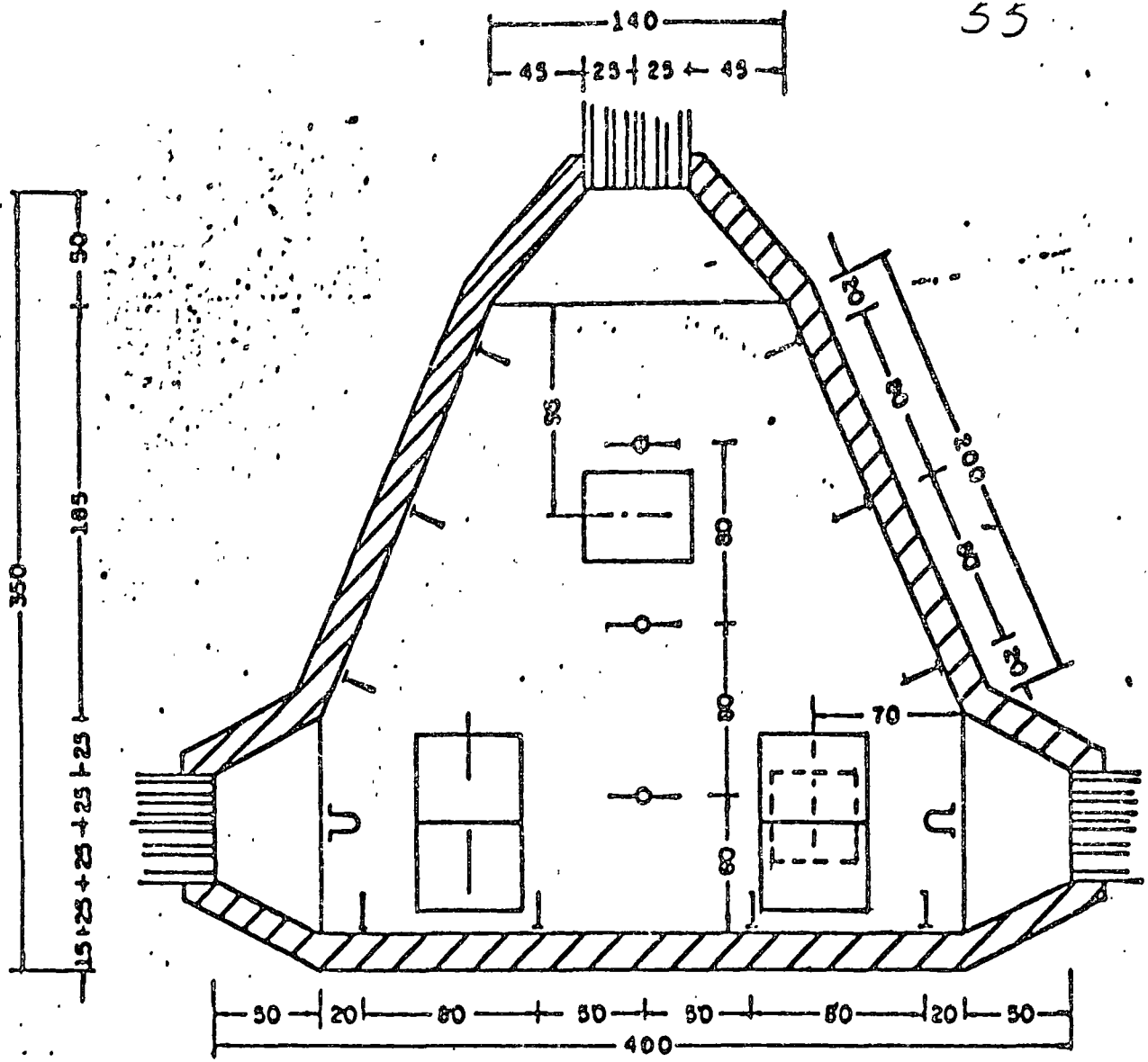
MEZCLA 1:1:3  
 Armar como sigue:  
 Dóveda 10x10 cm. con varilla 1.27 cm.  
 Paredes 20x20 cm. con varilla 1.27 cm.  
 Piso 20x20 cm. con varilla 1.27 cm.

**SIMBOLOS**  
 IU Estabón  
 IU Bastidor

Acotaciones en centímetros

FIG. 13

G-11



MEZCLA 1:3:3  
 Armar como sigue:  
 Bóveda 10x10 cm. con varilla 1.27 cm.  
 Pared .20x20 cm. con varilla 1.27 cm.  
 Piso 20x20 cm. con varilla 1.27 cm.  
 Acoleciones en centímetros.

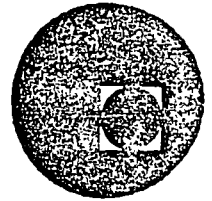
G-12

SIMBOLOS  
 B Esbozo  
 B Boiler  
 T Tube y soportes

FIG. 14



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

INSTRUCTIVO PARA SOLICITUD DE AUTORIZACION DE  
SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

AGOSTO, 1978

P R E S E N T A C I O N .

La electricidad como forma de uso de los energéticos reviste la importancia que estos tienen en el desarrollo de todos los países.

En el uso de la electricidad, el ejecutivo federal garantiza a través de medios técnicos, de observancia obligatoria, la seguridad de las personas y de sus bienes; la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y sus disposiciones reglamentarias, establecen los lineamientos mínimos que toda instalación eléctrica debe cumplir, atribuyéndole a la Secretaría de Comercio a través de la Dirección General de Electricidad, las funciones que tienen por objeto verificar que los proyectos, construcción y utilización de las instalaciones, se realicen conforme a lo establecido en dichas disposiciones

El presente instructivo contiene los procedimientos a seguir para el debido cumplimiento de los requisitos que se exigen para el trámite de los proyectos, la construcción y la utilización de las obras e instalaciones eléctricas.

De su debida aplicación dependerá en gran medida que los trámites que se realizan ante la Dirección General de Electricidad sean más ágiles y expeditos y de la misma manera el mayor apego a su contenido será base del fiel cumplimiento de las responsabilidades que tienen las personas autorizadas para proyectar, construir y conservar obras e instalaciones eléctricas.

I.- ATRIBUCIONES Y FUNCIONES DE LA SECRETARIA DE  
COMERCIO

1.- La Dirección General de Electricidad, dependiente de la Secretaría de Comercio, está constituida por los Departamentos de:

Instalaciones Eléctricas.

Plantas, Subestaciones y Líneas.

Permisos de Generación de Energía Eléctrica.

Registro y Aprobación de Aparatos Electromecánicos.

Tarifas, Contratos y Reglamentos.

Infracciones.

I.1.- Estos Departamentos, con el objeto de atender en --- forma apropiada a los usuarios del servicio de energía eléc--- trica, realizan funciones específicas en todo el Territorio -- Nacional, a través de las Delegaciones Federales de la propia Secretaría y en sus Oficinas del Distrito Federal de acuerdo - con las atribuciones siguientes:

- a). Departamento de Instalaciones Eléctricas. Proporciona información técnica y verifica la seguridad de -- las instalaciones eléctricas para servicio.
- a) Doméstico.
  - b) Comercial.
  - c) Educativo.
  - d) De bombeo.
  - e) Molinos.
  - f) Similares.
  - g) Talleres no industriales (Hasta los motores y - hasta 10 HP).
  - h) Hoteles.

CLASIFICACION DE LAS SOLICITUDES QUE SON ATENDIDAS EN EL DEPARTAMENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS.

La autorización y aprobación de proyectos, construcción y puesta en servicio de instalaciones eléctricas residenciales, comerciales, para bombeo de aguas y molinos; redes de distribución en alta tensión, de alumbrado y servicios domiciliarios en fraccionamientos, instituciones bancarias y centros escolares, están sujetas a la autorización en sus diferentes - etapas por el Departamento de Instalaciones Eléctricas y se - subdividen para su atención según sus características y requereimientos necesarios para su verificación de acuerdo con las - especificaciones técnicas y de seguridad mínimas reglamentarias.

1.- INSTALACIONES EN BAJA TENSION INDIVIDUALES.

Pertenecen al grupo de instalaciones en baja tensión individuales que son parte de un inmueble con más de un servicio eléctrico, todas las construcciones domésticas y comerciales.

les que a continuación se enlistan:

- a). Instalaciones eléctricas para departamentos habitacionales de edificios sujetos a renta y condominios.
- b). Instalaciones eléctricas para locales y puestos comerciales en mercados y centros comerciales.
- c). Instalaciones eléctricas para casa individuales en conjuntos habitacionales, donde las instalaciones son del mismo tipo.
- c). Similares.

2. INSTALACIONES EN BAJA TENSION CON CARGA INFERIOR A 2.5 KW.

El grupo de instalaciones en baja tensión para un servicio eléctrico con carga inferior a 2.5 KW, para bombeo y molinos con sistema compuesto hasta por 5 motores, lo constituyen todas aquellas instalaciones domésticas, comerciales y especiales que a continuación se enlistan:

- a). Instalaciones domésticas para un servicio eléctrico con carga inferior a 2.5 KW.
- b). Instalaciones comerciales para un servicio eléctrico con carga inferior a 2.5 KW.
- c). Instalaciones eléctricas para bombeo con sistema compuesto hasta por 5 motores de cualquier capacidad.
- d). Instalaciones eléctricas para molinos con sistema compuesto hasta por 5 motores de cualquier capacidad.
- e). Similares.

3. INSTALACIONES EN BAJA TENSION CON CARGA DE 2.5 KW EN ADELANTE.

El grupo de instalaciones en baja y alta tensión, para un servicio eléctrico con carga por instalar de 2.5 KW en adelante, está compuesto por la siguiente lista:

- a). Instalaciones eléctricas domésticas en baja tensión con carga de 2.5 KW en adelante.
- b). Instalaciones eléctricas comerciales en baja tensión con carga de 2.5 KW en adelante, y cualquier capacidad en alta tensión.

- c). Instalaciones eléctricas de edificios y condominios.
- d). Instalaciones eléctricas de centros comerciales y -  
mercados.
- e). Instalaciones eléctricas de fraccionamientos y con-  
juntos habitacionales.
- f). Instalaciones eléctricas para alumbrado público de -  
jardines, frdccionamientos, etc.
- g). Instalaciones eléctricas de hoteles, restaurantes, -  
etc.
- h). Instalaciones eléctricas para bombeo con sistema com  
puesto de más de 5 motores en baja tensión y cualquier número  
en alta tensión.
- i). Instalaciones eléctricas para molinos con sistema -  
compuesto de más de 5 motores en baja tensión y cualquier núme  
ro en alta tensión.
- j). Similares.



- b). Departamento de Plantas, Subestaciones y Líneas. Proporciona información técnica y verifica la seguridad de las instalaciones eléctricas para servicio.
  - a). Industrial.
  - b). De sistemas de potencia.
  - c). En lugares peligrosos.
  - d). Similares.

CLASIFICACION DE LAS SOLICITUDES QUE SON ATENDIDAS -  
EN EL DEPARTAMENTO DE PLANTAS, SUBESTACIONES Y  
LINEAS.

Las instalaciones eléctricas industriales, de sistemas de potencia y especiales; en proyecto, construcción y puesta en servicio, están sujetas a la autorización en sus diferentes etapas por el Departamento de Plantas, Subestaciones y Líneas y se subdividen para su atención según sus características y requerimientos necesarios para su verificación de acuerdo con las especificaciones técnicas y de seguridad mínimas Reglamentarias.

1.- INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.

El grupo a que pertenecen las instalaciones eléctricas industriales, está constituido por todas aquellas construcciones que tienen como finalidad proporcionar un servicio a las actividades de la producción, las cuales se enumeran en la siguiente lista:

- a). Instalaciones eléctricas para la industria beneficiadora de materias primas.
- b). Instalaciones eléctricas para la industria manufacturera.
- c). Instalaciones eléctricas para la industria de reconstrucción y reparación.
- d). Similares.

2.- INSTALACIONES ELECTRICAS DE SISTEMAS DE POTENCIA.

El grupo de instalaciones eléctricas de sistemas de

potencia, comprende todas aquellas construcciones tendientes a la obtención de la energía eléctrica y sistemas colectivos de transporte, las cuales se enumeran a continuación:

- a). Instalaciones eléctricas de plantas generadoras y sus estaciones de transformación.
- b). Instalaciones eléctricas de líneas de transmisión y sus estaciones de transformación.
- c). Cruzamientos de líneas de energía eléctrica y de comunicación con vías férreas, carreteras, camiones y otras líneas eléctricas o de comunicación.
- d). Instalaciones eléctricas de sistemas colectivos de transporte.
- e). Similares.

### 3.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS ESPECIALES.

Este grupo está constituido por todas aquellas instalaciones que por el servicio a que se van a destinar, entraña la necesidad de que su construcción y mantenimiento se efectúe bajo medidas de seguridad especiales, las cuales se mencionan a continuación:

- a). Instalaciones eléctricas para servicios en los lugares de reuniones públicas (cines, teatro, ferias, centros deportivos, bibliotecas, hospitales, etc.)
- b). Instalaciones eléctricas donde existan áreas consideradas como peligrosas, explosivas, inflamables, corrosivas, etc.
- c). Instalaciones eléctricas en aeropuertos y hangares.
- d). Similares.

- c). Departamento de Permisos de Generación de Energía - Eléctrica. Autoriza la obtención de energía eléctrica por los particulares para utilizarse en usos propios en casos de emergencia.
  - d). Departamento de Registro y Aprobación de Aparatos - Electromecánicos. Proporciona información técnica y verifica la seguridad de los aparatos, equipos y - accesorios eléctricos que se fabrican dentro de la República o se importen y en su caso, autoriza su - distribución y venta.
  - e). Departamento de Tarifas, Contratos y Reglamentos. - Establece las tarifas a que debe sujetarse el servicio de energía eléctrica y las condiciones de los - contratos celebrados entre el usuario y el organismo suministrador.
  - f). Departamento de Infracciones. Vigila para evitar - que existan instalaciones eléctricas fraudulentas, las que generalmente causan servicios deficientes a los usuarios contratados y peligro a las personas.
- Las funciones específicas y los objetivos de los - Departamentos de Instalaciones Eléctricas y de Plantas, Subestaciones y Líneas de la Dirección General de Electricidad, de pendiente de la Secretaría de Comercio son:

I.2.- Analizar los proyectos de instalaciones eléctricas.

Tiene por objeto aprobar los proyectos de las instalaciones eléctricas que cumplen con las mínimas condiciones - de seguridad y orientar a los interesados sobre las correcciones necesarias cuando en los lineamientos de aquellos no se - previene la seguridad requerida.

I.3.- Inspeccionar las instalaciones eléctricas durante - su construcción y cuando se encuentran terminadas.

Tiene por objeto verificar que las instalaciones en construcción y las mismas cuando estén terminadas, se realicen o hayan realizado siguiendo los lineamientos de seguridad establecidos en el proyecto previamente aprobado o en su - defecto, asesorar a los usuarios sobre las medidas de seguridad que se requieran tomar.

I.4.- Inspeccionar periódica y extraordinariamente las -- instalaciones eléctricas en servicio.

Tiene por objeto, comprobar que las instalaciones - eléctricas en servicio, continúan operando en las condiciones de seguridad bajo las cuales fue autorizada la puesta en ser- vicio de las mismas, y que las modificaciones que en su caso se hayan efectuado, no presenten riesgos para la vida de las personas y los bienes.

I.5.- Promover y difundir la actualización permanente de las disposiciones reglamentarias sobre seguridad de las instalaciones eléctricas.

Considerando que los materiales, equipos y accesorios para instalaciones eléctricas, así como las técnicas de -- construcción de las mismas, evolucionan, se requiere mantener actualizadas las disposiciones que establecen las condiciones de seguridad que toda instalación debe cumplir y mantener in- formado al público en general sobre la materia.

## II.- PROYECTO DE INSTALACION ELECTRICA.

Para efectuar una instalación eléctrica, es fundamental que se realice siguiendo los lineamientos del proyecto previamente aprobado, debido a que en este se tomaron las medidas de seguridad adecuadas para la instalación.

Las principales fallas que se originan en las instalaciones eléctricas, son debidas principalmente a la poca -- importancia que se le dá al proyecto eléctrico, ya que al no -- considerar en éste todos los aspectos y características del medio ambiente en que operará el equipo, así como la naturaleza de las cargas, el tipo de servicio a que se destinará, y otras consideraciones importantes, genera el desconocimiento de lo -- que se va a construir, obligándose a tomar en la etapa constructiva, soluciones que no son precisamente las más idóneas desde el punto de vista técnico y de seguridad.

Es necesario recordar que la labor más importante de ingeniería debe realizarse en el proyecto, y por lo tanto, no es aconsejable dejar ambigüedades y pendientes para resolver -- en la ejecución de la obra los problemas de diseño, pues es -- frecuente observar que la falta de funcionalidad, flexibilidad y eficiencia de una instalación eléctrica, se debe principalmente al hecho de que no fueron especificados en el proyecto -- todos los elementos constitutivos de la instalación, incluyendo los diferentes trabajos realizados por las diversas especialidades de ingeniería que intervienen en toda obra. Por ejemplo, no es aceptable que quien construye la obra civil haga -- una serie de economías en equipos, materiales, etc., y que -- por falta de previsión y coordinación con el proyectista de la instalación eléctrica, ésta resulta desproporcionalmente más -- costosa, o de la misma manera, no tiene sentido que un edificio con acabados de lujo sea totalmente antifuncional, debido a un sistema de distribución eléctrico deficiente por las razones expuestas.

Independientemente de los aspectos de flexibilidad, capacidad y funcionalidad, que deben ser tomados en cuenta al proyectarse una instalación eléctrica, es necesario considerar la seguridad, de tal forma que el diseño y la selección del -- equipo y material, garanticen que las instalaciones a realizar ofrezcan un alto grado de seguridad a las personas que las van a utilizar y a sus bienes.

Las condiciones de seguridad se establecen en la reglamentación de obras e instalaciones eléctricas y es importante señalar que éstas son las mínimas necesarias para obtener instalaciones seguras; pudiendo por lo tanto, aumentarse en función del nivel de la economía requerida.

El proyecto se constituye por planos y memoria técnica descriptiva. En ellos se establecen las obras que se van a realizar con detalles y explicaciones. Un buen proyecto, no deja para resolver en obra los problemas de diseño; un esquema o plano, no es un proyecto y la razón por la cual se han hecho y siguen haciéndose instalaciones deficientes, es por que los planos y memorias que lo constituyen, no están diseñados técnicamente.

## II.1.- PLANOS.

Los planos de instalación eléctrica deberán contener los siguientes datos generales:

a). Nombre, firma autógrafa, número de registro en la Dirección General de Electricidad y domicilio del responsable del proyecto.

b). Nombre, firma autógrafa, número de registro en la Dirección General de Electricidad y domicilio del responsable de la construcción de la obra eléctrica y la anotación correspondiente que indique que se trata del responsable de construcción eléctrica.

c). Croquis de localización de la obra eléctrica, especificando la población, colonia, calles, carreteras, caminos, etc.

d). Cuadro de distribución de cargas por circuito.

e). Relación de símbolos eléctricos, utilizando de preferencia los que se muestran en el anexo No. 1.

f). Número de autorización para su venta, distribución y utilización de los equipos, materiales y accesorios eléctricos a utilizar.

g). Representar mediante vista la planta la disposición física de los componentes que integran la instalación eléctrica, mostrando las trayectorias de las canalizaciones e identificando las cargas con respecto a la lista de motores y cuadros de distribución.

h). En caso de presentarse varios planos que en forma individual muestren parte del total de una instalación eléctrica deberá incluirse un plano general de conjunto, en el que se indiquen la ubicación de la acometida o acometidas, tableros principales y derivados, rutas o trayectorias de las alimentaciones respectivas hasta los centros donde se encuentran las cargas. En este caso, deberá indicarse claramente la continuidad de un plano con respecto a otro e identificar debidamente el área o sección que representa cada plano con respecto al plano de conjunto.

i). Diagrama unifilar representativo de lo mostrado en la vista de planta de la disposición física de los componentes que integran la instalación eléctrica, especificando la acometida, medidores, transformadores, generadores, protecciones, medios de desconexión, calibres de conductores, unidades de alumbrado, contactos, motores, arrancadores, etc.

j). Cantidad y calibre de conductores alojados dentro de tubos o ductos, especificando los factores de corrección por agrupamiento y de relleno.

k). Diámetro de tuberías y/o dimensiones de otros tipos de ductos que se utilicen.

l). Especificar las características eléctricas de los equipos, materiales y dispositivos eléctricos.

Las dimensiones y escalas de los planos se sujetarán a lo que se indica en la Tabla No. 1 y las acotaciones se expresarán en el sistema métrico decimal.

Independientemente de los datos generales señalados, los planos deberán cubrir los aspectos particulares que se citan cuando se trate de:

#### II.1.1. Subestaciones Eléctricas.

a). Mostrar vista de planta, elevación, perfil y cortes necesarios que identifiquen la disposición física de los componentes de la subestación.

b). Especificar las características eléctricas de los transformadores y sus protecciones contra sobrecorrientes, cuchillas desconectadoras y de pruebas en su caso, apartarrayos, transformadores de corriente y de potencial en su caso, equipos de medición, bancos de capacitores, conductores, aisladores, y en general, las correspondientes a todos los equipos y materiales empleados.

c). Proporcionar el plano o el detalle del sistema de tierras, incluyendo sus componentes, tales como conductores, electrodos y conectadores, indicando su conexión a todas las partes metálicas de la instalación no destinadas a conducir energía eléctrica.

d). Localizar el drenaje para el escurrimiento del líquido de los transformadores e indicar los accesorios de seguridad con que debe contar la subestación, tales como p~~á~~rtiga, tarimas aislante e implementos para maniobras, así como del equipo contra incendio.

e). Mostrar las características y dimensiones de registros ductos, trincheras, local o cerca protectora de la subestación así como de la iluminación y ventilación en su caso.

f). Acotar las dimensiones entre las partes conductoras y entre éstas y los gabinetes, estructuras o techos cercanos, así como los espacios libres para trabajar.

g). Indicar el nivel del piso del local de la subestación, respecto al nivel del arroyo de la calle. Asimismo, indicar el medio de acceso al local, el cual debe ser expedito y seguro.

#### II.1.2. Plantas Generadoras de Energía Eléctrica para casos de Emergencia. )

a). Mostrar un diagrama unifilar en el cual se indique la unidad generadora, equipo de transferencia en su caso, protección contra sobrecorriente de dicha unidad, tablero de control, equipo de medición, línea de servicio del suministrador circuitos que interconectan la unidad generadora con la carga correspondiente, dispositivos eléctricos de control y protección, así como los circuitos que alimenta la planta, identificando todos los componentes mostrados en la lista de equipo y materiales.

b). Cuadro de características completas de la unidad generadora, tanto del primotor como del generador excitatriz y del equipo auxiliar.

c). Indicar los sistemas de alimentación de combustibles, enfriamiento, expulsión de gases de combustión, ventilación y alumbrado del local que aloja a la unidad generadora, así como el acceso a dicho local, el cual debe ser expedito y seguro.



d). Mostrar en vistas físicas la ubicación de la planta generadora, indicando dimensiones del local y de los espacios considerados como áreas de trabajo, incluyendo el resto del -- equipo eléctrico.

e). Representar el sistema de tierra, especificando el -- tiempo y dimensiones de electrodos, conductores y accesorios.

#### II.1.3. Cruzamientos Aéreos.

a). Indicar los detalles de crucetas, postes y estructu-- ras, incluyendo sus dimensiones y características principales.

b). Especificar la distancia de las vías férreas y carre-- teras o caminos a postes o estructuras así como la altura de -- conductores sobre las mismas.

c). Acotar las distancias horizontales entre fases de -- una líneas y en su caso las distancias verticales cuando se -- crucen con otras.

d). Mostrar un croquis topográfico y detallado del cruza-- miento, indicando la distancia interpostal y el desnivel entre las estructuras, así como los límites del derecho de vía.

#### II.1.4. Cruzamientos subterráneos.

a). Especificar la distancia vertical del ducto a las -- vías férreas, carreteras o caminos.

b). Indicar la pendiente de los ductos, dimensiones de -- los pozos de visita, tipo de drenado y características de sus tapas.

c). Mostrar el detalle de los soportes de los cables en cada pozo de visita.

d). Especificar la separación entre los ductos que con-- tengan líneas de energía respecto a los que alojan líneas de -- comunicación.

e). En general, es necesario especificar todos aquellos detalles que permitan observar claramente este tipo de cruza-- mientos.

#### II.1.5. Instalaciones Eléctricas Especiales.

a). Dibujar las trayectorias de las alimentaciones verti-- cales, mediante cortes y elevaciones en instalaciones eléctri-- cas de edificios que tengan más de un nivel.

b). Para el caso de canalización en línea abierta deben mostrarse detalles de los soportes de los conductores, ya bien sean bastidores empotrados a los muros, crucetas o postera, - indicando distancias entre conductores, entre éstos y piso, - muros o estructuras y desde luego dar características de los - materiales usados (crucetas, bastidores, aisladores, postes, - etc.)

c). En el caso de que se tenga una distribución de más - de 150 volts a tierra, o bien sea que en el lugar donde se en- - cuentre la instalación se almacenen, acumulen o trabajen mate- - riales flamables, explosivos, o que el ambiente sea húmedo; se requiere la presentación de un plano de red general de tierras en el cual se indique la conexión de todas las partes metáli- - cas no conductoras de energía del equipo a dicho sistema, y - detalles típicos de las conexiones.

#### II.1.6. Redes de Distribución en Alta Tensión para Fracciona- mientos.

a). Mostrar un diagrama unifilar de la red, indicando - todos los equipos eléctricos incluyendo sus dispositivos de -- protección.

b). Representar en vistas físicas la ubicación de postes o estructuras, punto de entrega, herrajes, crucetas, aislado- - res, trayectoria de conductores, bancos de transformación y - sus dispositivos de protección contra sobrecorriente y sobre - tensiones, incluyendo detalles de las vistas de planta y eleva- - ción de los bancos de transformación, postes o estructuras, - retenidas y cambios de dirección de conductores.

c). Anotar las especificaciones y características comple- - tas de todo el equipo y material que integran estas redes.

d). En la distribución subterránea, es necesario indicar además, registros y ductos incluyendo dimensiones y caracterís- - ticas, terminales o mufas, empalmes y detalles específicos -- sobre los tipos de subestación utilizados.

#### II.1.7. Redes de Distribución en Fraccionamientos para Alum- brado y Servicios Domiciliarios.

a). Representar en vistas físicas, postes, herrajes, cru- - cetras, aisladores, conductores, acometiúas, retenidas, lumina- - rias y sus dispositivos de control y protección por cada cir- - cuito.

b). Dibujar un diagrama unifilar y cuadros de distribución de cargas por cada circuito, tanto para alumbrado público como para servicio domiciliario.

c). Anotar las especificaciones y características de todo el equipo y material que integran estas redes.

d). En las redes subterráneas, es necesario incluir además, dimensiones y características de registros y ductos, así como su profundidad respecto al nivel del piso, pasos de arroyo; empalmes, derivaciones y acometidas; localización de combinaciones interruptor-contacto y ubicación de reactores en su caso.

## II.2. MEMORIA TÉCNICO-DESCRIPTIVA.

La memoria técnico-descriptiva, es parte integrante del proyecto, y se constituye por los cálculos de diseño, métodos de construcción, especificaciones de materiales, equipos, dispositivos y accesorios de la instalación eléctrica, la que deberá contener los siguientes datos generales.

a). Describir en términos generales la instalación eléctrica de que se trate, especificando las características del servicio requerido para energizarla, condiciones ambientales en las que operará, criterios fundamentales de los que se parte para su diseño, tomando en cuenta las cargas por abastecer, régimen o diversidad de trabajo, etc.

b). Criterios para la selección y localización de dispositivos de control, protección, conductores, canalizaciones, medios de desconexión, etc.

c). Métodos de trabajo y precauciones para ejecutar la instalación eléctrica, especificando los equipos, dispositivos y accesorios requeridos, estableciendo las exigencias para su instalación.

d). Cálculos realizados para determinar protecciones por sobrecargas, cortocircuito, calibres de conductor, correcciones por temperatura, caídas de tensión, canalizaciones, etc.

Independientemente de los datos generales señalados, la memoria técnico-descriptiva deberá cubrir los aspectos particulares que se citan cuando se trate de:

### II.2.1. Subestaciones Eléctricas.

a). Tensión nominal y nivel de cortocircuito del sistema suministrador y el de utilización, especificando los ajustes de liberación de fallas por sobrecargas y cortocircuito, estableciendo los medios de extinción de arcos y capacidad

interruption.

b). Cálculos de la red del sistema de tierras, incluyendo los métodos de conexión y pruebas de resistencia.

c). Características de los conductores que unen el secundario del banco de transformación con la protección principal de la carga por servir, estableciendo que dichos conductores son capaces de conducir en forma adecuada corriente de cortocircuito y la máxima permitida según los alimentos de sobrecargas del lado de alta tensión, tomando en cuenta la relación de transformación.

d). Cuando se trate de bancos de transformación en poste se precisa indicar los criterios y cálculos eléctricos y mecánicos para la determinación de postes, estructuras, herrajes, sistemas de tierras, etc.

II.2.2. Plantas Generadoras de Energía Eléctrica para Casos de Emergencia.

a). Describir los elementos del control de velocidad -- arranque y paro del primomotor, sistema de enfriamiento y de lubricación, tipo de acoplamiento (bandas, flechas, etc.)

b). Especificaciones del generador, indicando las capacidades de generación de acuerdo a la altitud sobre el nivel del mar, incluyendo los cálculos correspondientes para la selección de conductores alimentadores y su dispositivo general de protección contra sobrecorriente y equipo de transferencia de carga.

c). Calcular el sistema de tierras e indicar el método de conexión al equipo, incluyendo las características de conductores y electrodos utilizados. (El valor de la resistencia a tierra no debe ser mayor de 25 ohms).

II.2.3. Cruzamientos Aéreos.

a). Cálculos realizados para el diseño de estructuras y conductores, incluyendo las cargas verticales longitudinales y transversales con la presión del viento que le corresponda, -- según el área proyectada en superficies cilíndricas o planas, así como cambios de dirección de líneas, remates, etc.

b). En los cálculos de la línea, deben considerarse: la caída de tensión, el efecto corona, gradiente de potencial, -- coeficientes de seguridad en la resistencia máxima de los conductores, las flechas de los conductores a las temperaturas de 10°C y 50° C, etc.

c). De la misma manera, es necesario anotar la resistencia mecánica y esfuerzos a los que se encuentran sometidos los herrajes, soportes y aisladores, así como los factores de seguridad correspondientes. En caso de utilizar métodos gráficos, deben anexarse los Abacos y procedimientos y consideraciones correspondientes.

#### II.2.4. Cruzamientos Subterráneos.

a). Esfuerzos mecánicos a que se someterán los ductos.

b). Clase de aislamiento de los conductores y la ventilación proporcionada para disipar el calor producido.

#### II.2.5. Instalaciones Eléctricas Especiales.

a). Establecer las medidas tomadas para prevenir el calentamiento de conductores por agrupamiento en edificios con más de un nivel.

b). En líneas abiertas, determinar la resistencia mecánica y esfuerzos a los que se someten los conductores, herrajes, soportes, aisladores, así como los factores de seguridad.

c). En instalaciones con ambiente flamable, explosivo, corrosivo, húmedo o que se acumulen sobre el equipo polvos que impidan la disipación del calor, se establecerán las condiciones para prevenir las desventajas causadas por esos medios.

#### II.2.6. Redes de Distribución en Alta Tensión para Fraccionamientos.

a). Anotar claramente la localización del fraccionamiento.

b). Criterios del régimen de carga para el diseño de la red.

c). Anexar cálculos de conductores, bancos de transformación, esfuerzos mecánicos de los postes de estructuras, así como factores de seguridad, aisladores, crucetas, etc.

d). Cuando se trate de redes subterráneas, especificar las características de ductos, agrupamientos de conductores, registros, empalmes y sus aislamientos, etc.

e). Capacidad de corto circuito del sistema del suministrador en el punto de entrega del servicio y cálculos correspondientes para determinar la selección de los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

#### II.2.7. Redes de Distribución en Fraccionamientos para Alumbrado Público y Servicios Domiciliarios.

- a). Establecer los criterios del régimen de carga para el diseño de la red, incluyendo las caídas de tensión.
- b). En redes subterráneas: indicar las condiciones para el drenado de ductos y registros, localización de empalmes y sus tipos de aislamiento.
- c). Protección y control del alumbrado público y su localización.

Es importante hacer notar que los puntos señalados, no deben considerarse como la totalidad de los datos que deben contener los documentos requeridos, sino que se indican como guía.

TABLA No. 1

TIPO DE INSTALACIONES	DIMENSIONES	ESCALAS
Subestaciones Eléctricas	85 x 110 cms.	de 1:20
Abiertas o Compactas	70 x 110 cms.	hasta 1:100
Plantas Generadoras de	85 x 110 cms.	de 1:20
Energía Eléctrica.	70 x 110 cms.	hasta 1:100
Redes de Distribución	85 x 110 cms.	de 1:1000
en Fraccionamientos	70 x 110 cms.	hasta 1:5000
	55 x 70 cms.	(conjunto)
		de 1:50
		hasta 1:200
		(detalles)
Sistemas de Utilización	85 x 110 cms.	de 1:50
	70 x 110 cms.	hasta
	55 x 70 cms.	1:200
	28 x 40 cms.	
	21.5 x 28 cms.	
Instalaciones Eléctricas	70 x 110 cms.	de 1:50
en Edificios	55 x 70 cms.	hasta 1:200
Cruzamientos de líneas - eléctricas de comunica-- ción con ferrocarriles,- carreteras, caminos ve-- cinales, predios, calles etc.	55 x 70 cms.	de 1:50
	35 x 55 cms.	hasta 1:500
Líneas de Transmisión	70 x 110 cms.	de 1:5000
	55 x 70 cms.	hasta 1:100000

- NOTAS:
- 1). En los esquemas de detalles contenidos en los -- planos queda a criterio del responsable, emplear las escalas más adecuadas.
  - 2). Los planos deberán ser doblados de tal modo que puedan ser rápidamente identificados por sus tí- tulos y números, y fácilmente desplegabls, aún estando glosados o encuardenados. (ver la forma de doblado que se sugiere).
  - 3). Los márgenes en cada plano deben ser: 5 cms. en el lado izquierdo y 2 cms. en los lados restantes.



### III.- PERSONAS CAPACITADAS PARA PROYECTAR, CONSTRUIR Y OPERAR OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS

Con el objeto de cubrir los aspectos de seguridad reglamentarios en el proyecto, construcción, conservación y operación de las obras e instalaciones eléctricas, la Dirección General de Electricidad, se apoya en un grupo de personas técnicamente capacitadas y con pleno conocimiento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, sus Reglamentos y disposiciones relativas. Para lograr lo anterior y con base en lo que al respecto estipula la Ley de la materia, esta Secretaría, establece las reglas para facultar a las personas, que forman el grupo de profesionales para desarrollar instalaciones destinadas al uso de la energía eléctrica. El papel que deben desempeñar estos elementos es muy importante, por lo que además de tener la capacidad técnica que les dá su especialidad y conocimientos mencionados, deben poseer un alto sentido de responsabilidad, aunado a una gran integridad moral y ética profesional.

### III.1. CLASIFICACION DE LAS PERSONAS TECNICAMENTE CAPACITADAS.

Se tienen tres categorías autorizadas de personal técnico capacitado para proyectar, ejecutar, conservar y operar obras e instalaciones eléctricas como sigue:

- A). Ingenieros.
- B). Técnicos.
- C). Obreros Calificados.

De acuerdo con las etapas de proceso por las que pasa una instalación eléctrica, las personas capacitadas serán responsables en forma independiente de:

- a). Proyecto.
- b). Construcción.
- c). Operación y Conservación.

Una persona podrá hacerse cargo de una ó más de las tres etapas anteriores.

### III.2. RESPONSABILIDADES DE LAS PERSONAS TECNICAMENTE CAPACITADAS.

Cada categoría de persona capacitada tiene definidas las limitaciones de su responsabilidad. Sin embargo, es necesario interpretar claramente las obligaciones que adquieren así como los derechos que la Secretaría les atribuye, las que se exponen a continuación:

- a). Conocer, interpretar y cumplir debidamente los ordenamientos de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica sus Reglamentos y disposiciones relativas.
- b). Ejercer sus funciones dentro de los límites de su clasificación.
- c). Atender los requerimientos oficiales que le haga la Dirección General de Electricidad.

d). Renunciar a sus responsabilidades, cuando así lo --  
deseen, informándolo por escrito a esta Secretaría.

e). Realizar los proyectos apegándose a la Reglamenta--  
ción de Obras e Instalaciones Eléctricas y las especificacio--  
nes del presente instructivo. Debiendo ser lo más explícito -  
posible en la elaboración de planos y memorias a fin de poder  
interpretarlos correctamente.

f). Informar por escrito a la Dirección General de Elec--  
tricidad cuando sean responsables de la construcción y/o de -  
la operación y conservación de instalaciones eléctricas. No -  
debiendo realizar ningún trabajo relacionado con las obras e  
instalaciones eléctricas, si previamente no se ha recabado la  
autorización de la Secretaría para la ejecución de las mismas

g). Realizar la construcción de las instalaciones eléc--  
tricas, de acuerdo con los proyectos aprobados por la Secreta--  
ría. En su caso, hacer del conocimiento de la propia Dependen--  
cia cuando la construcción de las obras e instalaciones eléc--  
tricas sufran modificaciones, presentando al respecto, una -  
memoria técnico-descriptiva que las justifique, o bien el pro--  
yecto actualizado.

h). Instalar solamente equipo y material eléctrico auto--  
rizado por la Secretaría y que ostente el No. SC-DGE corres--  
pondiente.

i). Coordinar con el usuario y la Dirección General, -  
las visitas de inspección a las obras en las que sea responsa--  
ble y en las que imprescindiblemente debe estar presente.

j). Acatar las disposiciones y observaciones que en --  
base a las disposiciones reglamentarias establecidas, la --  
Secretaría le haga, en relación a la inspección practicada.

k). Supervisar que las instalaciones eléctricas en ser--  
vicio continúen cumpliendo con los requisitos de seguridad -  
fijados en la Reglamentación de Obras e Instalaciones Eléctri--  
cas. A este respecto, enviará cada 6 meses a la Dirección --  
General de Electricidad, un informe detallado del estado de -  
seguridad que guardan las instalaciones a su cargo o antes si  
el caso lo amerita; así como, los cambios y modificaciones -  
que se hubieran efectuado o tengan planeado efectuar.

I). Asesorar en materia eléctrica a los usuarios, que -  
contraten sus servicios profesionales, así como orientarlos -  
sobre el cumplimiento de las disposiciones reglamentarias.

m). Al cambiar de domicilio los responsables de instala-  
ciones eléctricas, deberán comunicarlo inmediatamente por es-  
crito a la Secretaría.

### III.3 REGISTRO Y REPRENDIDO DE PERSONAS CAPACITADAS.

Se consideran personas capacitadas para encargarse como responsables de la proyección, ejecución y conservación de obras e instalaciones eléctricas, aquellas que hayan registrado ante la Secretaría de Comercio, documentos revalidados ante la Secretaría de Educación Pública, que acrediten su capacidad para encargarse de las actividades eléctricas citadas.

Los requisitos para registrar los documentos correspondientes son los que a continuación se mencionan; mismos que deben ser presentados en la Secretaría.

#### III.3.1 REGISTRO DE INGENIEROS.

- a). Hacer por escrito y en duplicado la solicitud correspondiente en el Depto. de Plantas, Subestaciones y Líneas.
- b). Presentar título avalado por la Dirección General de Profesiones de la Secretaría de Educación Pública y tener preparado el original de éste documento para ser presentado en la certificación de las copias mencionadas.
- c). Presentar certificado de materias.
- d). Presentar 4 fotografías tamaño credencial óvalo de frente.
- e). Haber cubierto los derechos correspondientes ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

III.3.2 REGISTRO DE TECNICOS.

- a). Hacer solicitud por escrito y en duplicado en departamento de plantas, subestaciones y líneas.
- b). Presentar 3 copias fotostáticas del título profesional, carta de pasante, certificado o constancia correspondiente.
- c). Presentar certificado de materias.
- d). Presentar 4 fotografías tamaño credencial óvalo de frente.
- e). Haber cubierto ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, los derechos correspondientes.

III.3.3 REGISTRO DE OBRERO CALIFICADO.

- a). Hacer solicitud por escrito y en duplicado en el -- departamento de plantas, subestaciones y líneas.
- b). Presentar 3 copias fotostáticas del documento que los acredite sobre la especialidad.
- c). Presentar certificado de materias.
- d). Presentar 4 fotografías tamaño credencial óvalo de frente.
- e). Haber cubierto ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, los derechos correspondientes.

NOTA: Aquellas personas que carezcan de los documentos señalados en el inciso III.3.3 b), deberán presentar ante la Secretaría, Exámen de actitud técnico-práctico, independientemente de haber cubierto los requisitos señalados.

lados en el punto anterior.

#### III.4 REFRESCO DE REGISTROS.

Las personas capacitadas y registradas, deberán refrenciar su registro cada 2 años, siguiendo el procedimiento - que se menciona:

a). Presentar por escrito y en duplicado en el departamento de plantas, subestaciones y líneas, la solicitud de refresco.

b). Presentar 4 fotografías tamaño credencial óvalo de frente.

c). Cubrir los derechos correspondientes en la secretaría de hacienda y crédito público.

#### IV. PRUEBAS ELECTRICAS A QUE DEBEN SOMETERSE LAS INSTALACIONES PARA SU APROBACION.

Las pruebas que a continuación se mencionan, son algunas de las que podrá requerir la Secretaría para otorgar la aprobación de instalaciones eléctricas.

a). Las pruebas eléctricas a que deben someterse las -- instalaciones, se sujetarán a las normas nacionales, y en su ausencia, a las internacionales correspondientes que reconozca la Secretaría.

b). Todas las partes integrantes de una instalación eléctrica deben probarse con el objeto de verificar que estén libres de cortos circuitos y fallas a tierra.

c). Por lo que respecta a la resistencia de aislamiento a tierra, deben comprobarse su valor para que sea de acuerdo con los tipos de instalaciones, conductores y canalizaciones-empleados.

d). Con el objeto de establecer el factor de seguridad-correspondiente a la resistencia de aislamiento, se tomarán como base los siguientes valores mínimos.

Para circuitos que operen a menos de 750 volts entre conductores, con alambre o cable de calibre 14 ó 12 el valor de resistencia de aislamiento será de 1 000 000 de ohms.

Para circuitos con alambre o cable de calibre 10 ó de mayor sección, la resistencia de aislamiento se basa sobre la corriente permisible en los conductores, que a continuación se especifican:



25	a	50 amperes	250,000 ohms.
51	a	100 "	100,000 "
101	a	200 "	50,000 "
201	a	400 "	25,000 "
401	a	800 "	12,000 "
Más	de	800 "	5,000 "

Los valores anteriores deberán medirse con todos los tableros, portaúsibles, interruptores, dispositivos de protección contra sobre corriente, etc., colocadas en su lugar.

Si los portalámparas, contactos, unidades de alumbrado u otros aparatos están conectados también, la resistencia mínima de los circuitos que los abastezcan podrá tomarse como la mitad de los valores especificados en los incisos a), y b), anteriores.

Donde las condiciones climáticas sean tales que las canalizaciones o equipos estén expuestos a una humedad excesiva, puede a juicio de la Secretaría, aumentarse los valores anteriores.

e). La tensión utilizada para la medición de la resistencia de aislamiento en instalaciones que operen a menos de 750 volts, debe ser no menor de 500 volts entre toda la instalación y tierra.

f). En instalaciones eléctricas para tensiones mayores de 750 volts, las pruebas de resistencia de aislamiento se efectuarán con una tensión no menor de 2,000 volts.

g). En los lugares con características especiales de humedad o calor, los equipos y partes metálicas no conductoras de corriente, deben estar conectados a tierra y deberán comprobarse el valor de la resistencia ohmica a tierra, cuyo valor máximo no debe exceder a 25 ohms.

h). Cuando las condiciones lo permitan, deben simularse

fallas entre fases para verificar el funcionamiento de los dispositivos de protección y su coordinación, así como, los correspondientes a sobrecargas.

#### EN INSTALACIONES EN SERVICIO.

i). A éstas instalaciones se les aplicarán todas las pruebas de seguridad y funcionamientos establecidas para las instalaciones eléctricas nuevas, haciendo hincapié en la medición de la resistencia eléctrica de aislamiento y la del sistema de tierras para verificar que sigan cumpliendo con las condiciones de seguridad, en caso contrario deberá procederse a cambiar los elementos o equipos defectuosos.

j). Se efectuarán pruebas a los conductores principales y derivados de la instalación en funcionamiento, con el objeto de comprobar que sus calibres sean adecuados a las cargas máximas que abastecen.

v. AUTORIZACION PARA ENERGIZAR Y OPERAR LAS  
INSTALACIONES ELECTRICAS.

Para recabar las autorizaciones correspondientes a la puesta en servicio de instalaciones definitivas o instalaciones temporales, así como para disponer de energía eléctrica para realizar pruebas del equipo instalado, las solicitudes en cuestión deberán satisfacer los requisitos siguientes:

1.- INSTALACIONES DEFINITIVAS.

a). Aviso de terminación de obra.

Los interesados deben informar por escrito, a la Secretaría, cuando hayan concluido las obras o que su construcción tenga un avance del 90 % como mínimo, con el objeto de que se pueda comprobar plenamente que las instalaciones eléctricas fueron construidas conforme el proyecto previamente aprobado por la Secretaría. Asimismo informar las fechas y resultados de las inspecciones en obras, que en su caso, haya practicado la Secretaría. (mencionar los números de oficios y fechas correspondientes).

Por otra parte, es necesario que se anexe el resultado obtenido en las pruebas que invariablemente deben efectuarse en las instalaciones eléctricas, a fin de que comprueben que las mismas están libres de fallas y preparadas para ser energizadas.

b). Memoria de cambios.

Si durante la construcción de las Instalaciones eléctricas, se efectuaron modificaciones respecto al proyecto aprobado, deberán manifestarse los cambios realizados por me--

dio de una memoria técnico-descriptiva, incluyendo los que se hayan ordenado en Inspecciones previas, con objeto de estudiar éste documento y considerarlo en la práctica de la Inspección final que se realice.

c). Responsiva de operación y Conservación.

En forma anexa se presentará la responseva del encargado de la operación y conservación de las instalaciones eléctrica.

d). Relación de cargas, equipo y material instalado.

Debe enviarse una relación detallada por sección, áreas o departamento, de las cargas instaladas, así como del equipo y material que se describe en la guía que para éste caso se otorga en la Secretaría.

e). Resultados de las pruebas a que se sometió dicha Instalación.

Deberán describir los métodos aplicados, indicar los equipos empleados y dar los datos obtenidos durante las pruebas realizadas.

## 2.- INSTALACIONES TEMPORALES.

Se consideran como instalaciones eléctricas temporales, las empleadas para construcción de obras, las que proporcionen servicio a ferias, exposiciones, etc., y aquellas que por el servicio que prestan son de carácter temporal.

a). Memoria técnico-descriptiva.

Esta memoria debe ser lo más clara y detallada posible, para lo cual es necesario la información más completa con el objeto de interpretar claramente el tipo de instalación, siendo imprescindible cubrir los puntos que a continua-

ción se mencionan:

Un diagrama unifilar que muestre los elementos más importantes de la instalación desde la acometida hasta los equipos de utilización indicando características de los mismos, tales como: Tipo y capacidad de los dispositivos de protección contra la sobrecarga y corto circuito; delimitar los tableros o concentración de los mismos, distancias de los alimentadores principales y de los circuitos derivados, indicar el tipo y dimensiones de la canalización (abierta, en ducto, en tubería subterránea, en tubería conduit pared delgada o gruesa, - trinchera, charola, etc.), indicar dimensiones de registros y detalles de la línea abierta en su caso; anotar calibres, número de conductores alojados en tuberías, tipo de aislamiento; e identificar los circuitos por medio de una nomenclatura apropiada.

Detallar las características del sistema de tierras incluyendo especificaciones del material empleado, cuando las instalaciones operen a una tensión entre fase y tierra a más de 100 volts.

Memoria de cálculo de conductores, considerando factores de temperatura, de agrupamiento, de caída de tensión, - de diversidad, etc.; así como la selección de capacidades de los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

Cuadro de cargas tanto de fuerza como de luzbrado por alimentador y por tablero cuando exista.

b). Carga de responsiva del encargado de vigilar que las instalaciones eléctricas y temporales se conservan dentro de las normas de seguridad establecidas.

## VI MODIFICACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN SERVICIO

La modificación de las instalaciones eléctricas en servicio, bien sea por aumento o disminución de cargas, deberá hacerse con la autorización de la SECRETARIA DE COMERCIO; asimismo, cuando se requiera la celebración de un nuevo contrato con el organismo suministrador por cambio de propietario o razón social, también deberá recabarse la autorización reglamentaria.

En cualquiera de los casos anteriores, deberá presentarse solicitud por escrito, la cual debe contener los siguientes datos generales:

- a) Objeto de la solicitud, mencionado los antecedentes respectivos.
- b) Nombre de la persona física o moral propietaria de las instalaciones.
- c) Domicilio y teléfono para recibir notificaciones, indicando: calle, número, colonia, zona postal, ciudad y estado.
- d) Ubicación de las instalaciones (de acuerdo con el inciso anterior).
- e) Giro comercial
- f) Indicar los anexos enviados, como son: el número de originales, copias, tantos de la memoria técnico-descriptiva en su caso, lista de cargas instaladas, cartas poder y otros documentos que se consideren necesarios.

--

Además de la solicitud antes mencionada deberán satisfacer los requisitos que para cada caso en particular se mencionan a continuación:

#### 1. AUMENTO DE CARGA.

a) Remitir planos debidamente actualizados de las instalaciones eléctricas, incluyendo las ampliaciones de una manera fácilmente identificable, tanto en baja como en alta tensión, los cuáles deben elaborarse de acuerdo a lo especificado en el Capítulo 11 de este mismo instructivo ya a las especificaciones señaladas en el punto uno del mismo Capítulo.

b) O en su caso, remitir una memoria técnico-descriptiva en la que se especifiquen claramente los aumentos de carga o modificaciones realizadas, de tal forma, que se puedan identificar fácilmente éstas, en relación con los planos autorizados que obran en el expediente respectivo y que dieron origen a la autorización inicial de funcionamiento.

c) Informe técnico del responsable de la operación de manejo de las instalaciones eléctricas, en el que se incluyan, además de las notificaciones sobre el estado de seguridad que guardan las instalaciones eléctricas en general, los siguientes puntos:

Describir la forma en que la carga de las ampliaciones quedan conectadas al sistema original, esto es, si se alimentan dicha carga con los conductores principales ya existentes, o se instalaron nuevos alimentadores con sus respectivos dispositivos de protección contra sobre corriente pudiéndose anexar para mayor claridad un diagrama unifilar. De igual modo, describir los nuevos tableros de baja tensión principales y centros de carga si los hay, con la carga que alimentan, así como las características de los dispositivos.

de protección contra sobrecorriente que contengan.

Proporcionar los cálculos para determinar las características de los nuevos limentadores, así como sus medios de protección contra sobrecorriente.

Describir el tipo y características de las nuevas canalizaciones, - (ductos, electroductos charolas, trincheras, línea abierta, visible, subterránea, etc.). En el caso de que sea línea abierta, es - necesario indicar las características de los aisladores, soporte, - distancia entre conductores, altura sobre nivel del piso, etc. Si fueran línea subterráneas, indicar características de los ductos, trincheras, registro, mufas etc.

Mencionar si existen áreas consideradas como peligrosas, que impliquen el uso de equipo a prueba de explosión, polvo, goteo etc.

Enviar resultados de pruebas de aislamientos a tierra de los puntos más importantes de la instalación; en los que deben quedar incluidos de equipos tales como tableros, portafusibles, interruptores, dispositivos de protección contra corriente, etc. Los valores de - resistencia a tierra deben ajustarse a los establecidos del artículo 2-16 del Reglamento de Obras e Instalaciones Electricas y que se señalan en el punto 4 del Capítulo y de este mismo instructivo.

## 2. DISMINUCION DE CARGA.

- a) Remitir una memoria técnico-descriptiva en la que se detalla la carga, equipo e instalaciones electricas suprimidas; de tal forma que éstas sean facilmente identificables.



con el proyecto aprobado por la Secretaría u que dió base a la autorización original.

b) Enviar un informe técnico avalado por el responsable de operación y conservación de las instalaciones en el que se indique el estado de seguridad que guardan éstas, anexando el resultado de las pruebas de resistencia del aislamiento de los puntos más importantes de la instalación, los cuáles deben estar dentro de los márgenes especificados en el capítulo IV de este mismo instructivo .

C.) Lista de cargas que en forma definitiva quedan instaladas.

### 3 . - CAMBIOS DE RAZON SOCIAL

a) Enviar un uniforme técnico de las instalaciones eléctricas satisfacen los requisitos de seguridad reglamentarios, enfatizado si estas se encuentran libres de fallas a tierra y cortos circuitos describiendo detalladamente el tipo de pruebas eléctricas y resultados obtenidos. En caso de existir la necesidad de efectuar rehabilitaciones , anexar el programa de obras correspondientes.

Indicar si los equipos y materiales eléctricos instalados son los adecuados, en lo que se refiere en las características del sistema y a las de diseño, así como a los ambientes de trabajo en los cuales se localizan.

Especificar detalladamente las modificaciones y cambios radicales que hayan alterado la estructura básica del proyecto aprobado por la Secretaría.

Incluir diagrama unifilar con datos y características del equipo y materiales instalados .

Sugerencias sobre medidas de seguridad que deben tomarse y en general en relación a mejoras que en su caso sea necesario llevar a cabo.

b) Anexar copia certificada de la escritura constitutiva de la nueva sociedad, con el objeto de integrar en un solo expediente la documentación respectiva.

## DELEGACIONES FEDERALES.

ACAPULCO, GRO  
Av. Constituyentes No. 247  
Locales 3 y 4

AGUSCALIENTES, AGS.  
Morelos No. 224

CAMPECHE, CAMP.  
Calle 12 # 187 altos

CIUDAD JUAREZ, CHIH.  
Av. Lerdo No. 328 Norte

CD. VICTORIA, TAMPS.  
Palacio Federal. 1er. Piso

COATZACOALCOS, VER.  
Llave y Corregidora No. 501

COLIMA, COL.  
Palacio Federal. Planta Baja

CUERNAVACA, MOR.  
Aragón y León No. 108

CULIACAN, SIN.  
Edif. Clouthier Desp. 214  
Av. Alvaro Obregón.

CHETUMAL, Q. ROO  
Carmen Ochoa de Merino 192  
Altos.

MERIDA, YUC.  
Salvador Alvarado "J" No. 10

MONTERREY, N. L.  
Zuazúan No. 533 Norte

CHIHUAHUA, CHIH.  
Venustiano Carranza y Aldama 405

CHILPANCINGO, GRO  
Galeana No. 6

DURANGO, DGO.  
Palacio Federal

GUADALAJARA; JAL  
Independencia Sur No. 1035

JALAPA, VER.  
Palacio Federal  
Diegoteño No. 2

HERMOSILLO, SON  
Palacio Federal

LA PAZ, B. C  
Esquerro No. 9 Desp. 301

LEON, GTO.  
Pino Suárez No. 332

MATAMOROS, TAMPS.  
Constitución No. 27 Entre la. y 2a.  
Col. Jardín.

MAZATLAN, SIN  
Palacio Federal

TAPACHULA, CHIS.  
Sexta Av. Sur No. 2

TEPIC, NAY  
Allende 110 Oriente. Altos

MORELIA, MICH  
Palacio Federal

NUEVO LAREDO, TAMPS.  
Palacio Federal

OAXACA, OAX.  
Palacio Federal

PACHUCA, HGO.  
Zaragoza No. 21

PUEBLA, PUE  
Dos Sur No. 1704

QUERETARO, QRO.  
Allende No. 14 Sur

SALTILLO, COAH  
Muzquiz Pte. No. 338

SAN LUIS POTOSI, S. L. P.  
Alvaro Obregón No. 540

TAMPICO, TAMPS.  
Benito Juárez 107 Norte, 1er Piso  
Edificio " Blagg "

TIJUANA, B. C.  
Av. "F" No. 242  
Entre 2a. y 3a. Calles

TLAXCALA, TLAX  
Jardín Xicotencatl No. 3

TOLUCA, MEX.  
5 de Febrero 101. Altos

TORREON, COAH.  
Palacio Federal  
Planta Baja.

TUXPAN, VER  
Av. Juárez No. 13, 1er. Piso

TUXTLA GUTIERREZ, CHIS  
Palacio Federal

VERACRUZ, VER  
Palacio Federal  
5 de Mayo y Rayón

VILLAHERMOSA, TAB  
5 de Mayo No. 436

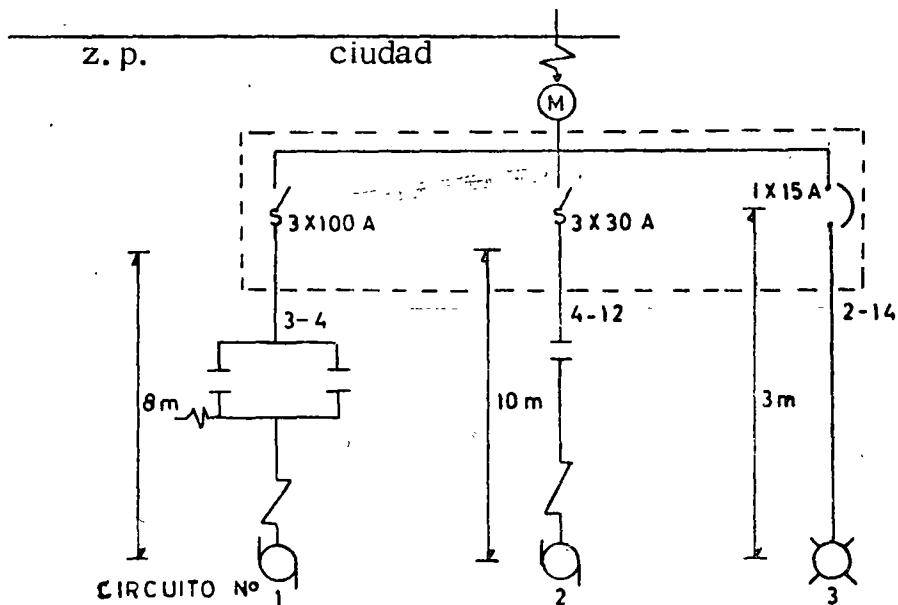
ZACATECAS, ZAC.  
González Ortega No. 25

ANEXO 1

México, D. F., a

SECRETARIA DE COMERCIO  
 DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD  
 DEPTO. DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
 Dr. Liceaga esq. con Dr. Carmona y Valle  
 México 7, D. F.

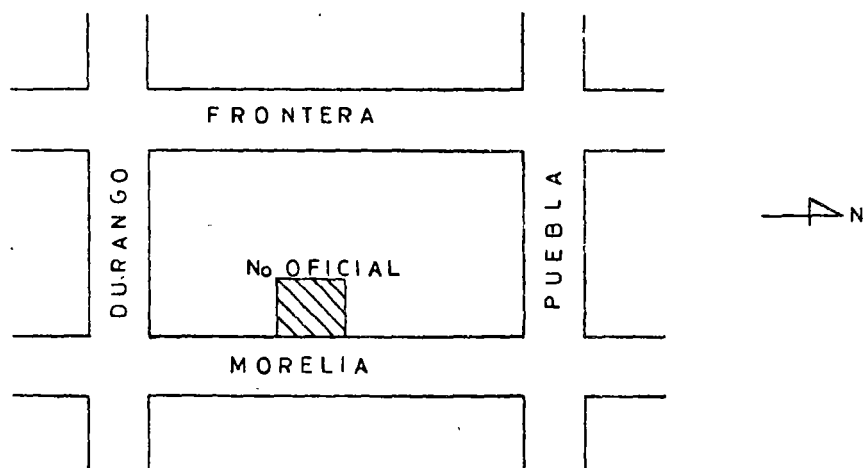
Por el presente el suscrito C. \_\_\_\_\_  
 con domicilio para recibir notificacio  
 nes en \_\_\_\_\_  
 solicita de esa Dependencia del Ejecutivo autorice el inicio de  
 la instalación eléctrica del molino para nixtamal de mi propiedad, ubicado  
 en \_\_\_\_\_  
 calle No. Colonia



CIRCUITO No	Ø 60 W.	Ø 20 W.	Ø 3CP	WATTS TOTAL	AMP AL 85% F.P.	CAL A.W.G	LONG. MTS.	TIPO AISL	INT. PROT. AMP	%
1		1		16 953	49.0	4	8	TW	3 X 100	292
2			1	2 726	8.2	12	10	TW	3 X 30	390
3	4			240	13	14	3	TW	1 X 15	058
ALIM	4	1	1	19 919	58.5	-	-	-	-	-

CUADRO DE MATERIALES

M A T E R I A L	Marca	SIC-DGE
Interruptor de Navajas 2 x 30 Amp.		
Tablero con dos Interruptores Termomagnéticos de 1 x 15 Amp. y 1 x 20 Amp.		
Motor 1/2 C.P., 127. 5 volts, 50/60 cps.		
Arrancador Magnético Tipo _____ Elemento de Sobrecarga _____		
Tubo conduit pared delgada ahogado en losas y muros 13 mm.		
Conductores		
Cajas Metálicas		



Responsable de la Construcción  
 Firma \_\_\_\_\_  
 Nombre \_\_\_\_\_  
 No. de Reg. \_\_\_\_\_

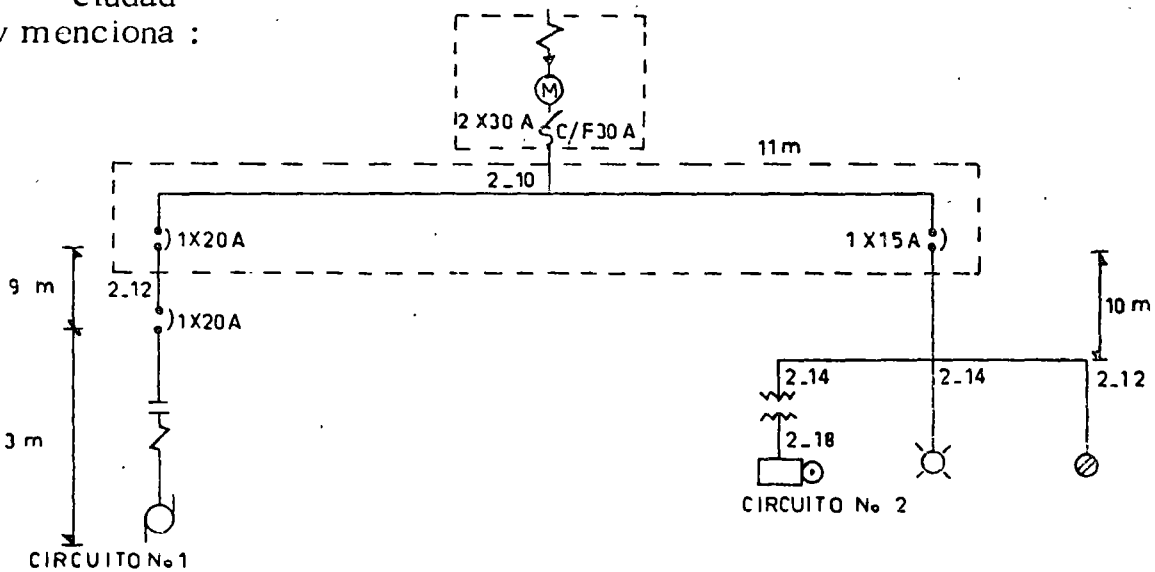
Domicilio del responsable  
 Atentamente el interesado  
 Firma \_\_\_\_\_  
 Nombre \_\_\_\_\_

SECRETARIA DE COMERCIO  
 DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD  
 DEPTO. DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
 Dr. Liceaga esq. Dr. Carmona y Valle  
 México 7, D. F.

Por el presente el suscrito C. \_\_\_\_\_  
 con domicilio para recibir notificaciones en --

solicita de esa Dependencia del Ejecutivo autorice el inicio de la instalación  
 eléctrica de la casa habitación ( o comercio ) de mi propiedad, ubicada en -

\_\_\_\_\_ calle No. \_\_\_\_\_ Colonia \_\_\_\_\_ Z. P. \_\_\_\_\_  
 constituida por la carga que a continuación se dispone  
 \_\_\_\_\_ ciudad  
 y menciona :



CIRCUITO DERIVADO No.	100W	60W	125W	10W	1/2 C.P	TOTAL WATTS	I AMPS. F.R 85 %	CAL. COND. A.W.G.	LONG. M.	TIPO DE AISL.	INT. PROT. AMP.	% e
1					1	527	6.6	12	12	TW	1 X 20	0.751
2	6	2	5	1		1355	12.5	12/14	10	TW	1 X 15	1.185
ALIMENT.	6	2	5	1	1	1882	19.1	10	11	TW	2 X 30	1.252

1. La caída de tensión mayor en el circuito es :  
 $e = 1.185 + 1.252 = 2.43\%$
2. En el cuadro de cargas la representación 12/14 para calibre de conductor indica, hilo del No. 12 A.W.G. como circuito principal y 14 A.W.G. derivaciones a cargas y equipo de control.

CUADRO DE MATERIALES

45

M A T E R I A L	Marca	SIC-DGE
Interruptor de Navajas 3 x 100 Amp. Interruptor de Navajas 3 x 30 Amp.		
Interruptor Termomagnético 1 x 15 Amp.		
Motor 20 C.P. 220 Volts 50/60 Hz Motor 3 C.P. 220 Volts 50/60 Hz		
Arrancador Manual a Tensión Reducida 20 C.P. 220 Volts 50/60 Hz Tipo _____		
Arrancador Manual a Tensión Plena Tipo _____ 50/60 Hz		
Tubo Conduit Pared Gruesa Visible 32 mm. Tubo Conduit Pared Gruesa Visible 13 mm.		
Conductores ,tipo aislamiento		
Cajas Metálicas		

Responsable de la Construcción

Firma \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

No. de Reg. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Domicilio del Responsable

Atentamente del Interesado

Firma \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_



Lugar para sello

México, D. F., a

SECRETARIA DE COMERCIO  
DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD  
DEPTO. DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
Dr. Liceaga esq. Dr. Carmona y Valle  
México 7, D. F.

Por este conducto el suscrito C. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ con domicilio para recibir notificaciones en \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, solicita de esa Dependencia --  
en cumplimiento a lo dispuesto por el Artículo 28 de la Ley del Servicio --  
Público de Energía Eléctrica, autorización para ejecutar las obras eléctri-  
cas para \_\_\_\_\_ de --  
\_\_\_\_\_ casa habitación, comercio, industria, etc.  
mi propiedad, ubicada en \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ calle \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ Colonia \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, las que se realizarán de acuerdo al proyecto -  
z. p. Ciudad \_\_\_\_\_  
aprobado con el No. \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_  
de 19 \_\_\_\_\_ cuyos trabajos se efectuarán en \_\_\_\_\_ días para insta--  
lar unidades de alumbrado y contactos, \_\_\_\_\_ días para colocar mo-  
tores, \_\_\_\_\_ días para instalar protecciones, arrancadores, dispositi-  
vos de control, otros \_\_\_\_\_  
la obra se realizará en \_\_\_\_\_ días como mínimo.

A t e n t a m e n t e  
  
Firma \_\_\_\_\_  
Nombre \_\_\_\_\_

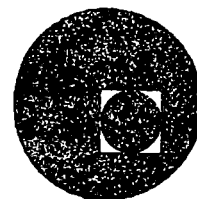
Perito responsable de la ejecución  
Nombre : \_\_\_\_\_  
No. de Reg. \_\_\_\_\_  
Domicilio \_\_\_\_\_

(original y 2 copias

\_\_\_\_\_  
Firma.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



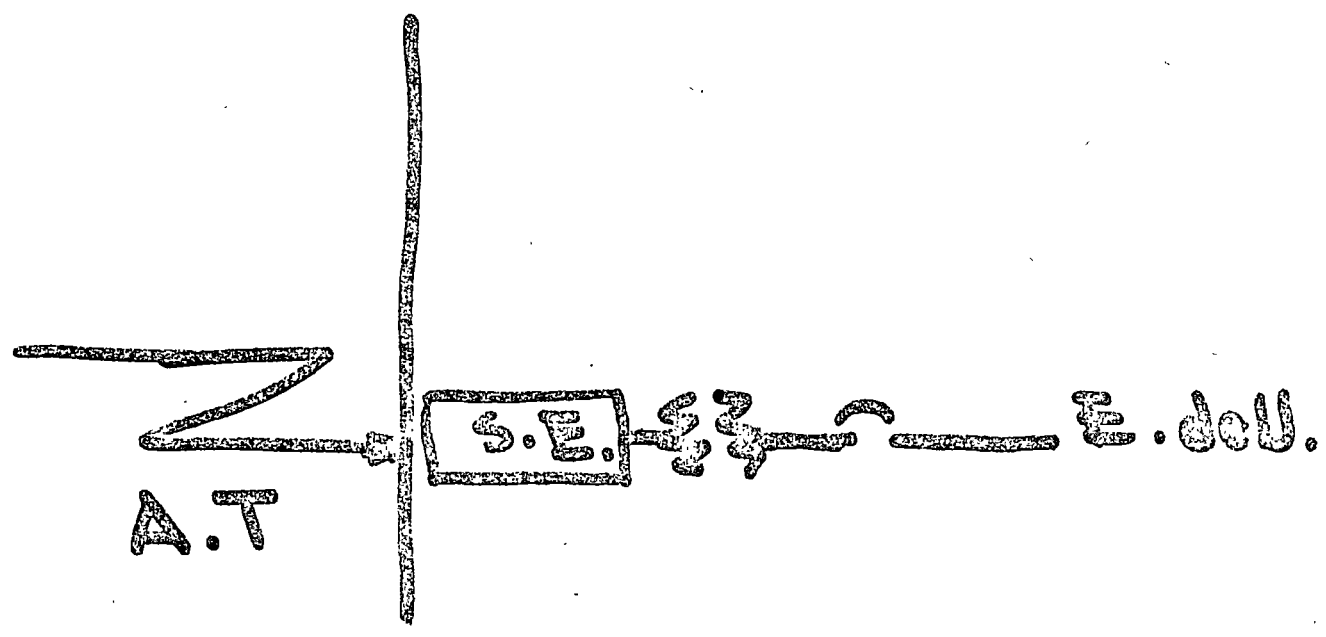
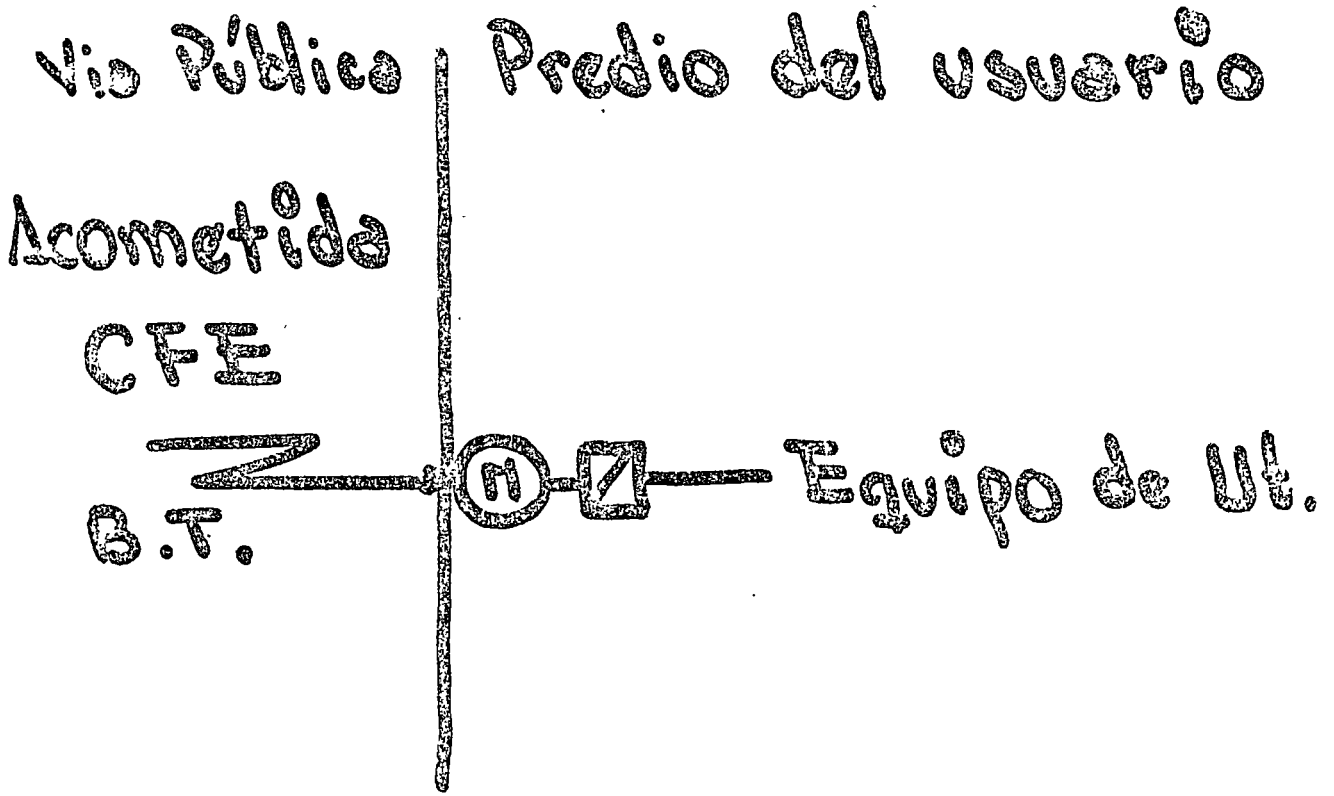
INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

b. LA AUTORIDAD SOBRE REGLAMENTACION EN MEXICO.  
LA D.C.E

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS.

JULIO, 1978.





# LEY DEL SERV. Publico de Energia Electrica.

D.O. - 22 Dic. - 1975

SEPAFIN  
(CFE)

SECOM  
(Usuario)

Art. 28.- Los proyectos de I.E.  
destinadas al uso de E.  
serán aprobados previa-  
mente a su ejecucion  
por la S. de C.

La CFE no proporcionará  
el serv. si no se cumple  
con este Reg. y se (2)

satisfacen los Reglam.

Reglamento de la Ley de la I.E.

D.O. 4-Oct-1945

5º transitorio de la Ley S.P.E.E.

Capítulo XI.- De las Obras e I.E.

Arts. 93 al 97, 101 y 102

Capítulos ~~XVIII~~ y ~~XIX~~.

Reglamento de Obras e I. E.

D.O. 31-Marzo-1950

Consta de 10 Capítulos y 76 Arts.

I y II.- Disp. Generales. y Definiciones.

III al VIII.- Sist. de Utilización

VIII al IX.- Líneas Aéreas y Subt.

X.- Plantas Gen. y S.E.

# CROIE.

- Objetivo: Actualiz. del Reglam.

- Fuentes: ROIE, NEC, CONENIN y  
Otros Codigos.

Asociaciones Profesionales,  
Organismos Federales, Cole-  
gios, Camaras, etc.

Se incluyen nuevos temas:

- Albercas

- Tubo Polietileno y PVC.

- Protección Contra Fallo a T.

Se precisan Conceptos:

- Protecciones contra S.C.

- Subestaciones

- Sistemas de tierras.

# Importancia de la Reglamentación.

- Regula actividades eléctricas
- Evita anarquía en las I.E.
- Evita un mal diseño que puede provocar:

Peligro de incendio por sobrecalentamiento y C.C.

Peligro de Electrocución o conmoción eléctrica.

Daños irreparables o fallecimiento de personas.

Bajo rendimiento de equipos por, exceso de caída de tensión y aumento del costo anual por pérdidas de energía.

Aumento del costo inicial por recorrido excesivo de conductores y mal aprovechamiento de canalizaciones.



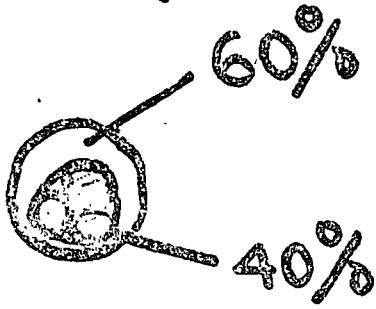
# El proyecto Electrico

- Su importancia.
- Propósito del Art. 28 de la L. S.P.
- Discusión de Criterios.
- Análisis y Estudio de Cargas.
- Cálculos
  - Iluminación
  - Alim. y Circ. Deriv.
  - Tableros.
- Planos
- Especificaciones.
- Intervención de Responsables.

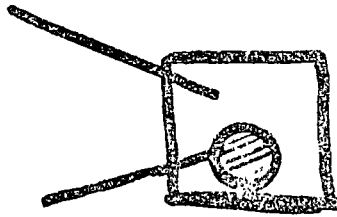
# Fallas más frecuentes en los proyectos Elec.

- No se consideran factores de relleno ni de agrupamiento en tuberías.

Art. 17-5  
ROIE



Art. 20-3  
ROIE.



Arts. ROIE :

La cap. de Cond. de Corriente se reduce de la tabla II del ROIE. al:

80% — 4 a 7 conductores

70% — 9 a 12 —

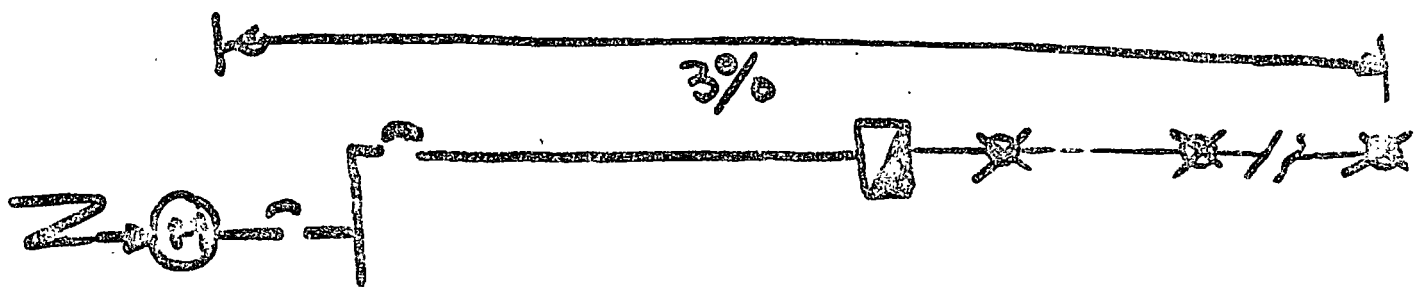
60% — 13 a 25 —

50% — 26 en Adelante.

Art. 11-1c  
ROIE

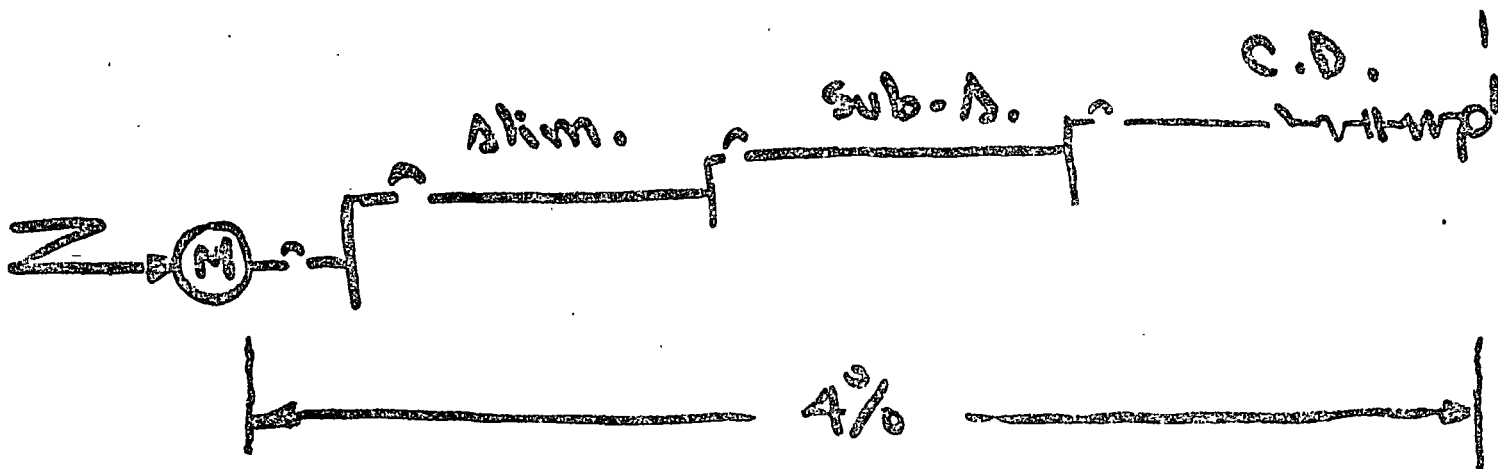
- Caída de Tensión -  
 Art. 6-2 ROSE

Sistemas de Alumbrado



Sist. 125 volts —  $e\% = 3.75v.$   
 — 220 — —  $= 6.6v.$

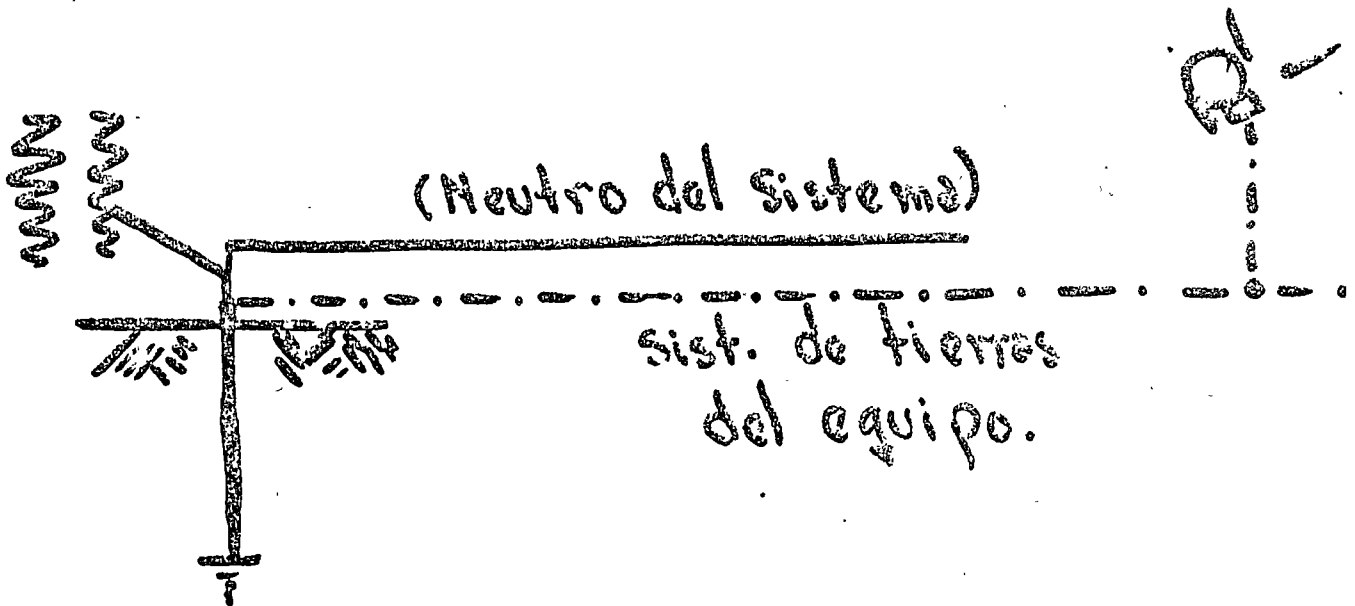
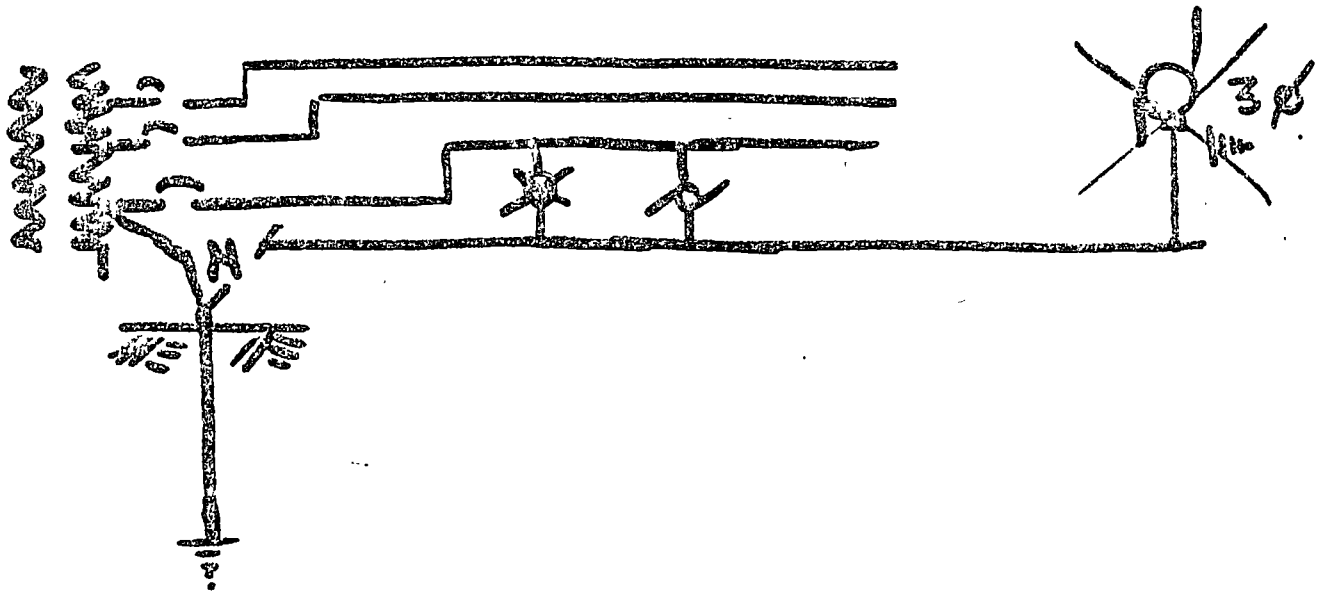
Sistemas de Fuerza



Sist. 440 v. —  $e = 17.6v.$   
 — 220 v — —  $= 8.8v.$

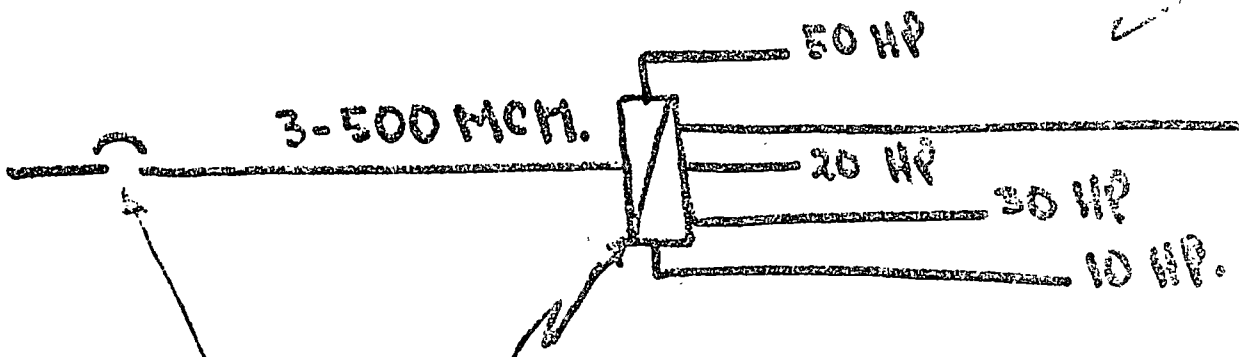
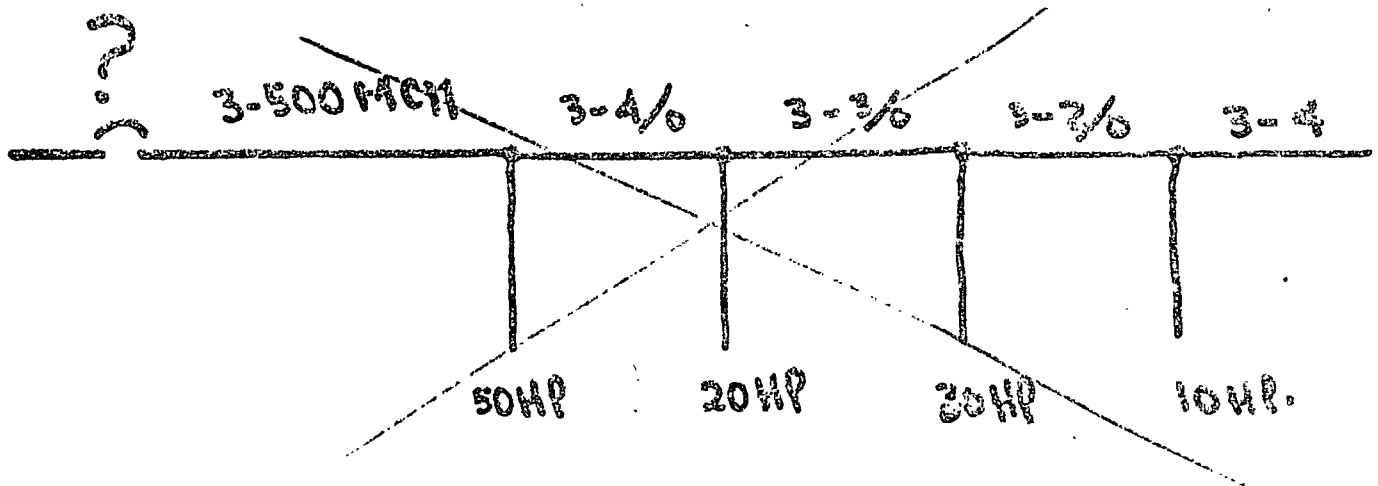
# Sistemas de Tierras.

Art. 9 ROIE.



# Conductor Alim. de Circ. Derivados.

Arts. 28-12, 28-33 y 28-32 ROSE

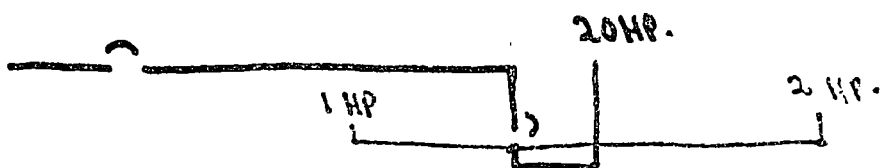
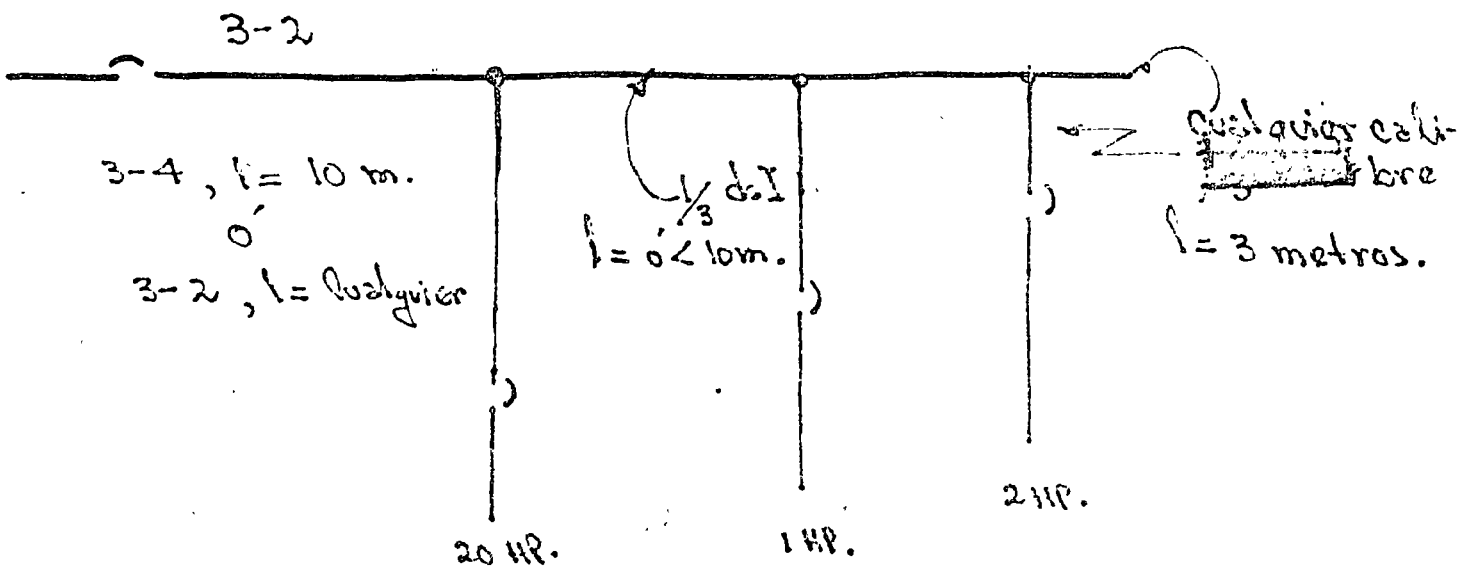
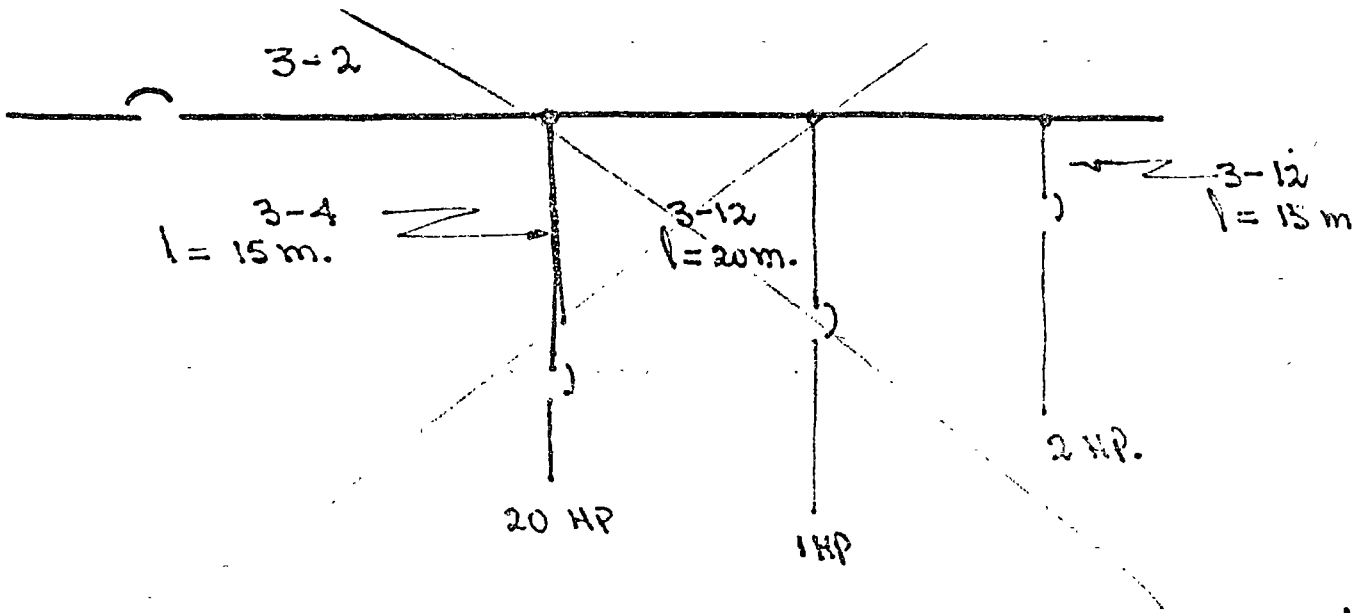


Centro de Control de Mot.

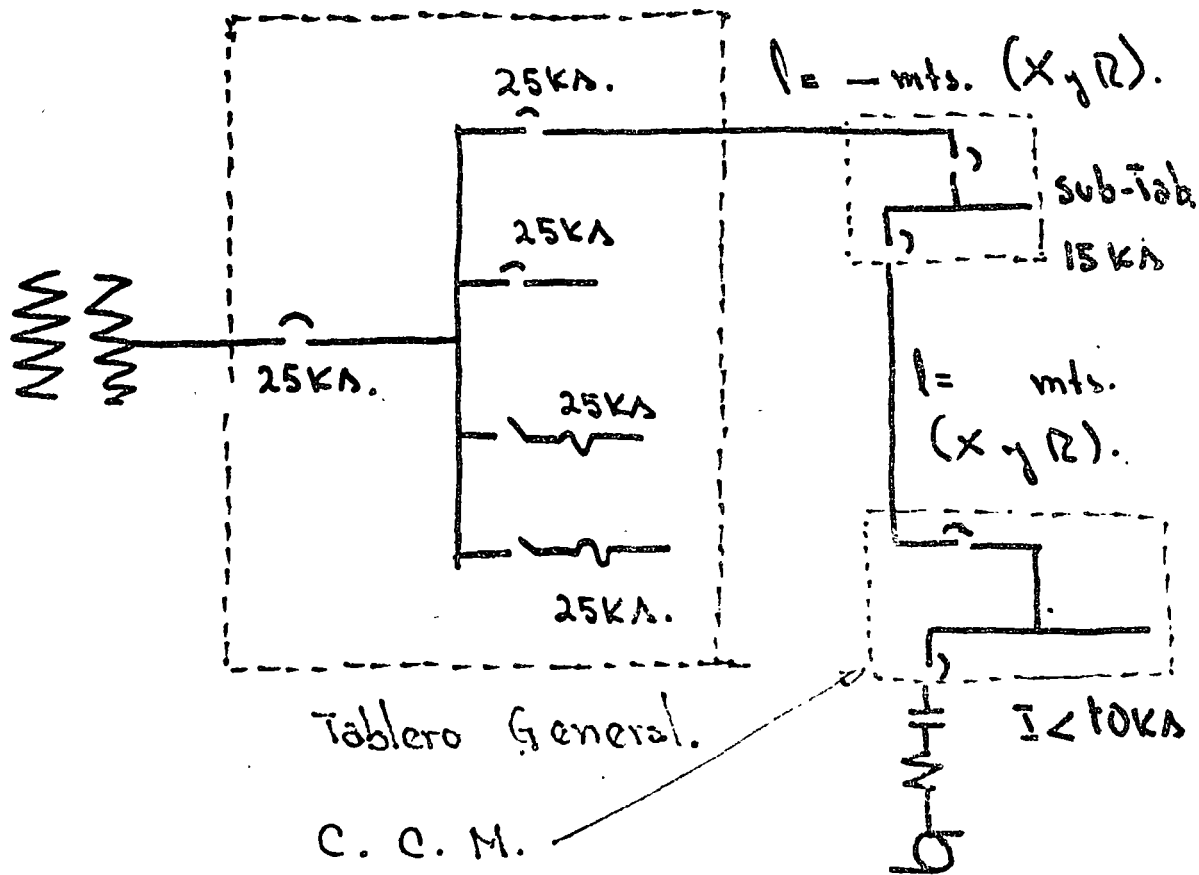
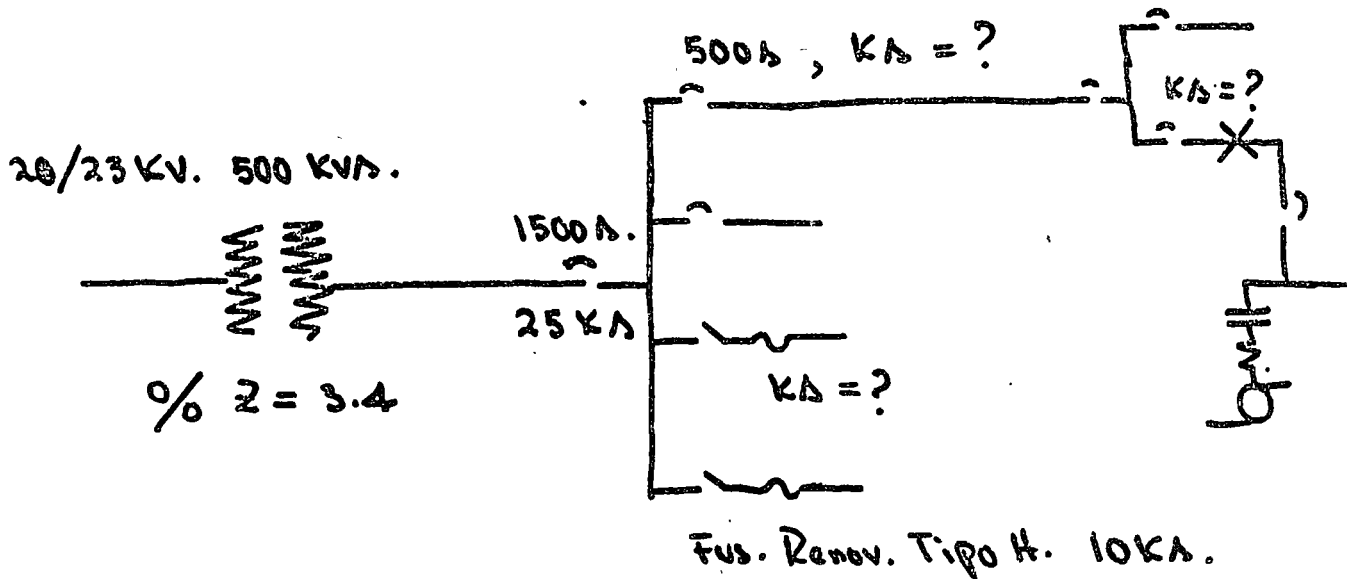
Cap. del Int.  $\rightarrow$  del grupo  $+ \sum I$  del resto  
de los motores. p.c.

# DERIVACIONES DE UN ALIM. DE CIRC. DERIVADOS

( Art. 28-30 ROJE ).



# SELECCION DE DISPOSITIVOS DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE.



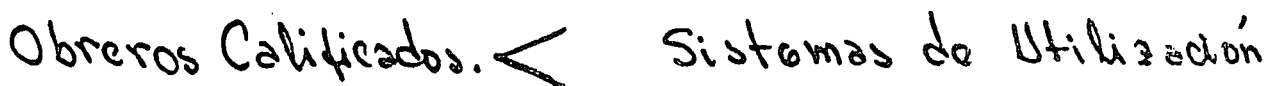
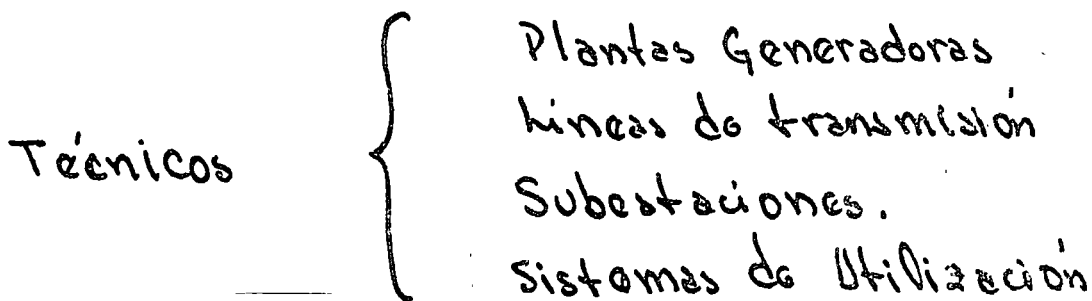
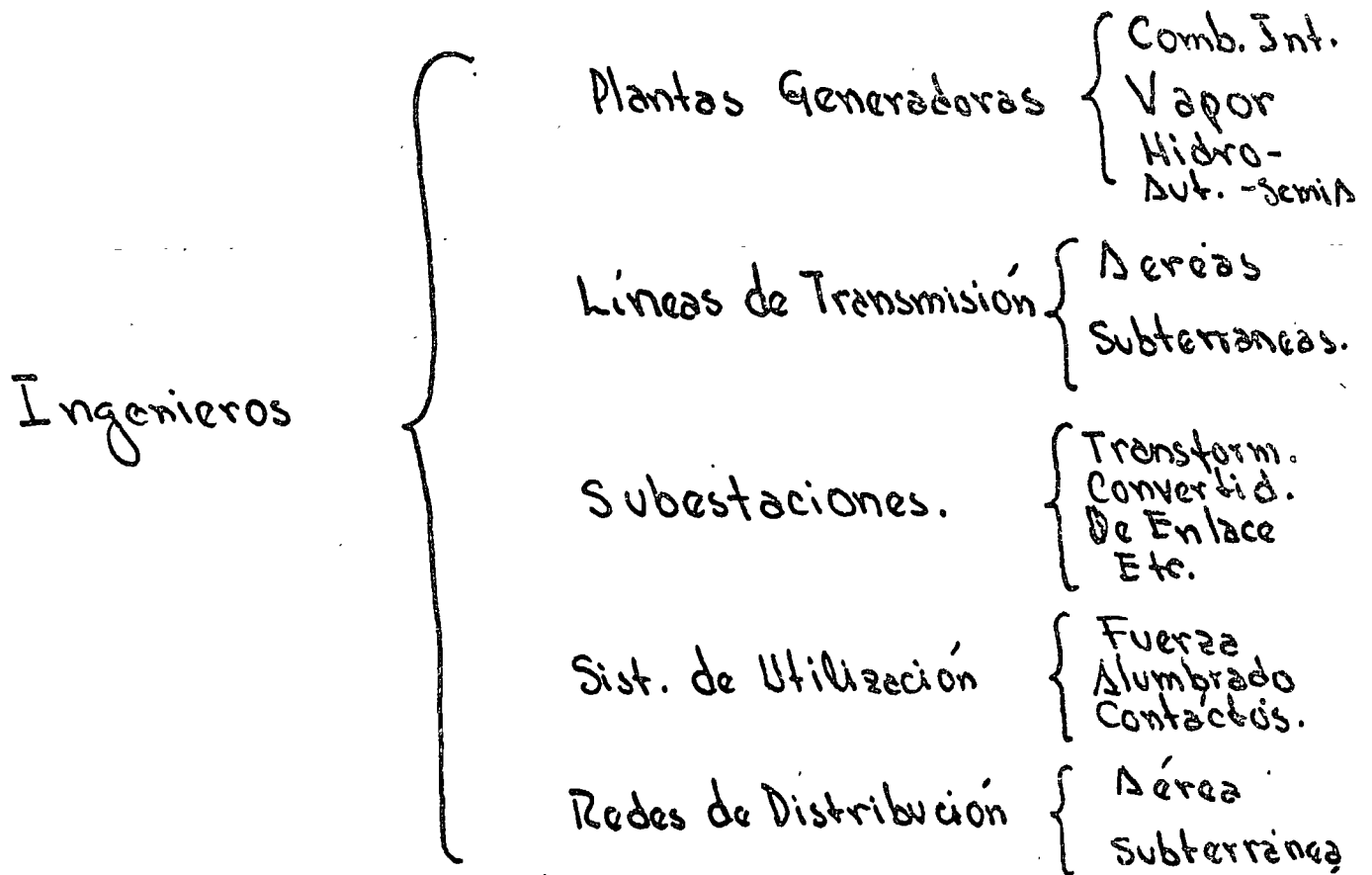
PERSONAS AUTORIZADAS PARA ENCARGARSE COMO RESPONSABLES DE PROYECTAR, CONSTRUIR Y OPERAR OBRAS E INSTALACIONES ELECT.

Artículos 210, 212 al 215 y 217 del Reglamento Vigente de la L. de la I.E.

- I - Ingenieros { Título y Cédula Profesional  
Certificado de Estudios (Incluyendo Materias cursadas).
- II - Técnicos. { Certificado de técnico.  
Certificado de Estudios (Incluyen do Mat. cursadas).
- III - Obreros Cali ficados. { Certificado de Estudios (Incl. Mat. Cursadas).



# Materias Básicas que deben contener los Certificados de Estudios.



# FACULTADES DE LAS PERSONAS REGISTRADAS COMO RESPONSABLES PARA:

Proyectar. {  
I.- Ingenieros — Sin limitaciones.  
II.- Técnicos — Hasta 100 KW en A.O.B.F.  
III.- Obreros Calif. — { Hasta 30 KW en B.T. ex-  
clusivamente - Excepto Grúas  
Elev. y Montacargas

Construir {  
I.- Ingenieros — Sin limitaciones.  
II.- Técnicos — { Hasta 1000 KW en B.T. y  
en A.T. hasta 20KV de Tensión  
III.- Obreros Calif. — { Hasta 100 KW en B.T. ex-  
cepto: Grúas, Elev. y Montac.

Operar. {  
I.- Ingenieros — Sin limitaciones.  
II.- Técnicos — { Hasta 1000 KW en A. ó  
Baja Tensión  
III.- Obreros Calificados — Hasta 100 KW en Baja  
Tensión exclusivamente.

## RESPONSABILIDADES DE LAS PERSONAS REGISTRADAS.

Proyecto { Observar los requisitos mínimos establecidos en el ROIE.  
Equipo y Mat. eléctrico registrado en la S.C. - DGE.  
Verificar que los planos y memorias de cálculo y de especificaciones de Mat. estén completos y Ordenados.

Construcción { Ajustarse al proyecto aprobado o en su caso reportar los cambios realizados incluyendo su Justif. Técnica.  
No construir instalaciones eléctricas si no existe previamente el proyecto aprobado.  
Instalar equipo y material registrado en SC-DGE.  
Informar mensualmente sobre el avance de los trabajos eléctricos.  
Verificar que las obras eléct. se ajusten a los requisitos del ROIE.

Operación

- Notificar de inmediato a la SC-DGE el Edo. de seguridad en que se encuentran las I.E. al momento de tomar la responsiva.
- Presentar un programa de rehabilitaciones que en su caso deban hacerse.
- Informar semestralmente o antes si el caso lo amerita, sobre el Edo. de seguridad de las I.E.
- Orientar y asesorar a la Empresa sobre el cumplimiento de las Disp. Reglam. (Aumentos de carga, Modificaciones, F. de P., Art. 29 de la ley, etc.).
- En caso de renuncia debe presentarse un Informe técnico detallado de las I.E. a efecto de deslindar responsabilidades en caso de existir

Levantamiento de Planos.

- Verificar fehacientemente el Edo. de seguridad de las Instalaciones Eléctricas.
- Elaborar planos que contemplen las modif. que en su caso deban de hacerse.
- Elaborar programa de Obras de Rehab. en su caso
- Notificar con veracidad a la S.C. DGE.

## ~ Guión para Informe Técnico ~

- Mencionar si las I. E. Satisfacen los requisitos del R O I E.
- Indicar si existen áreas consideradas como peligrosas y si el equipo y material eléctrico instalado es el adecuado.
- Informar si los planos aprobados por la Secretaría concuerdan con la realidad, o cuales son los cambios (Anexe un Diagrama Unifilar).
- Remitar copia del programa de mantenimiento preventivo elaborado y sugerido por el Resp.

Se requiere intervención de Responsable de Operación y Manejo, en:

- Instalaciones de Alta Tensión de cualquier tipo y capacidad.
- Instalaciones de Baja tensión de 100 kW en adelante.
- Instalaciones consideradas como peligrosas de acuerdo al R O I E.
  - Con Atmosferas de polvos fácilmente inflamables; de polvos; gases o sustancias explosivas o inflamables.
  - Cines, teatros y Centros de Reunión Pública.-



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS  
ATMOSFERICAS

ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO

AGOSTO, 1978.

# 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 :-

DANOS a PERSONAS y COSAS

EFFECTOS TERMICOS

$$W = I^2 R$$

EFFECTOS DINAMICOS

(CAMPO MAGNETICO)

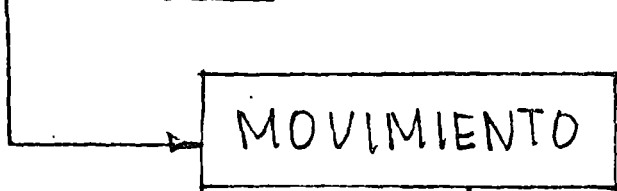


FORMACION DE LA CONCENTRACION DE CARGA EN LA ATMOSFERA

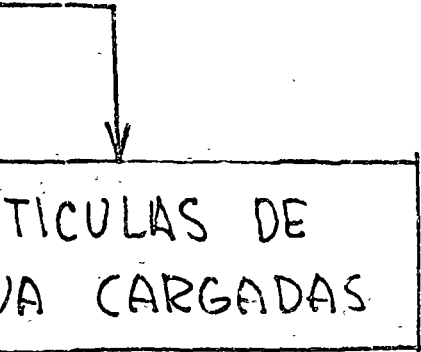


ACUMULACION DE PARTICULAS DE AGUA QUE SE HAN CARGADO ELECTROSTATICAMENTE

TURBULENCIA ATMOSFERICA



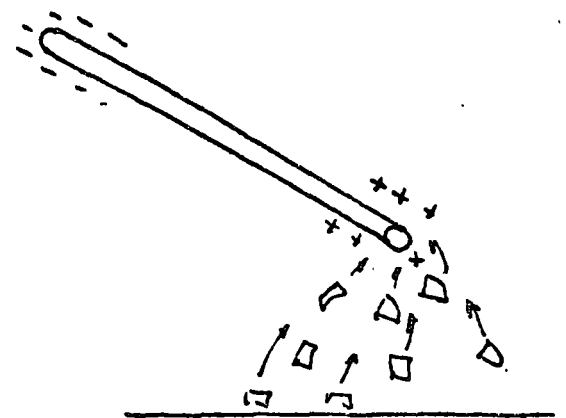
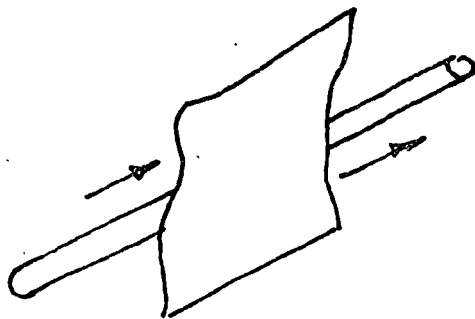
FRICCION MUTUA



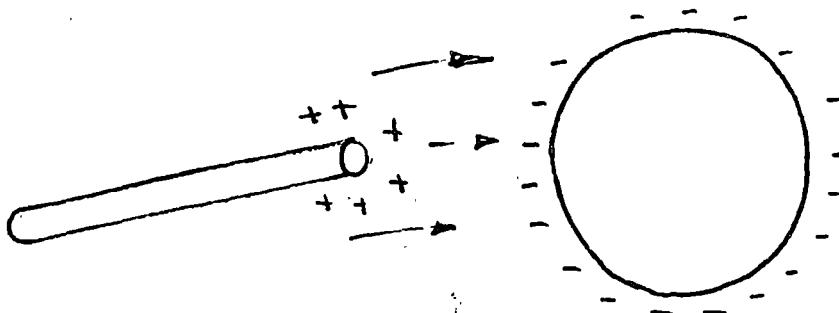
PARTICULAS DE AGUA CARGADAS

# MECANISMOS DE FORMACION DE CARGA ELECTROSTATICA:-

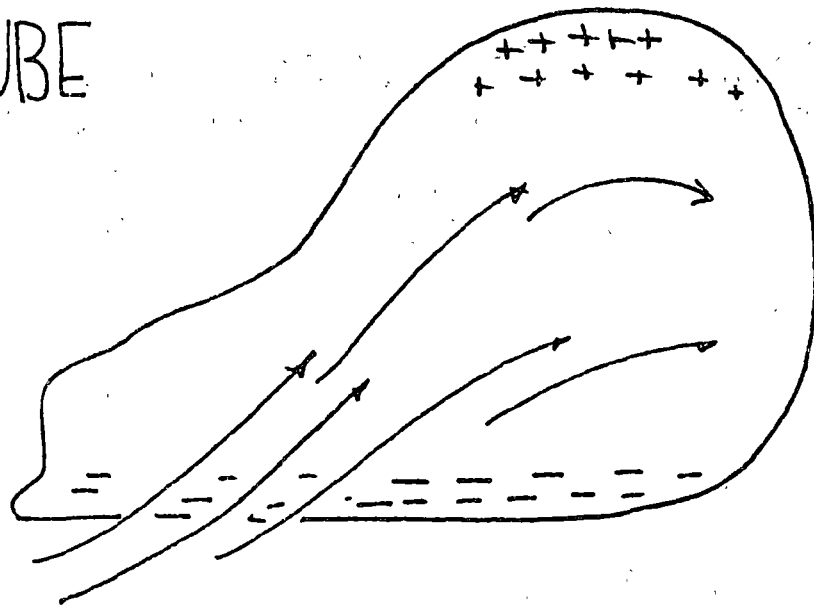
FRICCION :-



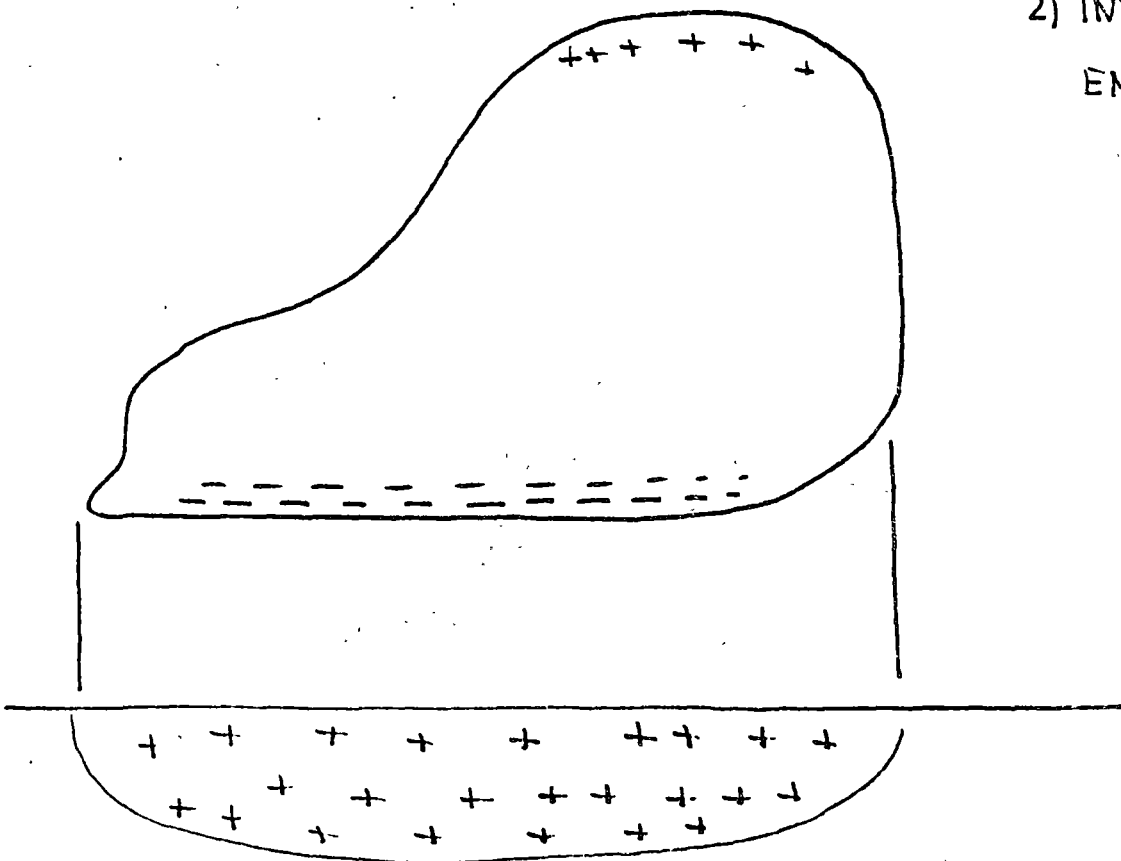
INDUCCION



# CARGAS EN UNA NUBE

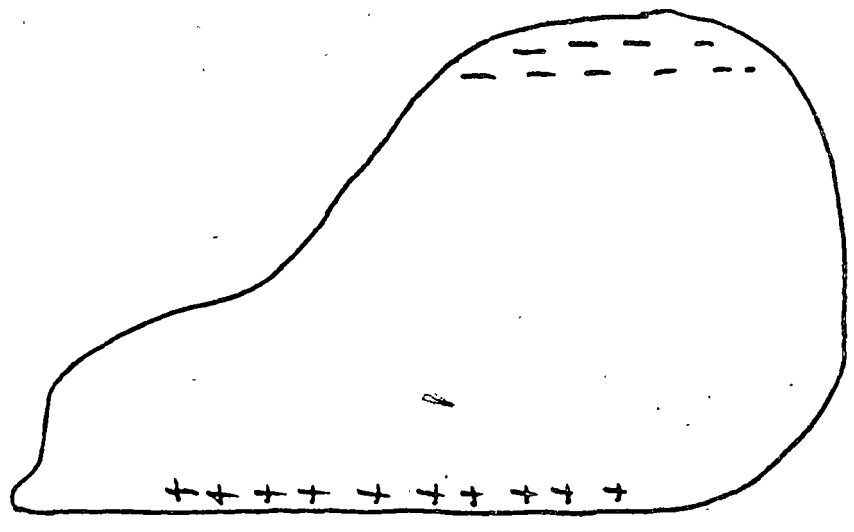
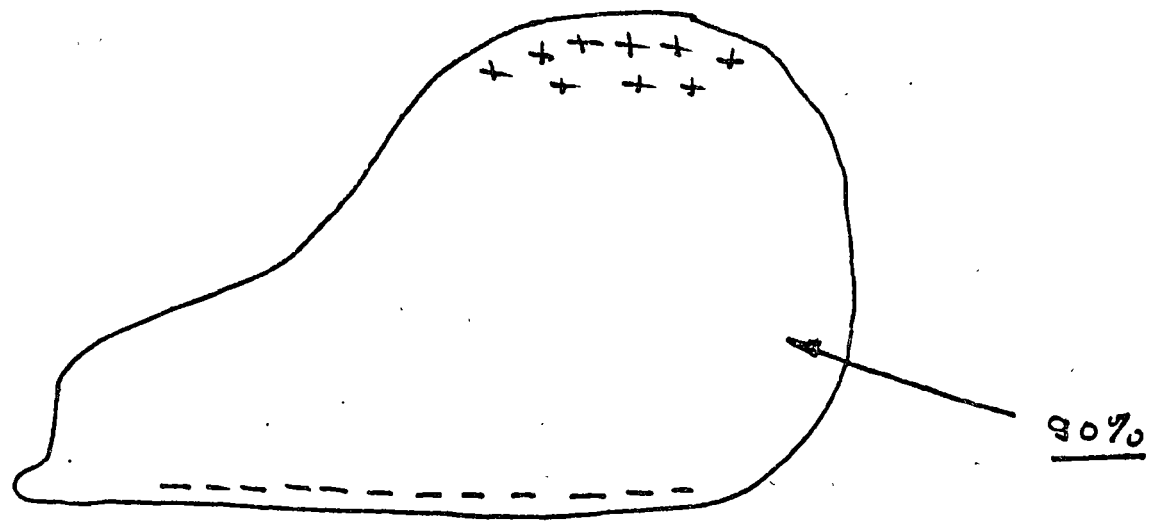
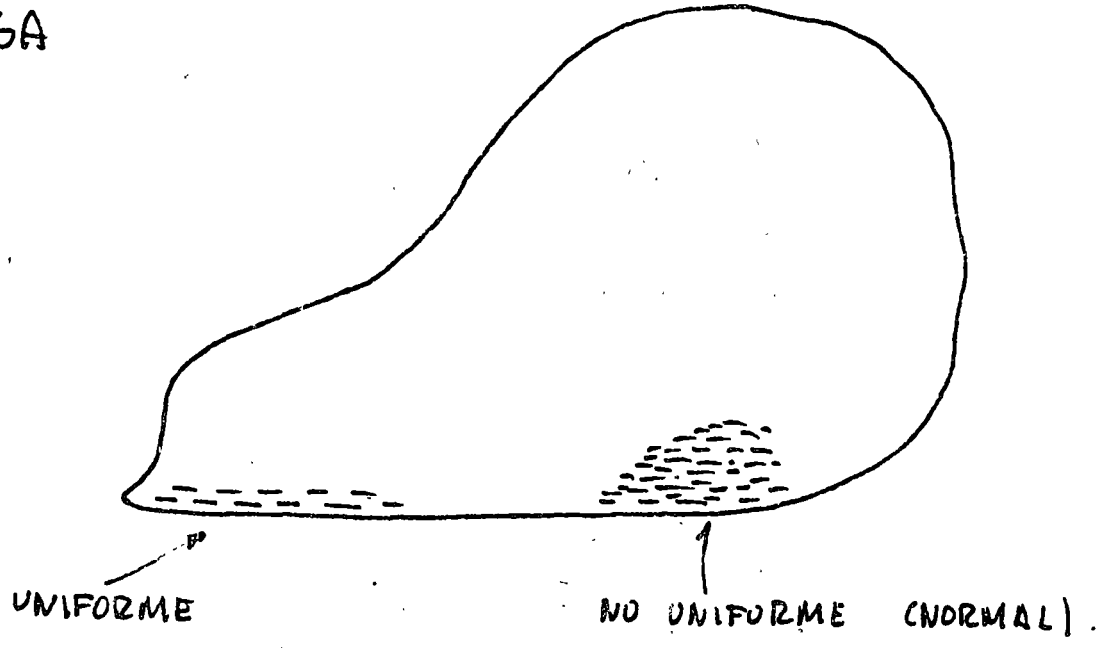


1) EN LA NUBE



2) INDUCIDA EN TIERRA

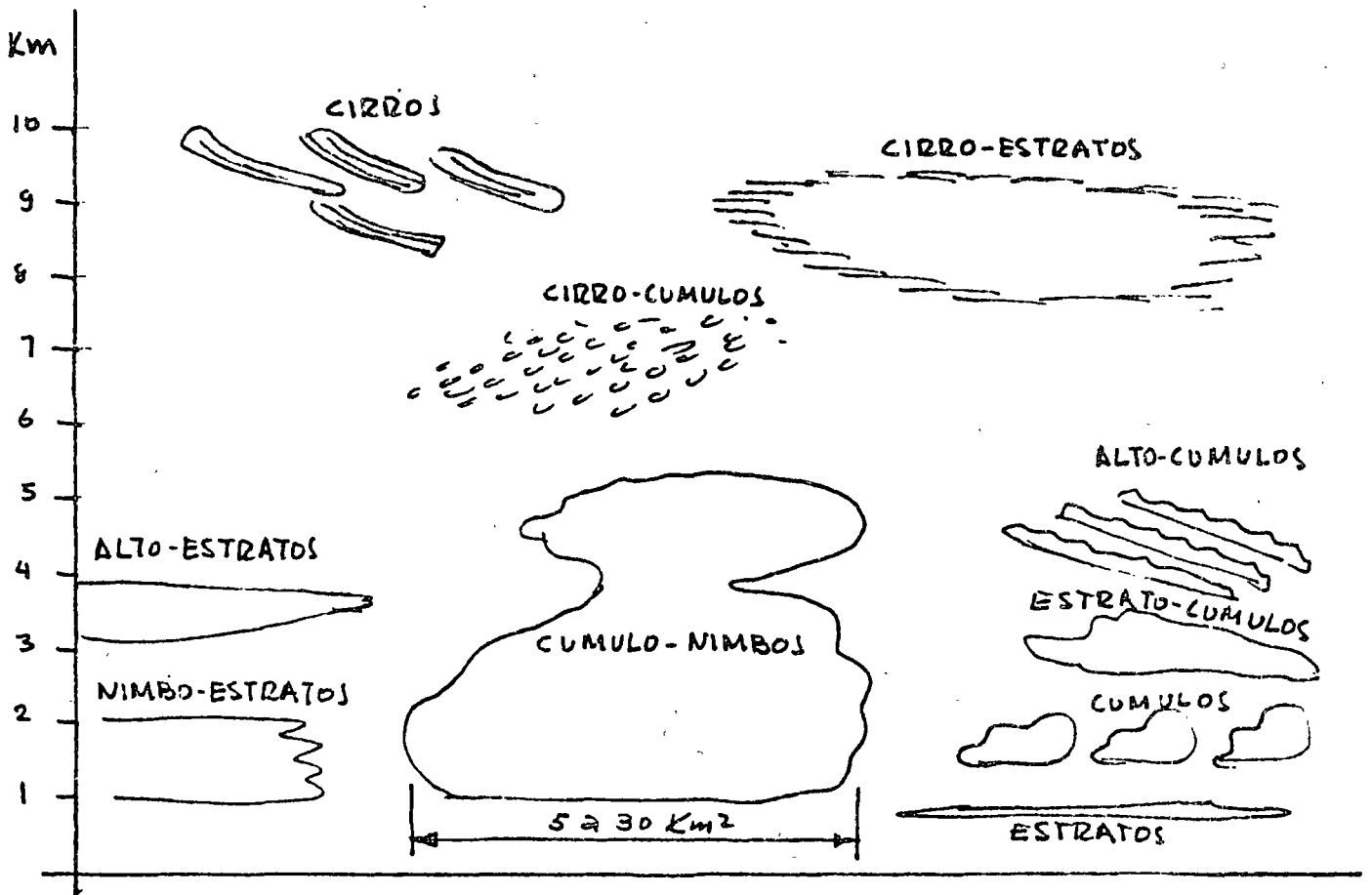
# TIPOS DE CARGA



NUBES QUE  
ORIGINAN  
DESCARGAS.



- CUMULOS
- CUMULO-NIMBOS

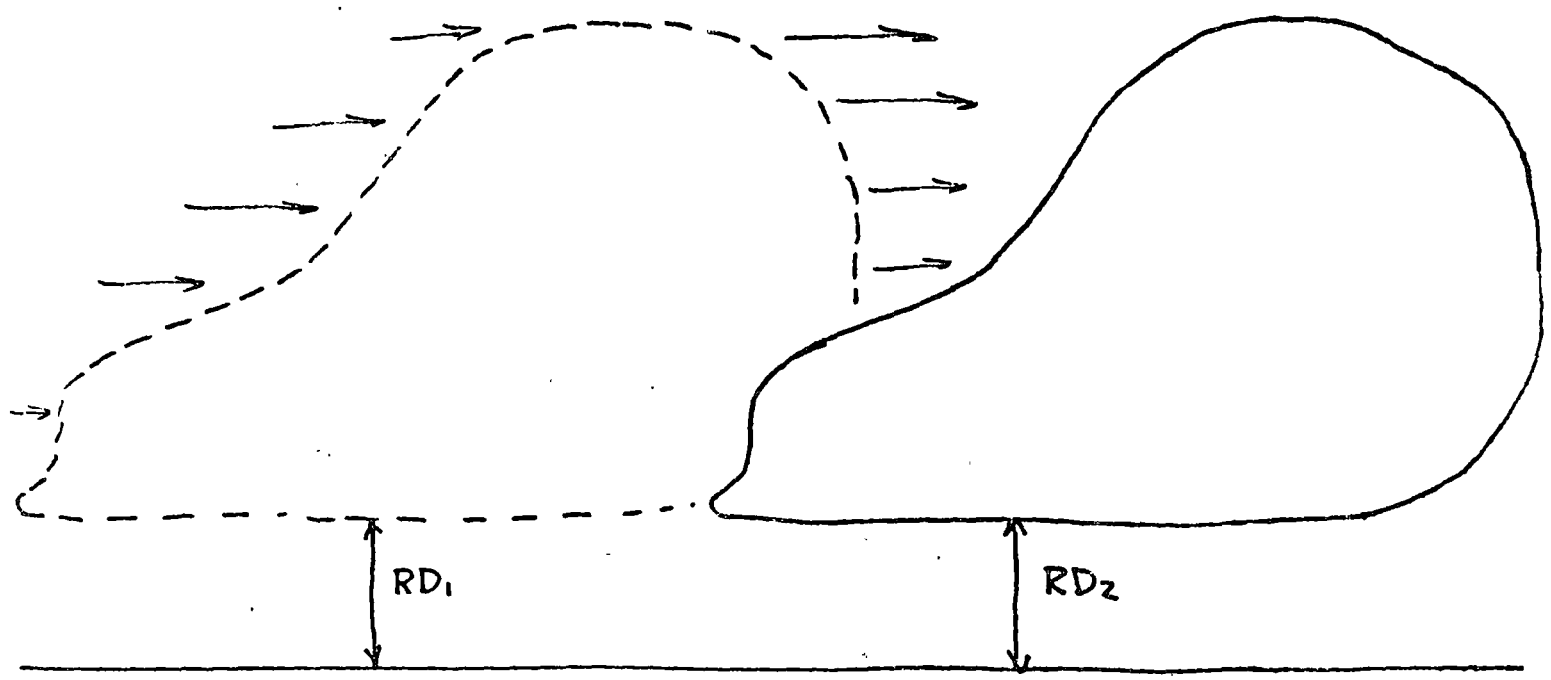
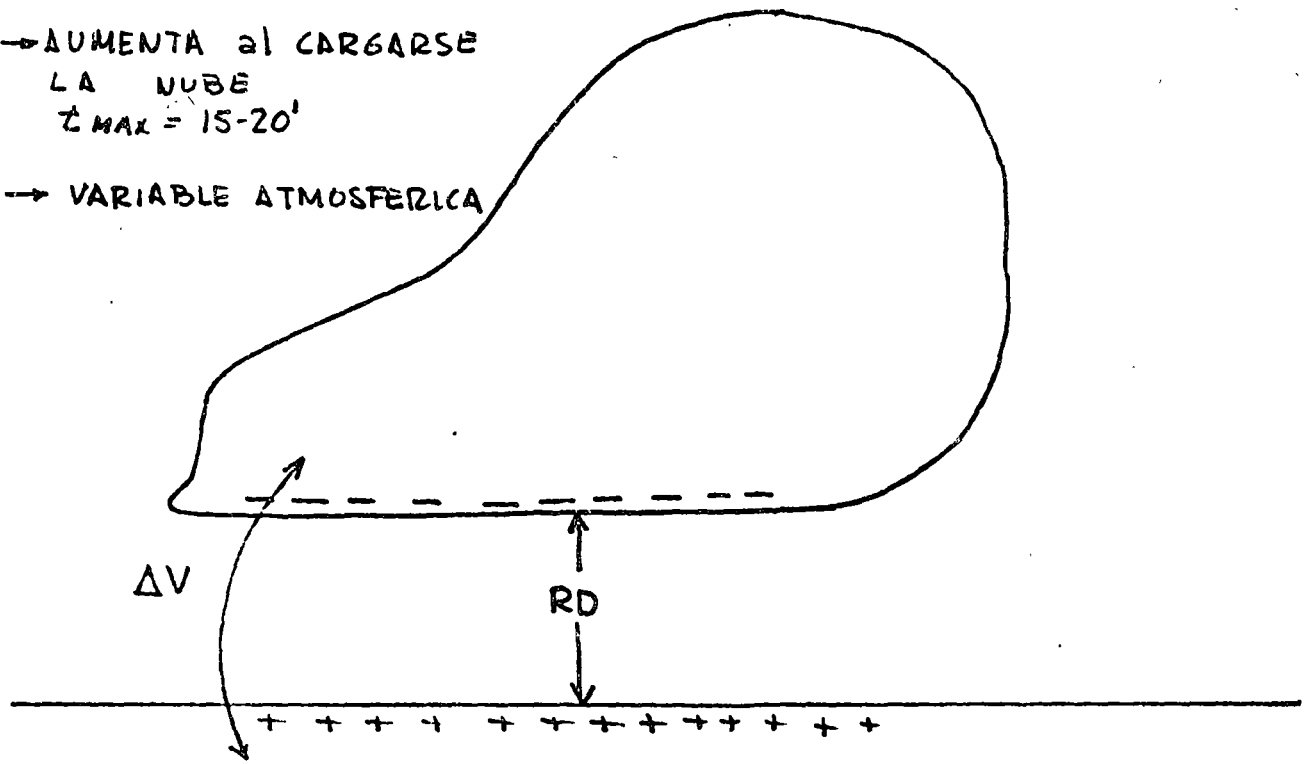


¿CUANDO OCURRE LA DESCARGA?

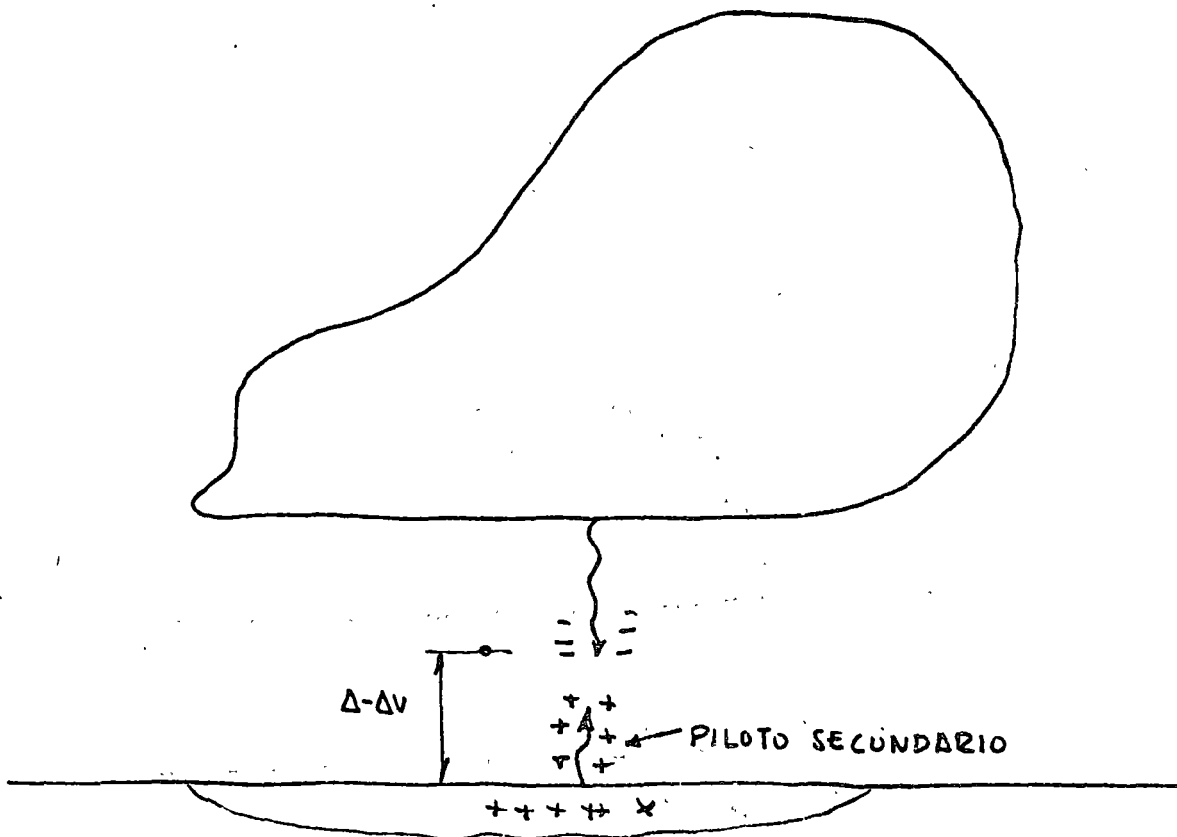
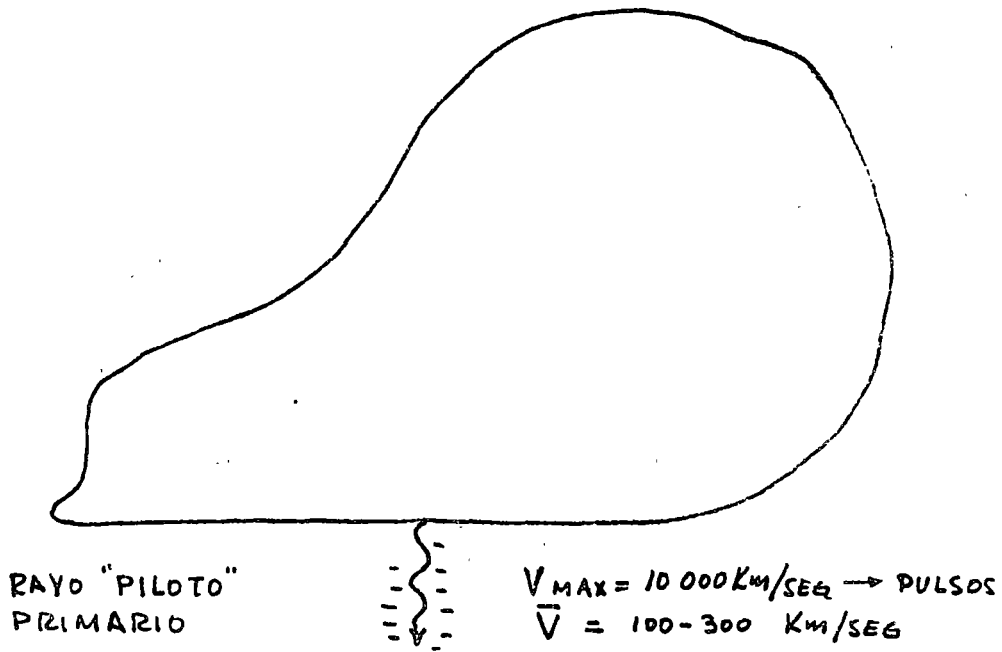
$RD < \Delta V \Rightarrow$  DESCARGA.

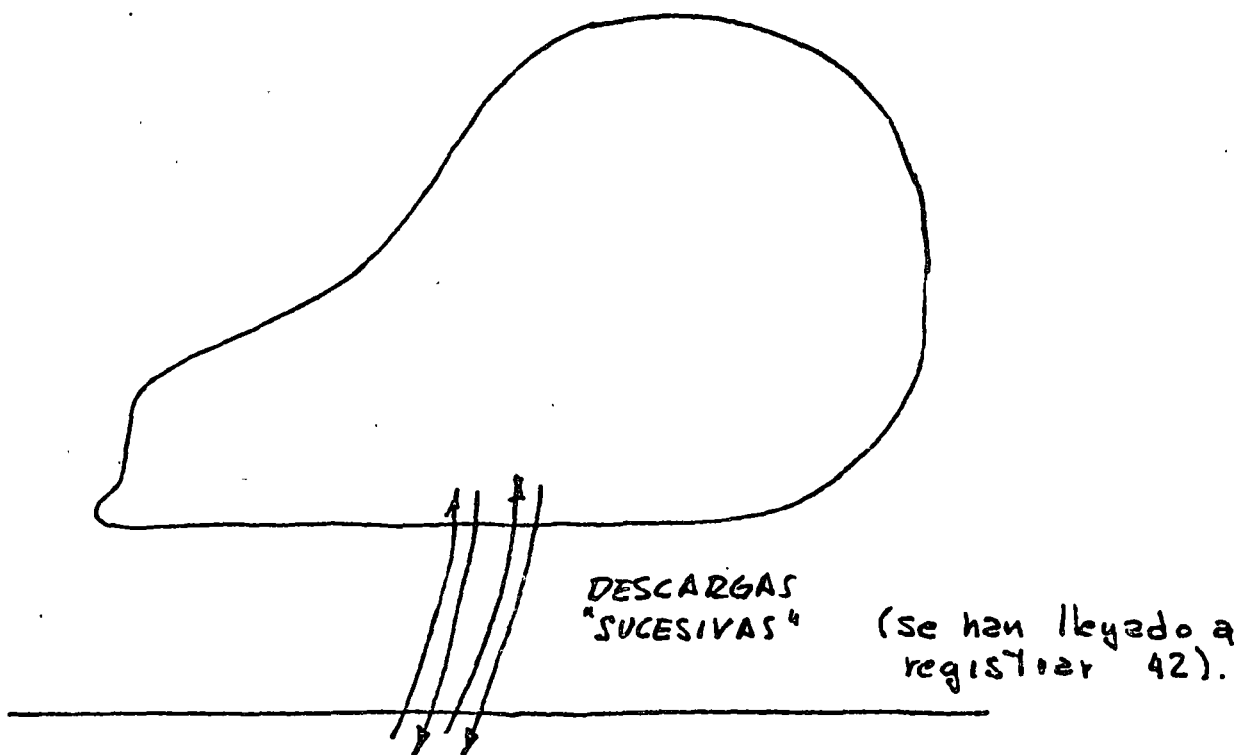
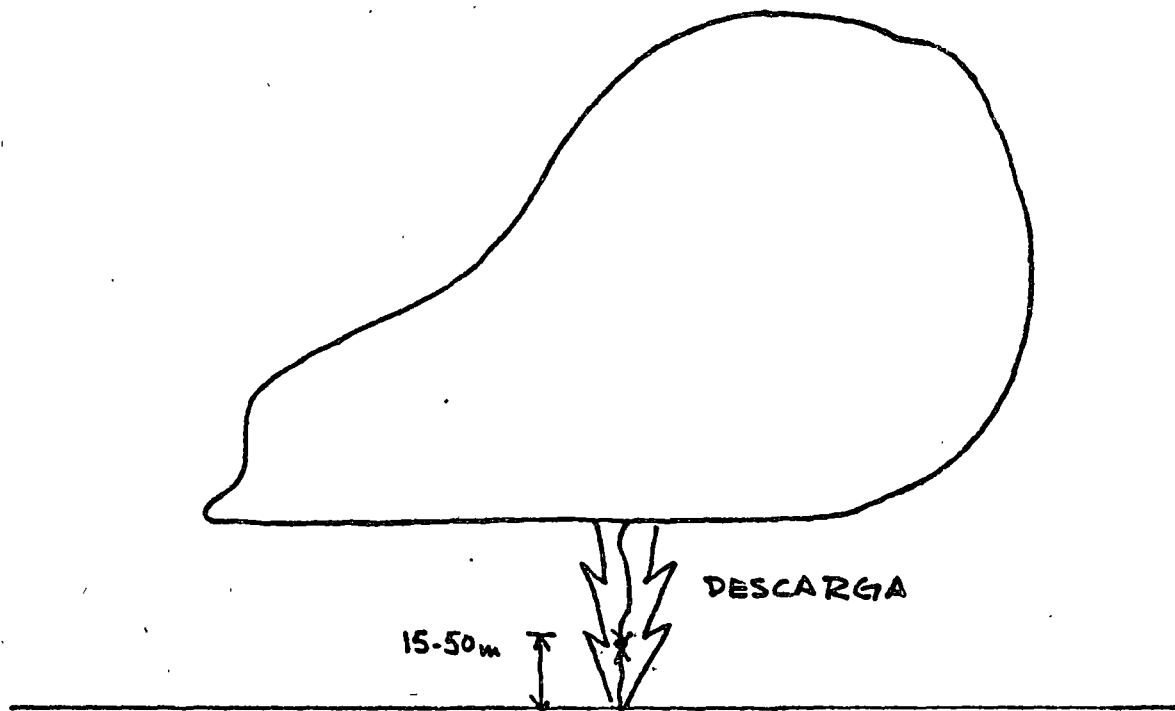
$\Delta V \rightarrow$  AUMENTA al CARGARSE LA NUBE  
 $Z_{MAX} = 15-20'$

$RD \rightarrow$  VARIABLE ATMOSFERICA



$RD_1 \neq RD_2$



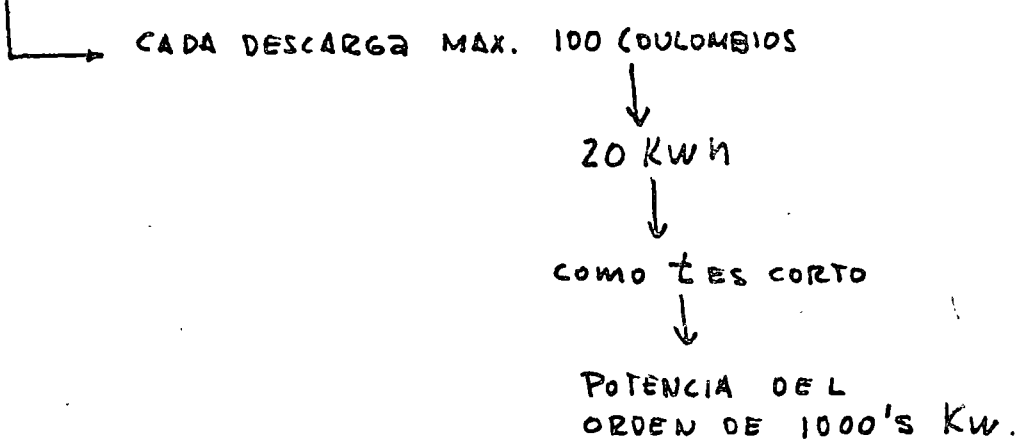




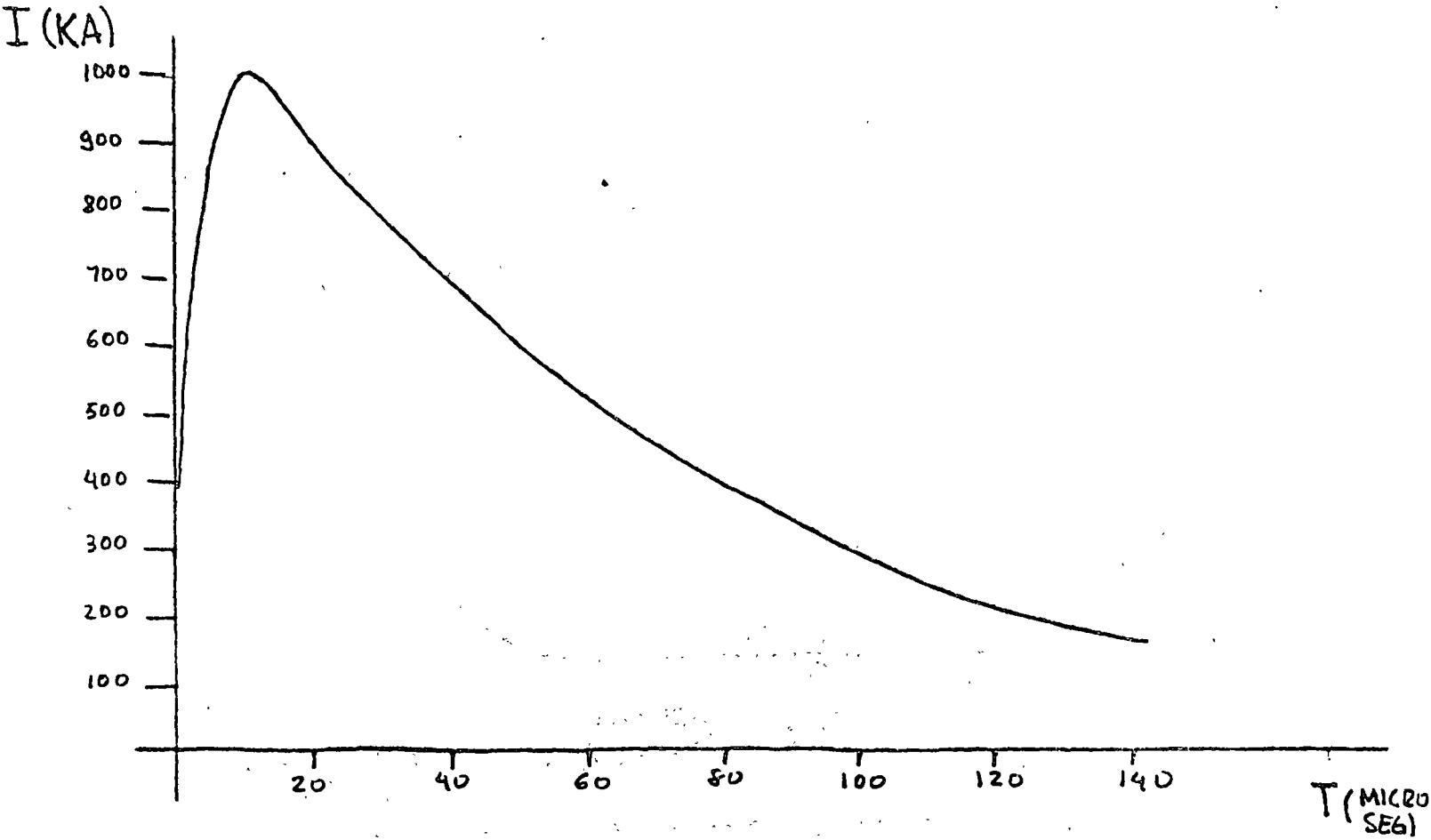
# MAGNITUDES de UNA DESCARGA

VARIABLES {

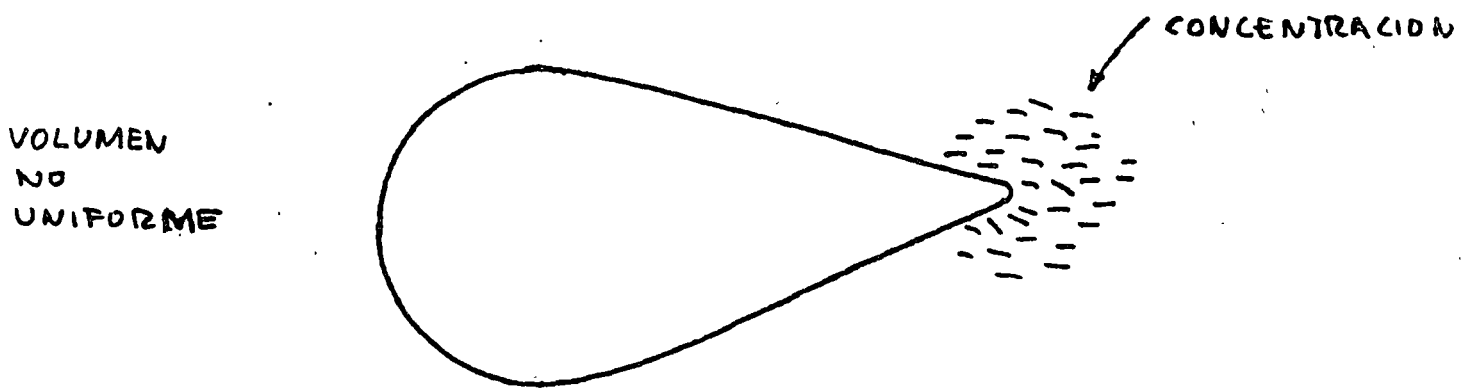
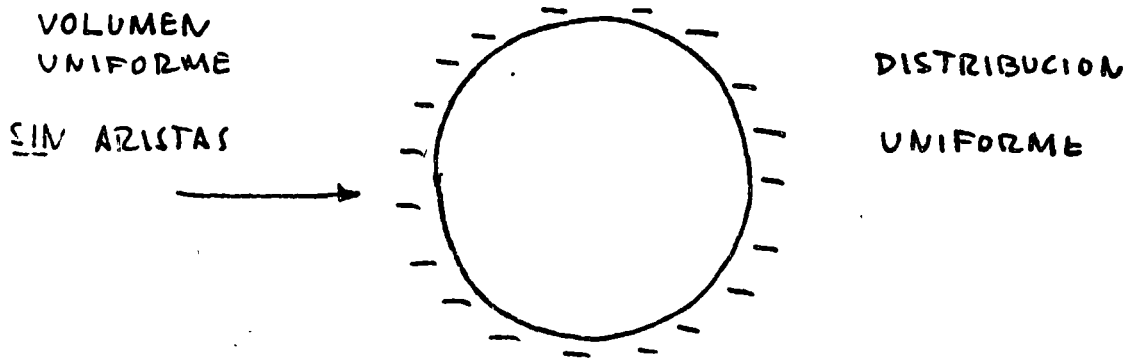
- INTENSIDAD DE CORRIENTE → 10-20 KA
- DIFERENCIA DE POTENCIAL → 100-600KV
- DURACION Y NUMERO → FUNCION N° DESCARGAS  
50% - 1 sola, 20% > 10
- ENERGIA

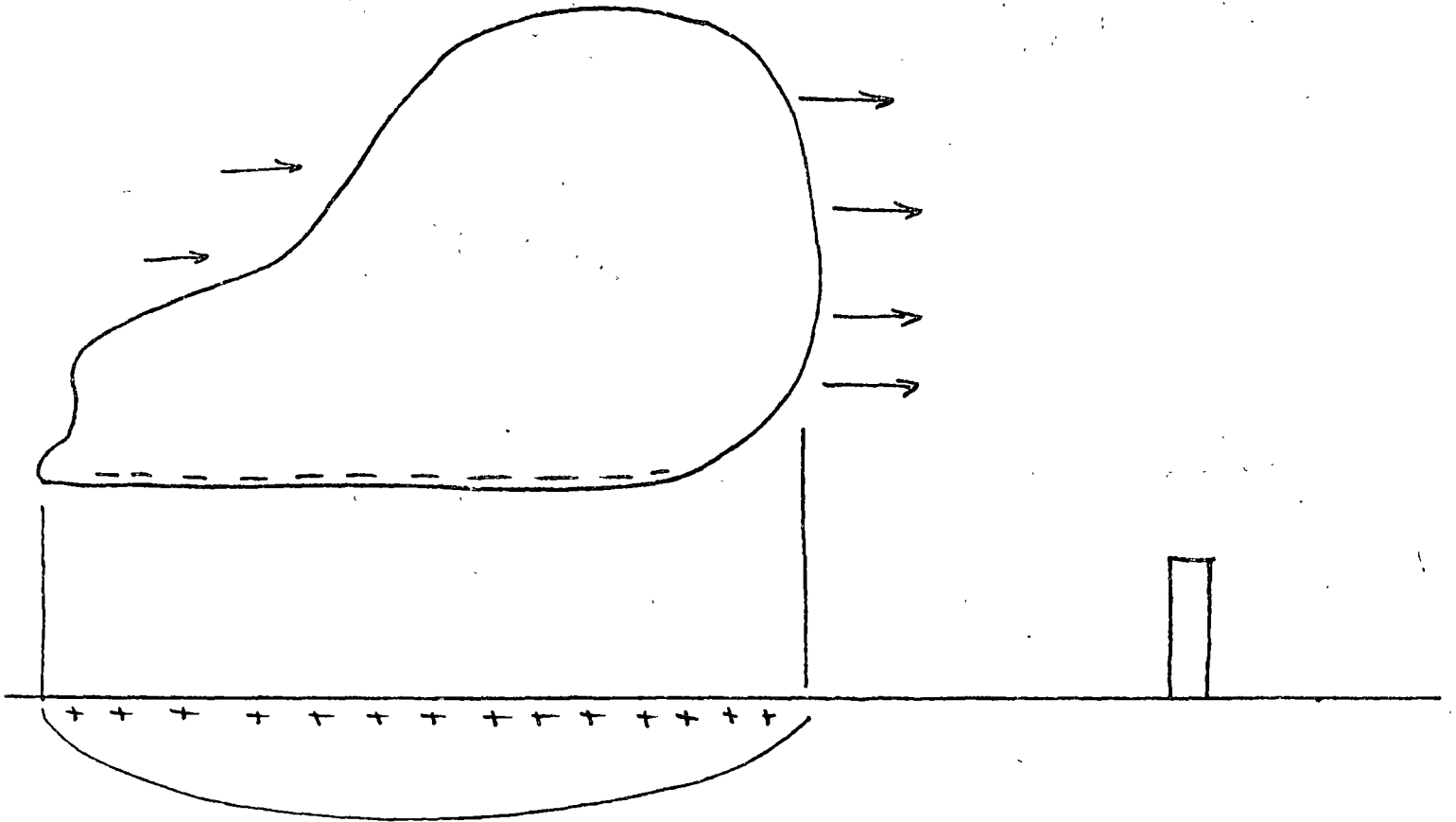


## ONDA CONVENCIONAL

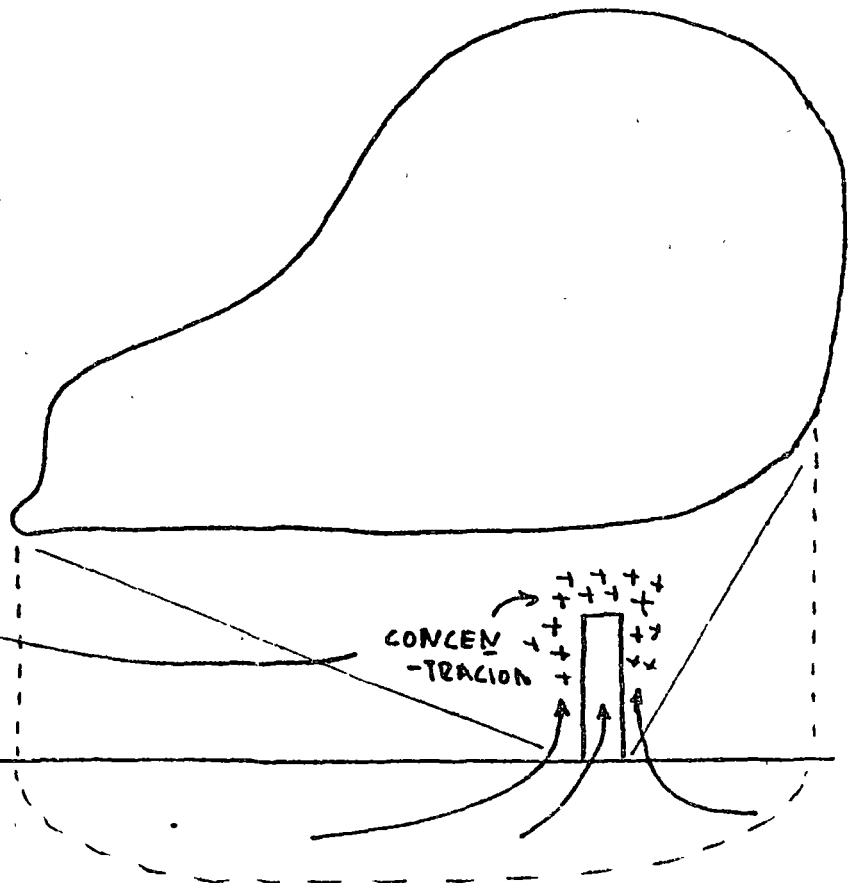


# PROPIEDAD DE LAS CARGAS ELECTROSTATICAS :-

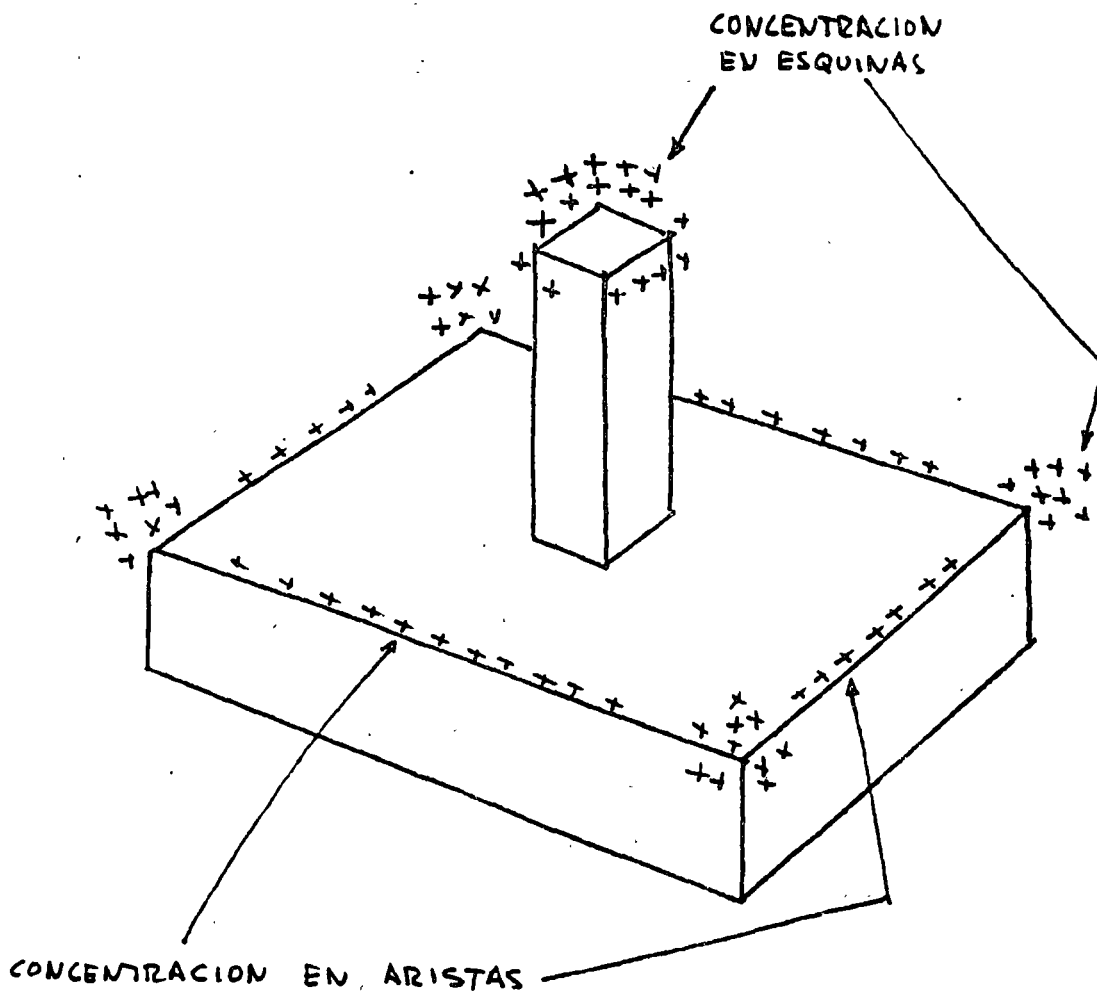




AUMENTA  $\Delta V$   
AUMENTA POSIBILIDAD  
DESCARGA  
DE AQUI PARTIRA  
PILOTO SECUNDARIO



CONCEN  
-TRACION



# ANALISIS DE LOS SISTEMAS

PROPOSITO DE UN SISTEMA DE PROTECCION

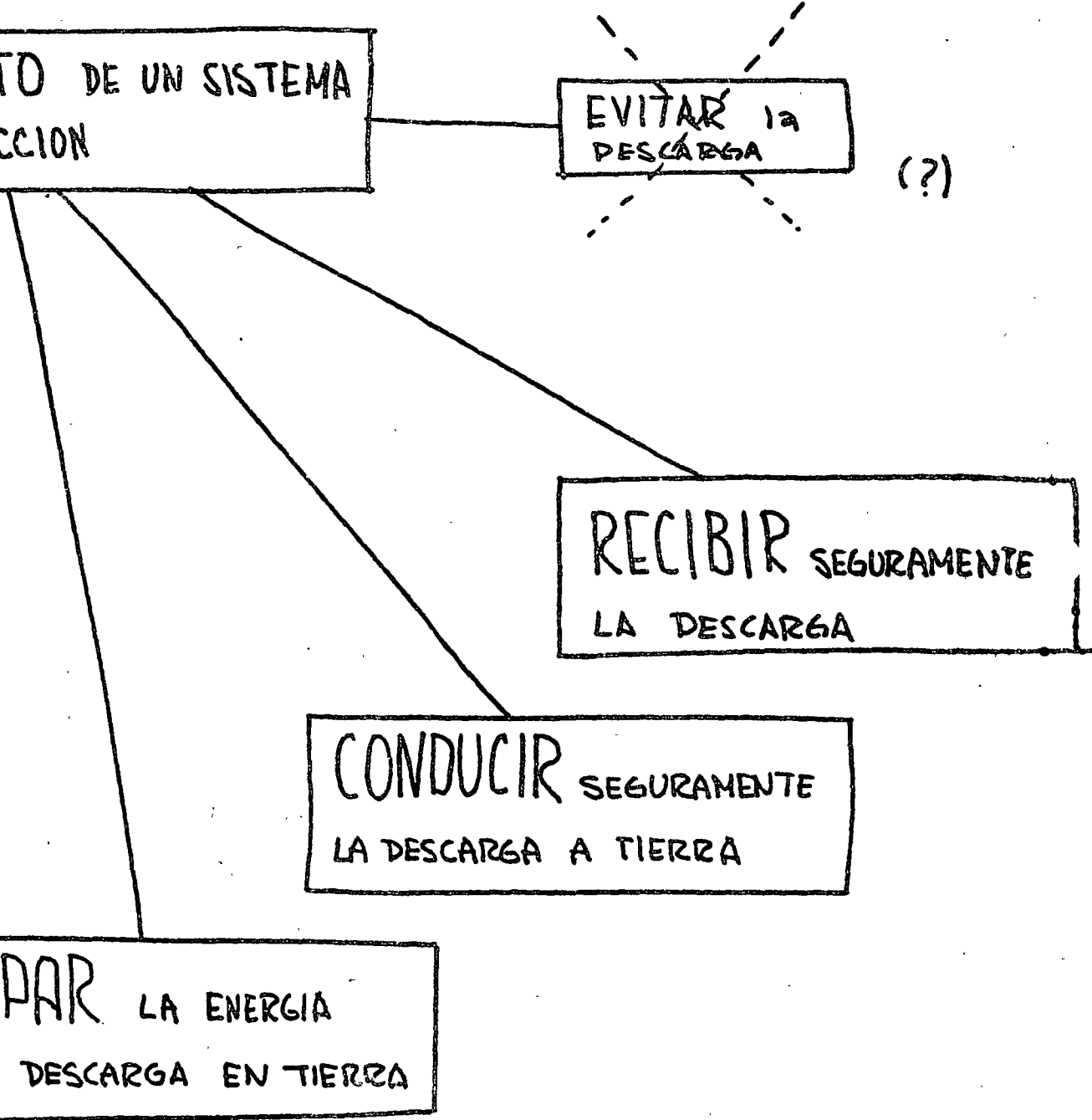
EVITAR la DESCARGA

(?)

RECIBIR SEGURAMENTE LA DESCARGA

CONducIR SEGURAMENTE LA DESCARGA A TIERRA

DISIPAR LA ENERGIA DE LA DESCARGA EN TIERRA



# ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PROTECCION

① - RECEPTOR (PUNTAS).

② - CONDUCTOR (RED DE CABLES).

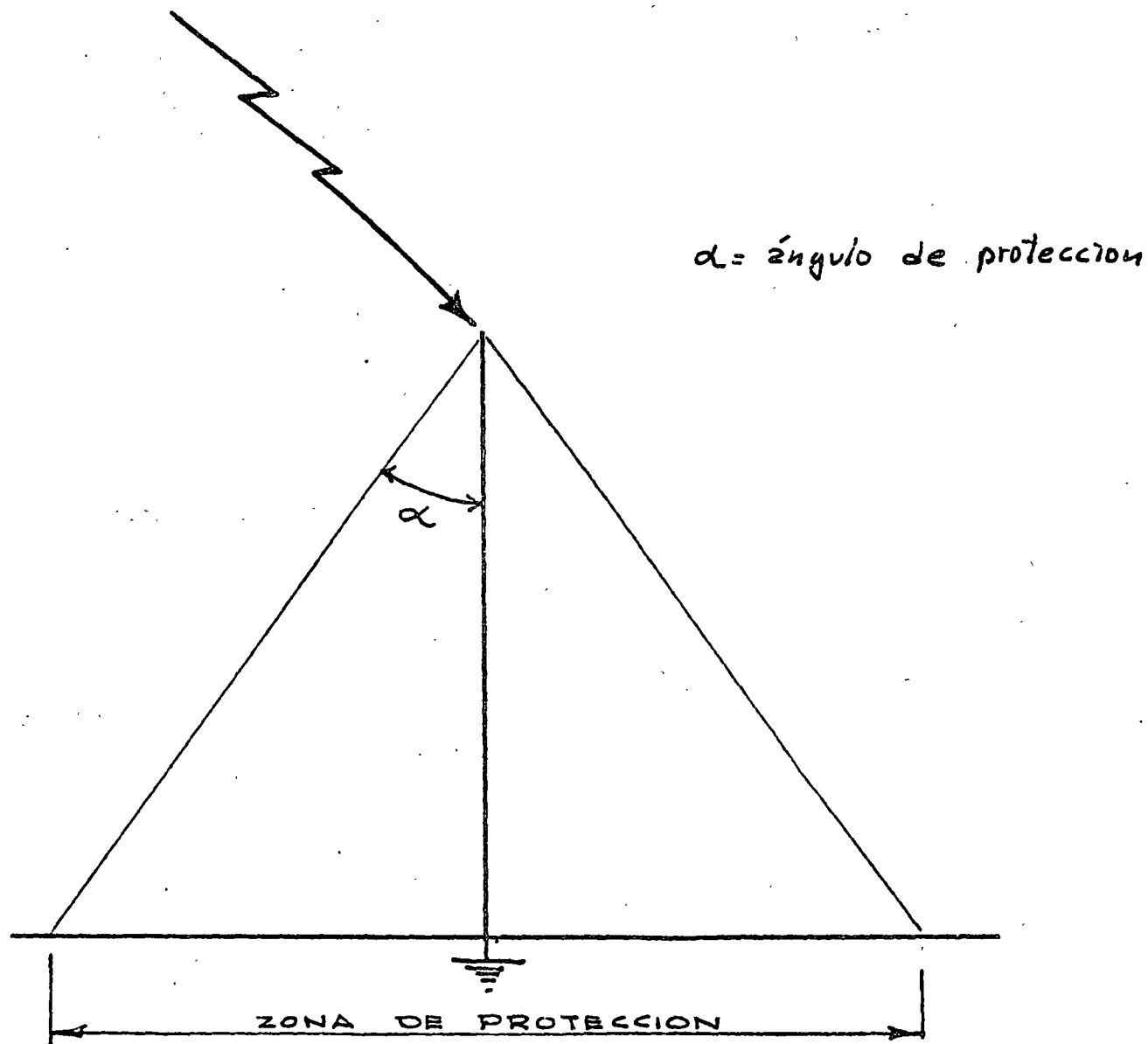
③ - DISPERSOR (ELECTRODOS DE TIERRA).

DIFERENTES SISTEMAS

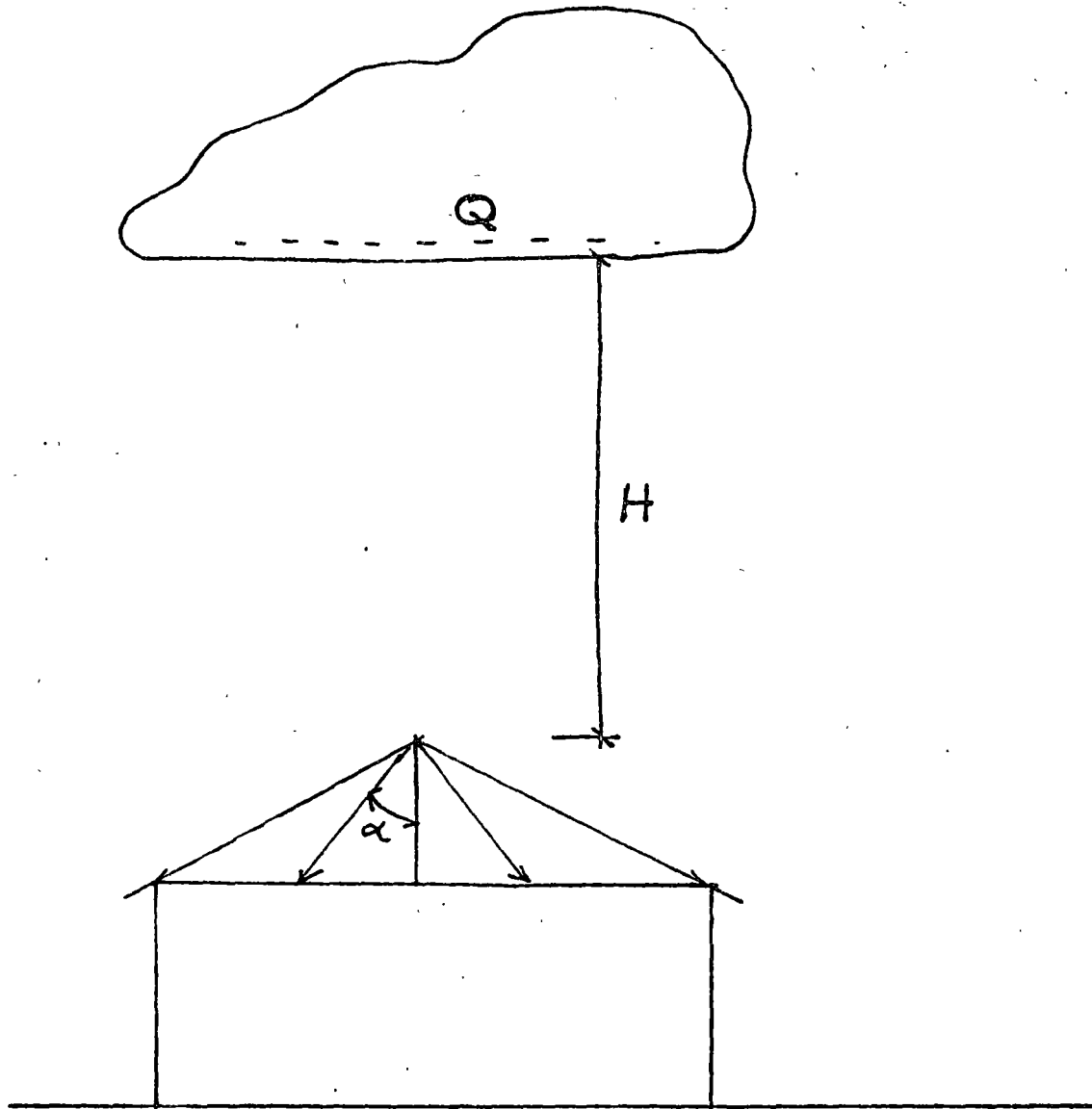
```
graph TD; A[DIFERENTES SISTEMAS] --> B[DIFERENTE UTILIZACION DE LOS ELEMENTOS 1) 2) 3)];
```

DIFERENTE UTILIZACION DE  
LOS ELEMENTOS 1) 2) 3)

# SISTEMA FRANKLIN



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



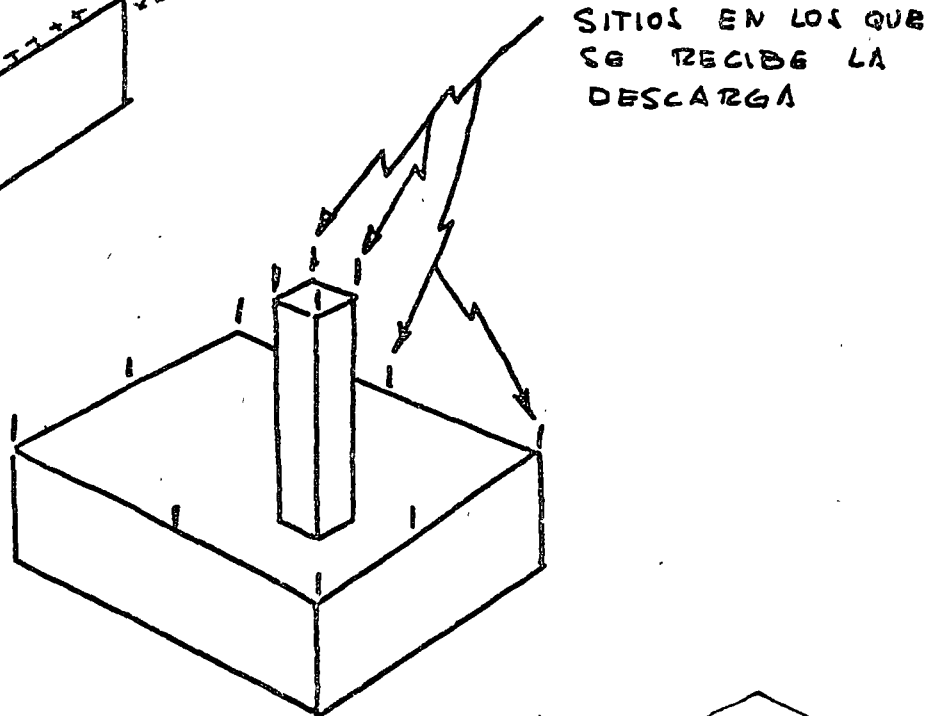
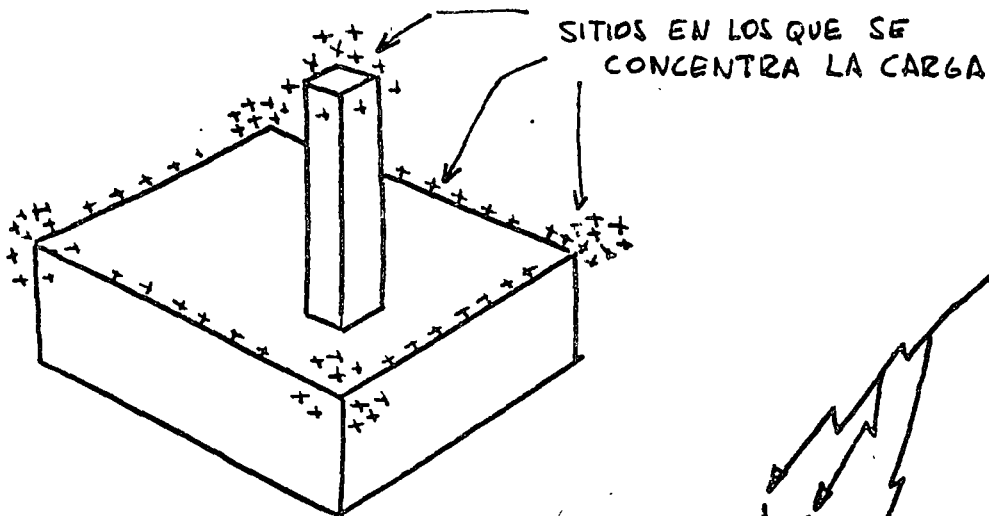
$$\alpha = f(H, Q)$$

NO PERMITE SEGURIDAD  
EN EL DISEÑO.



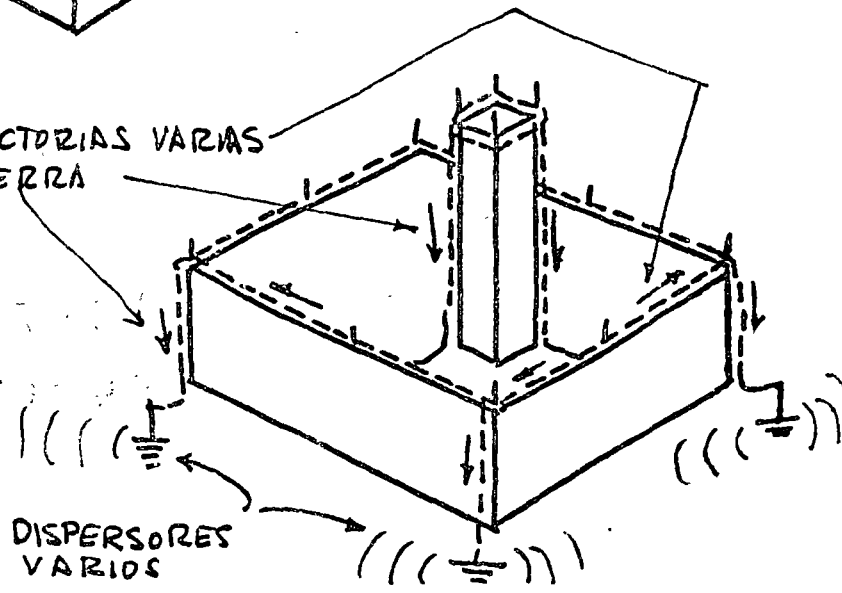
# SISTEMA FARADAY :-

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

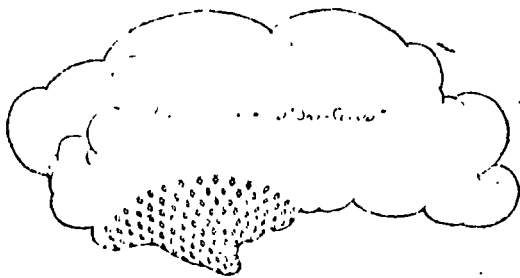
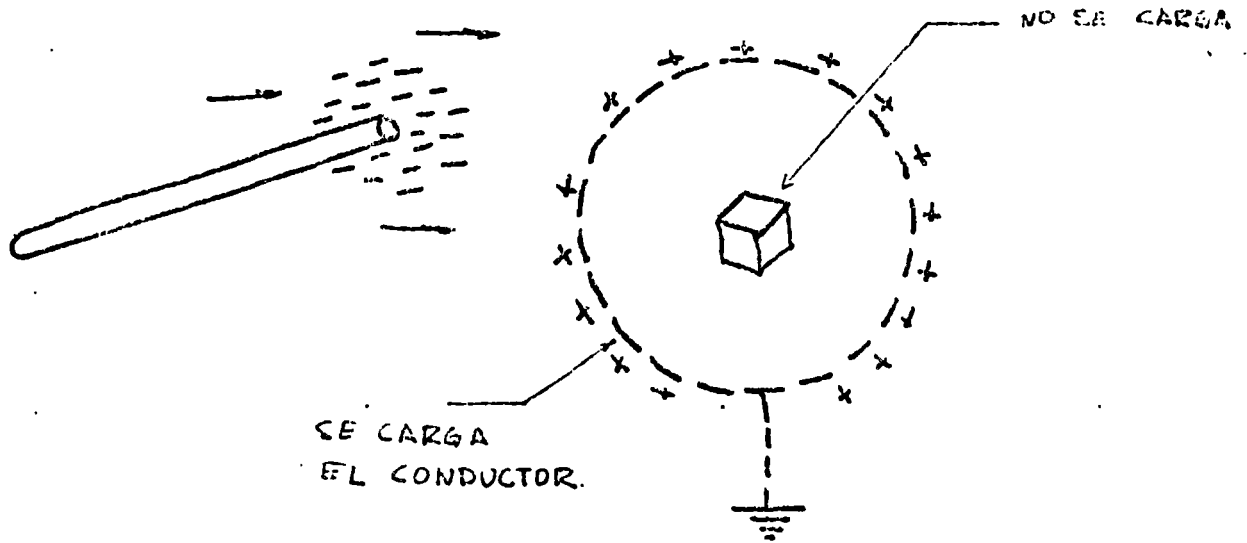


TRAYECTORIAS VARIAS A TIERRA

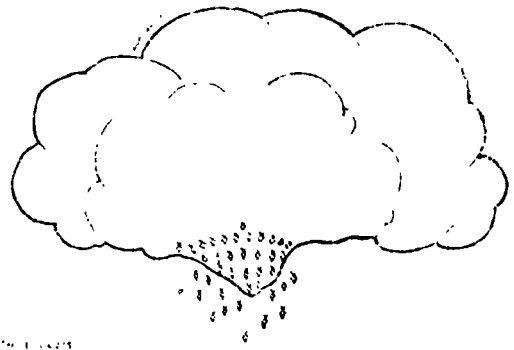
DISPERSORES VARIOS



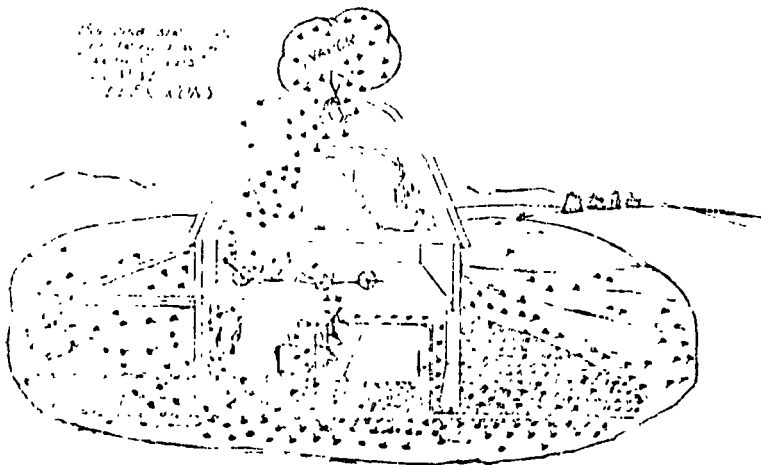
# • BLINDAJE ELECTROSTATICO



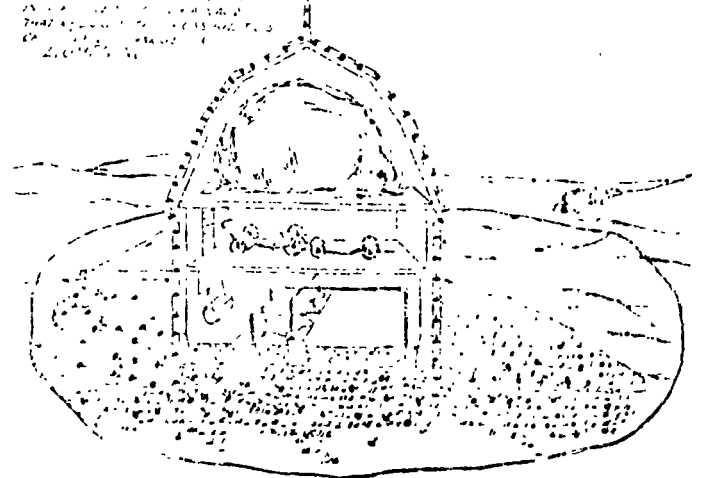
CLUB NUBES Y "RAYOS" (Clouds and "Lightning")



CLUB NUBES Y "RAYOS" (Clouds and "Lightning")



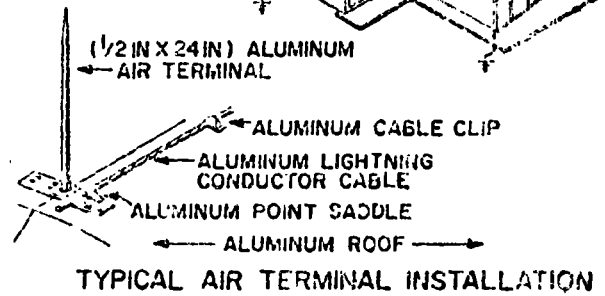
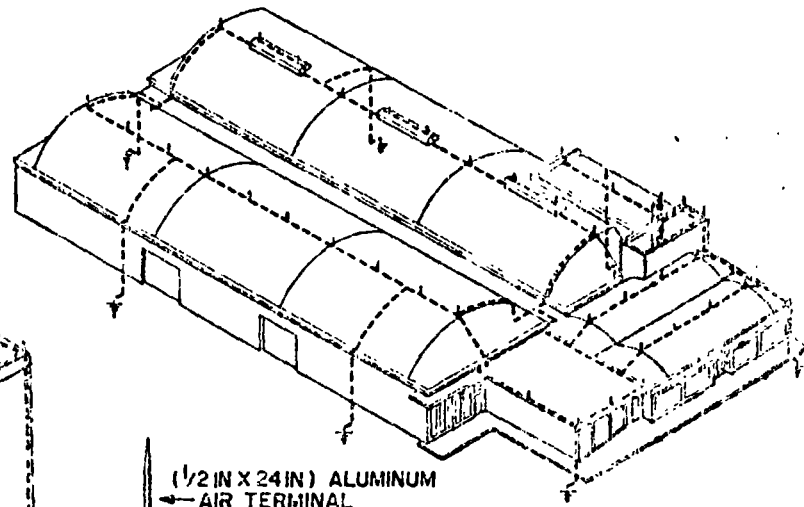
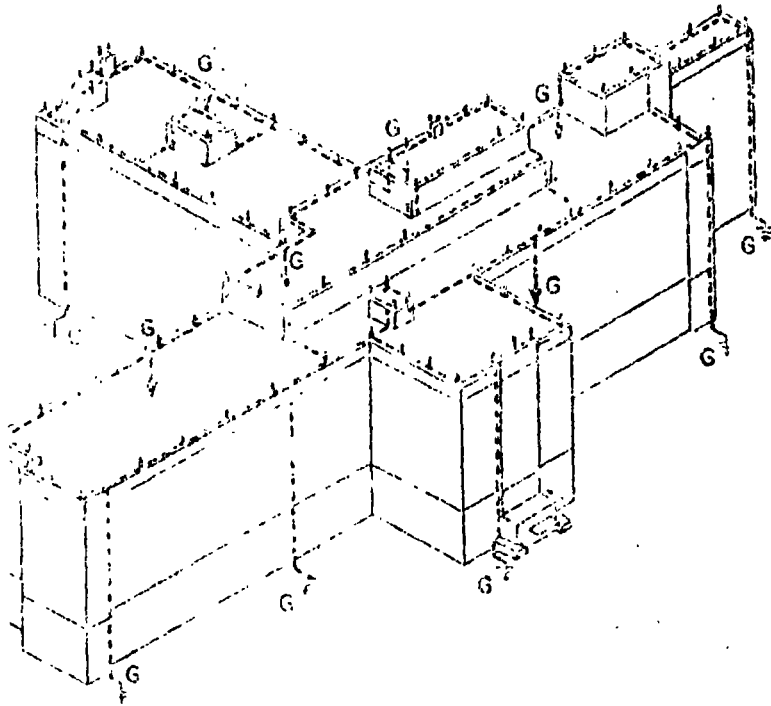
CLUB NUBES Y "RAYOS" (Clouds and "Lightning")



CLUB NUBES Y "RAYOS" (Clouds and "Lightning")

SISTEMA FARADAY.

## EJEMPLOS



## VENTAJAS:-

- SEGURIDAD

- REGLAMENTADO → (1904).

- EXPERIMENTADO (1904-1973)

- NORMALIZADO :

- UNDERWRITER'S LABORATORIES

↳ UL902.

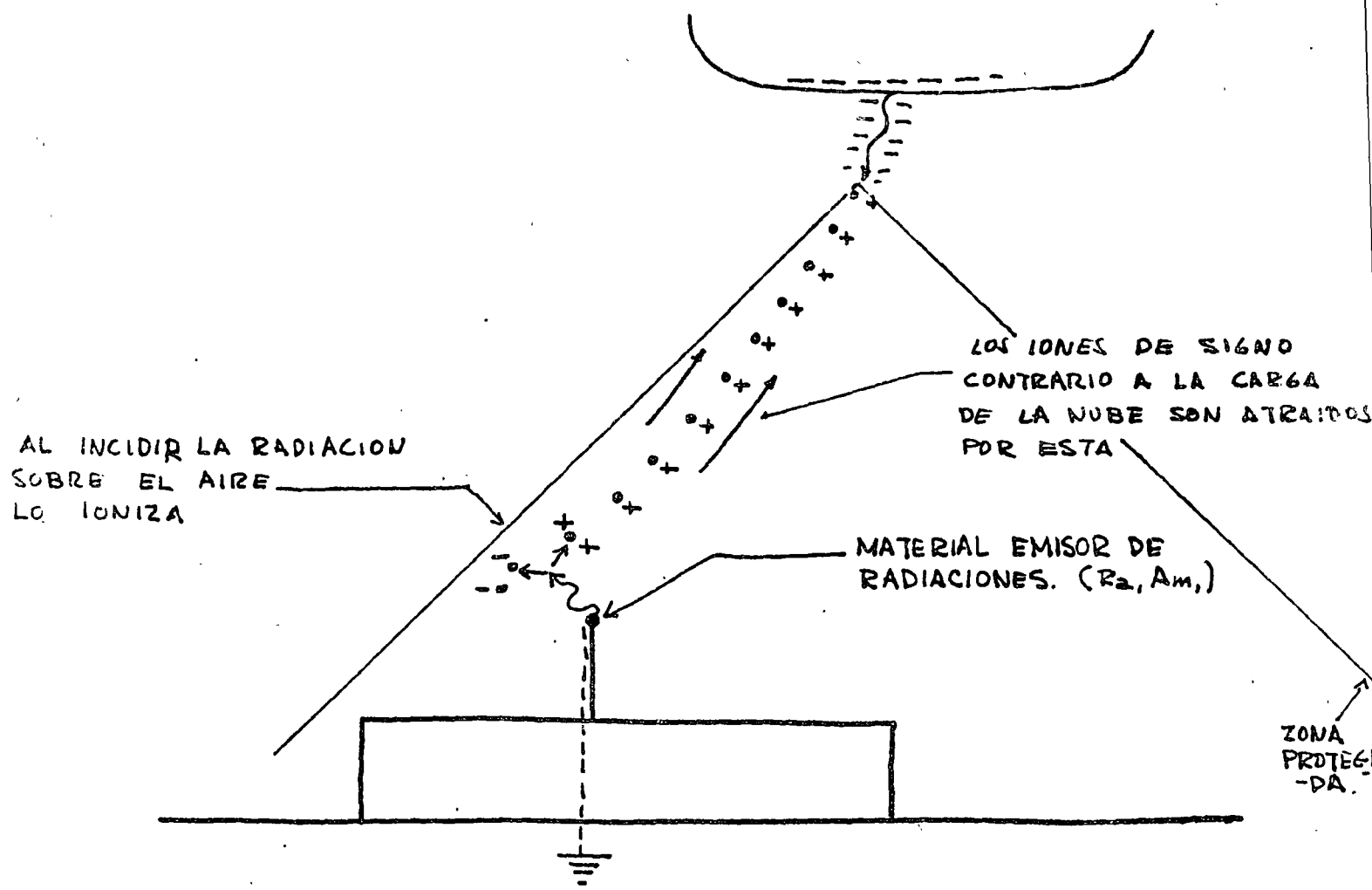
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION

↳ NFPA-78

- ANSI.-

- IEEE

# SISTEMA RADIOACTIVO



VENTAJAS: SENCILLEZ INSTALACION

DESVENTAJAS: USO MATERIAL PELIGROSO (RADIACION-CONTAMINACION)

└─ RESTRINGIDO EN MEXICO.

SISTEMAS DE PROTECCION  
VS  
DESCARGAS ATMOSFERICAS

INSTALACION

DE ACUERDO CON  
NFPA-78  
UL96A

ELEMENTOS de ANALISIS:-

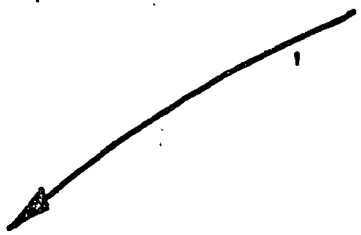
- 1 - UBICACION de PUNTAS
- 2 - TRAYECTORIA de CONDUCTORES
- 3 - UBICACION de ELECTRODOS de TIERRA
- 4 - CONEXIONES ADICIONALES
- 5 - SISTEMAS de INSTALACION
- 6 - ESPECIFICACION de MATERIALES.

# UBICACION PUNTAS :

- LOCALIZACION
- ESPACIAMIENTO
- ALTURA

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

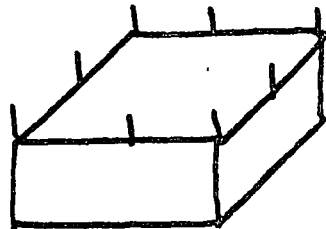
ESQUINAS  
ARISTAS



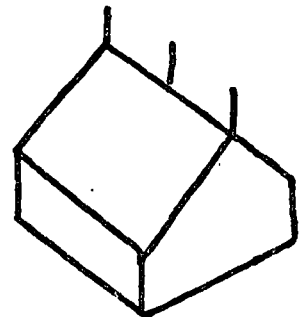
FUNCION DEL TIPO O FORMA  
DEL TECHO

## CASIFICACION DE TECHOS:-

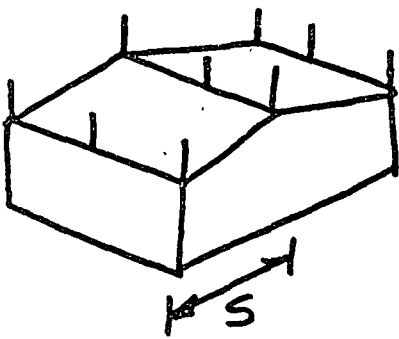
1) PLANO



2) INCLINADO



2) PENDIENTE LIGERA



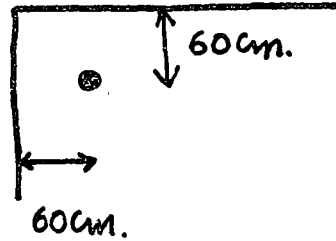
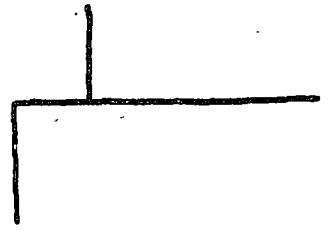
CONDICIONES:

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

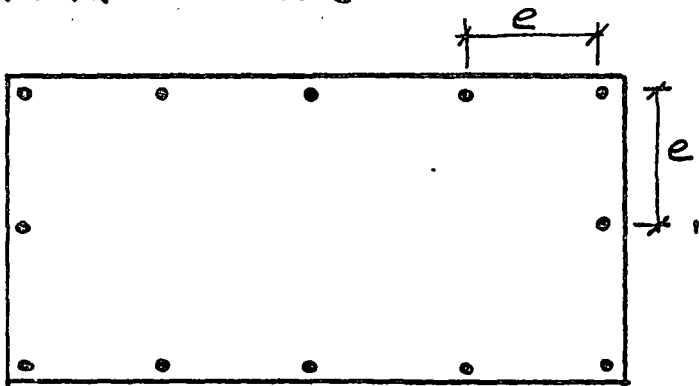
$$S > 12m \text{ Y PENDIENTE } \leq \frac{1}{4}$$

# ESPACIAMIENTO PUNTAS

DEL LIMITE DEL CONTORNO:



ENTRE PUNTAS



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

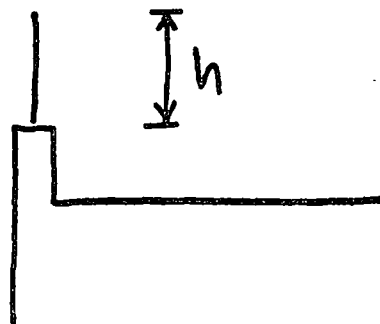
$e \leq 7.62m$  HASTA ALTURA DE PUNTA MAS DE 60cm

# ALTURA PUNTAS

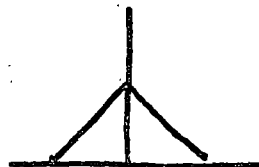
$h$ :

$$90cm > h > 25cm$$

DEL OBJETO O  
CONTORNO PROTEGIDO



$h > 60cm \rightarrow$  TRIPLE

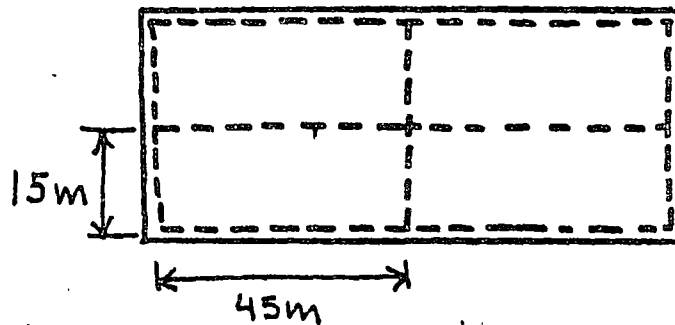


# TRAYECTORIA CONDUCTORES :-

## ◦ HORIZONTALES

### CONDICIONES :-

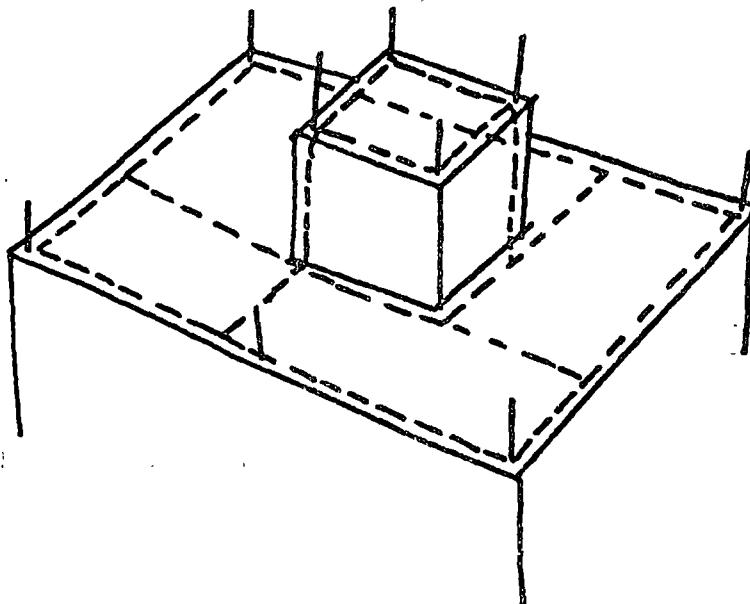
- 1) RED CERRADA QUE INTERCONECTA PUNTAS
- 2) 2 TRAYECTORIAS DIRECTAS A TIERRA (SIN CURVAS -ASCENDENTES, DESDE CADA PUNTA
- 3) RADIO CURVATURA MINIMA = 20 CM.
- 4) ESTABLE CER REDES INTERIORES CERRADAS DE DIMENSIONES MAXIMAS 15X45M.



- 5) SUJECION: CADA 90 CM.

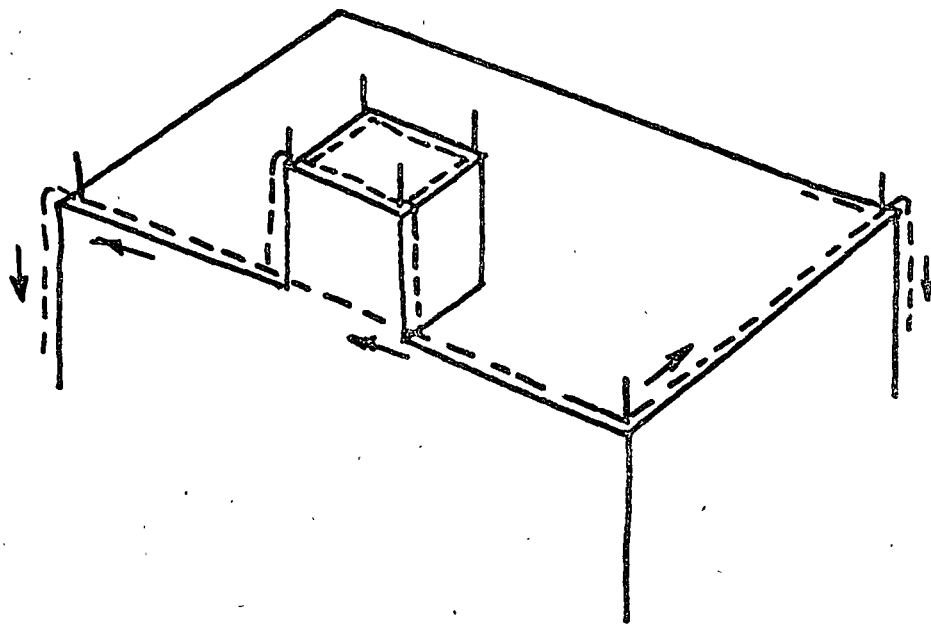
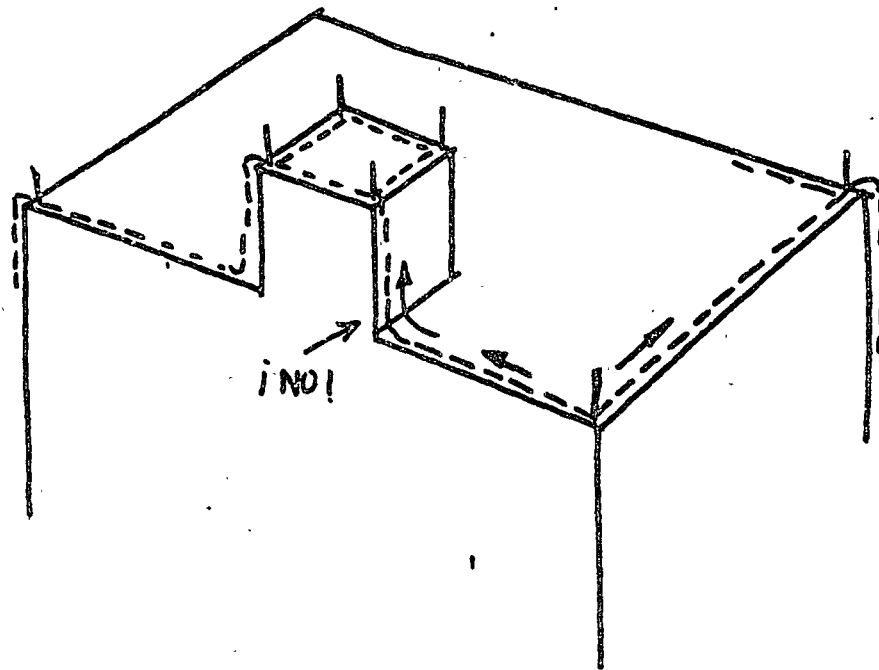
### EJEMPLOS :

#### 1) RED CERRADA





2) TRAYECTORIA DOBLE



# TRAYECTORIA CONDUCTORES.

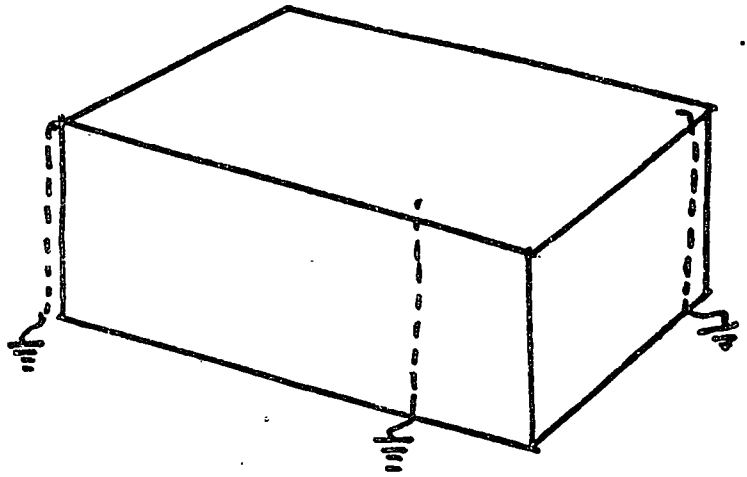
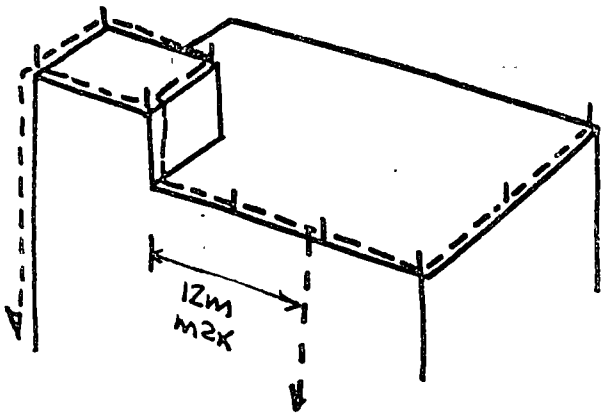
• VERTICALES.

CONECTAN RED HORIZONTAL A TIERRA

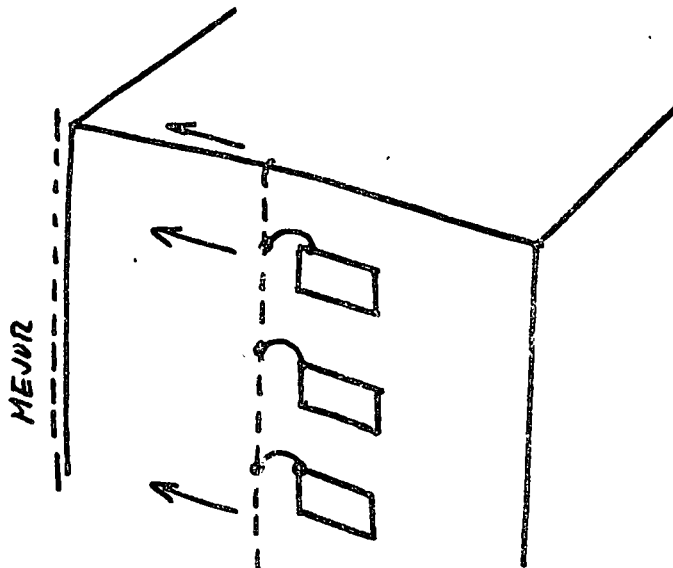
LOCALIZACION:

• CERCA UBICACION TIERRAS

• TRAYECTORIAS DIRECTAS



• UBICACION CUERPOS METALICOS



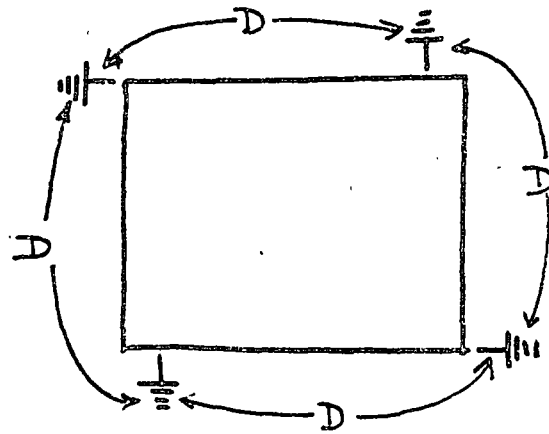
# CONEXIONES A TIERRA.

## 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

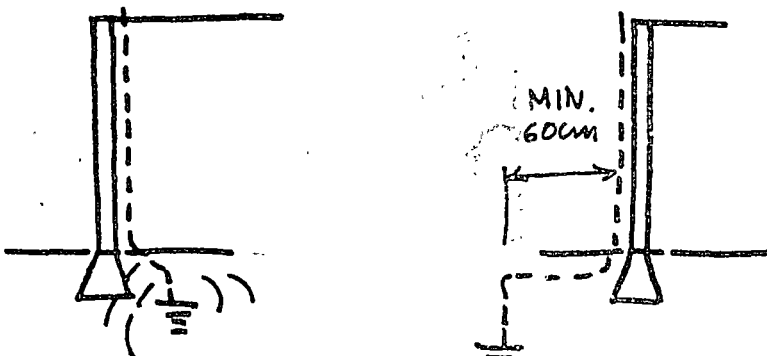


### 2) DISIPACION FACIL

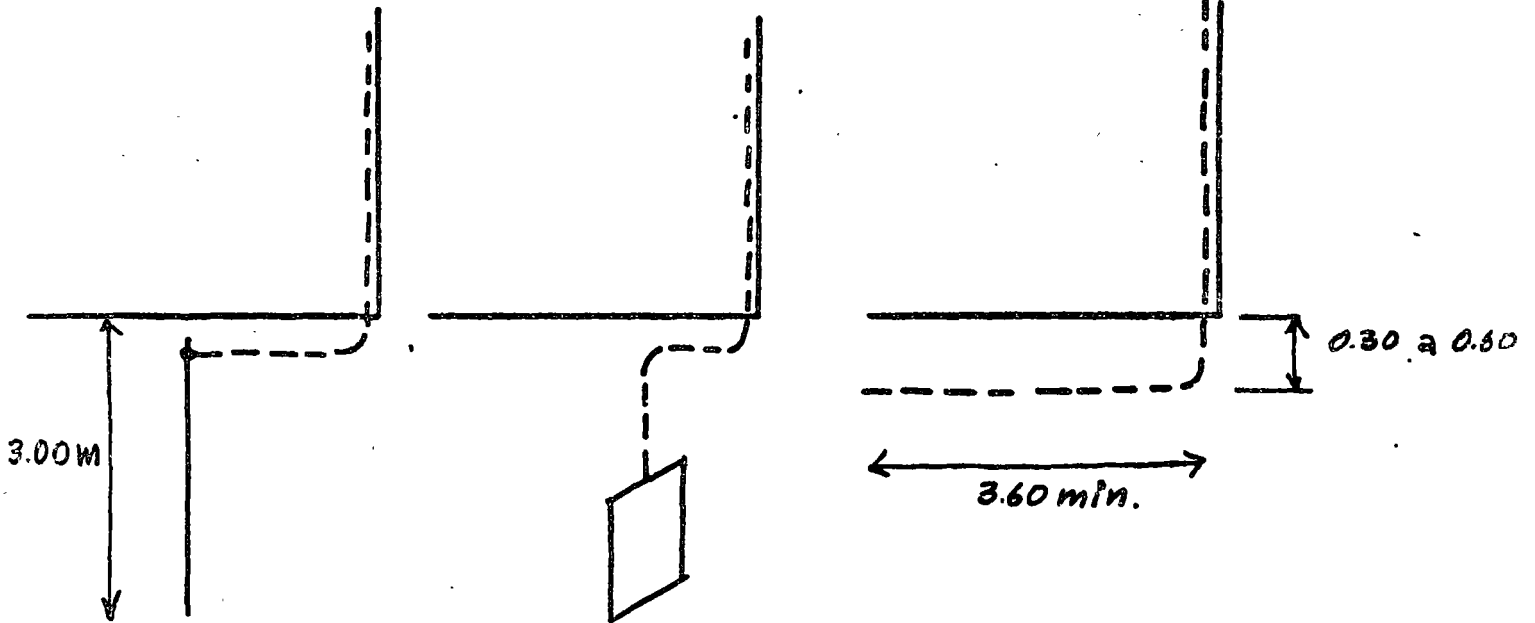
↳ NECESARIO : BAJA RESISTENCIA EN CONEXION.

↳ UL:  $50\Omega$

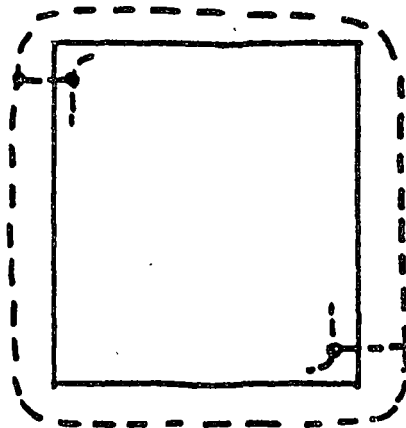
### SIN OBSTACULOS CERCANOS:



# MEDIOS de CONEXION a TIERRA:



CONDICIONES CRITICAS: →

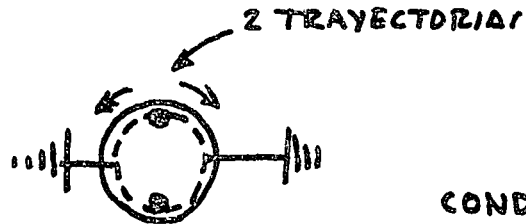


# CANTIDAD y UBICACION TIERRAS

ES FUNCION DEL PERIMETRO PROTEGIDO

MINIMO → 2

HASTA PERIMETRO DE 75 m.



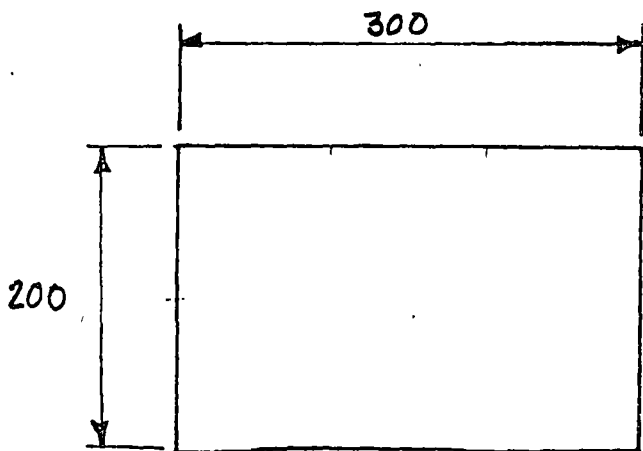
CONDICION:

OPUESTAS

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

EJEMPLO:-

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



Nº TIERRAS:-

2 PARA 75 m.

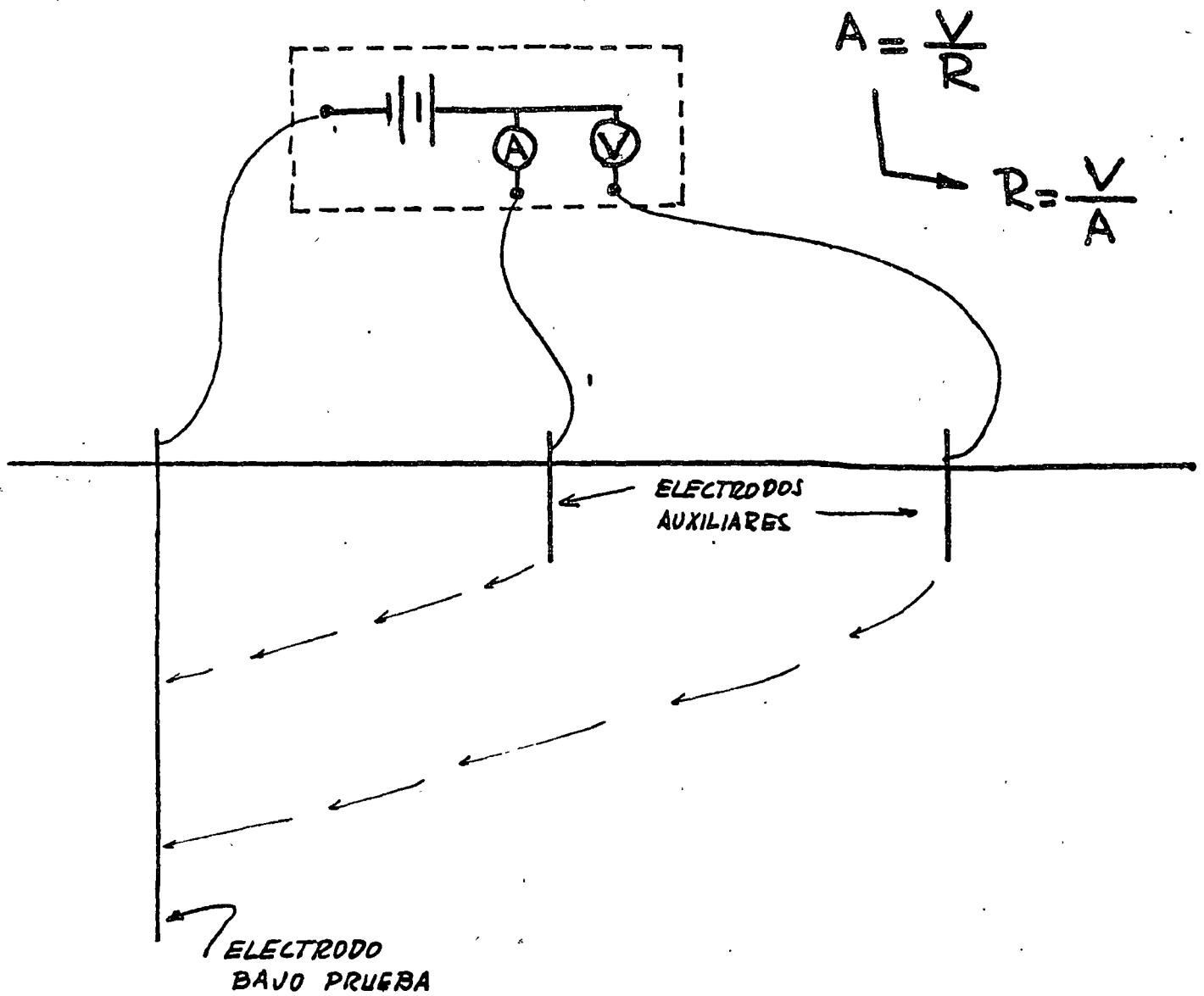
PARA EL RESTO:

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

33 TIERRAS

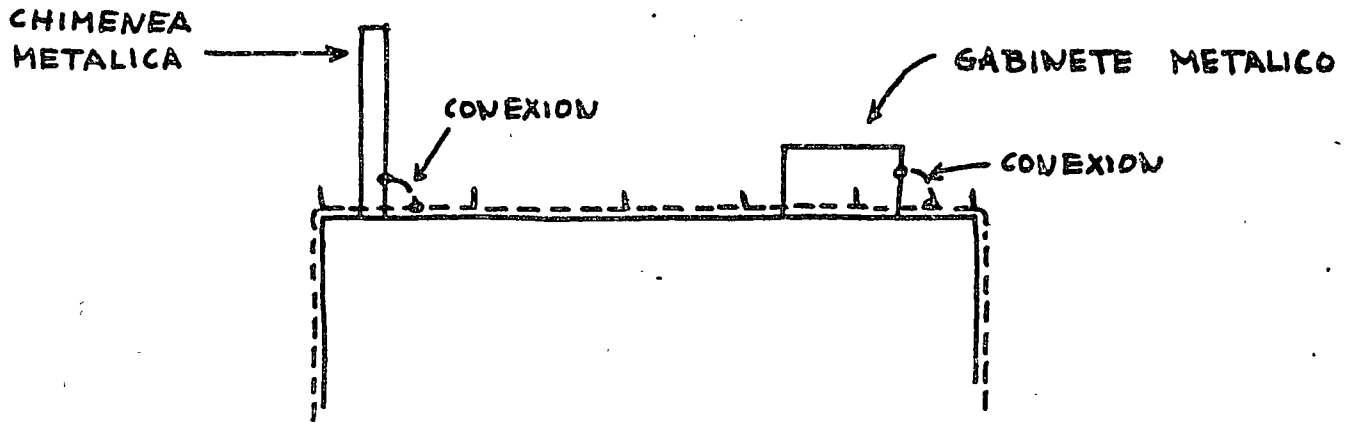
UNIFORMEMENTE ESPACIADAS.

# MEDICION RESISTENCIA a TIERRA

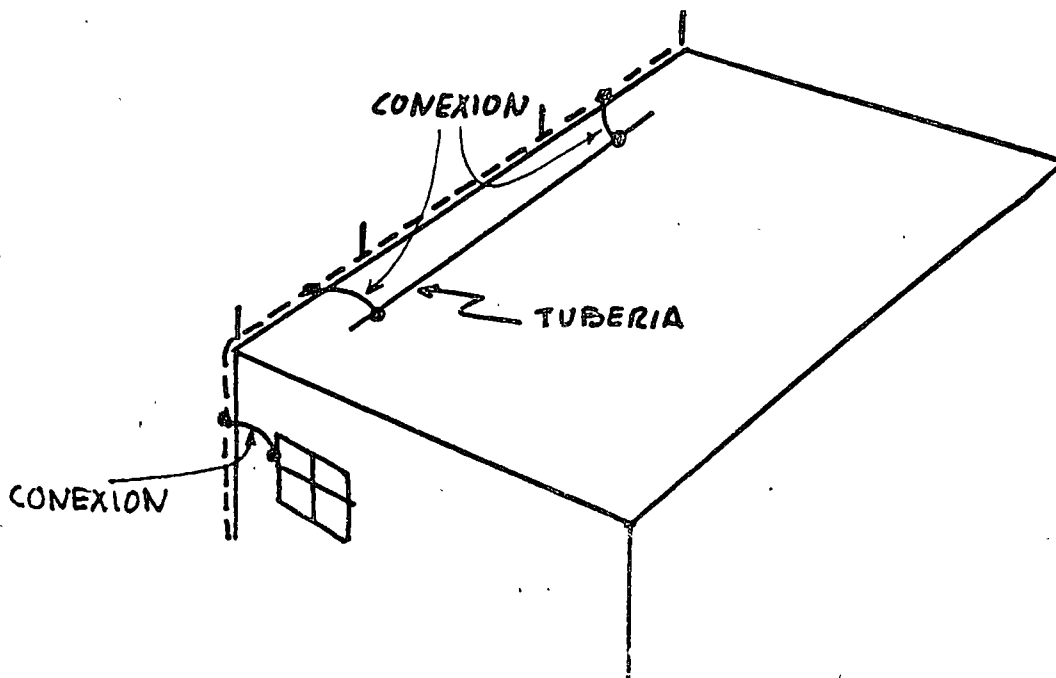


# CONEXIONES ADICIONALES

- o) CUERPOS METALICOS QUE PUEDAN RECIBIR UNA DESCARGA DIRECTA.



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



# INTERCONEXIONES

## • CON SISTEMAS PUESTOS A TIERRA

- ELECTRICOS
- COMUNICACIONES
- TUBERIAS

AGUA  
GASES

CONDICION: ELECTRODOS  
INDEPENDIENTES

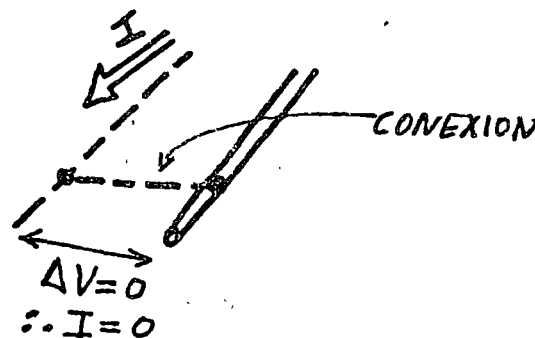
INSTALACIONES  
ELECTRICAS:

ROIE ART-

OBJETIVO :

MISMO  
POTENCIAL  
A TIERRA

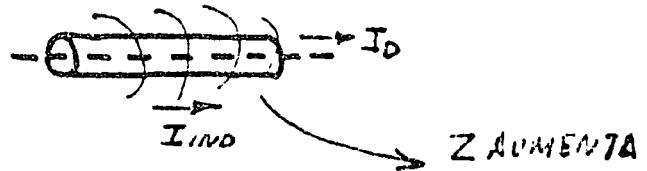
ANULAR POSIBILIDAD  
DESCARGA LATERAL





# SISTEMAS de INSTALACION

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



- ESTRUCTURALES

CONDUCTIVIDAD TOTAL GARANTIZADA

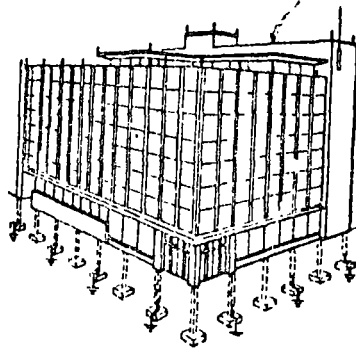


Fig. 2. Steel building: Steel framing in tall buildings should be connected to air terminals. This type of structure requires special lightning protection.

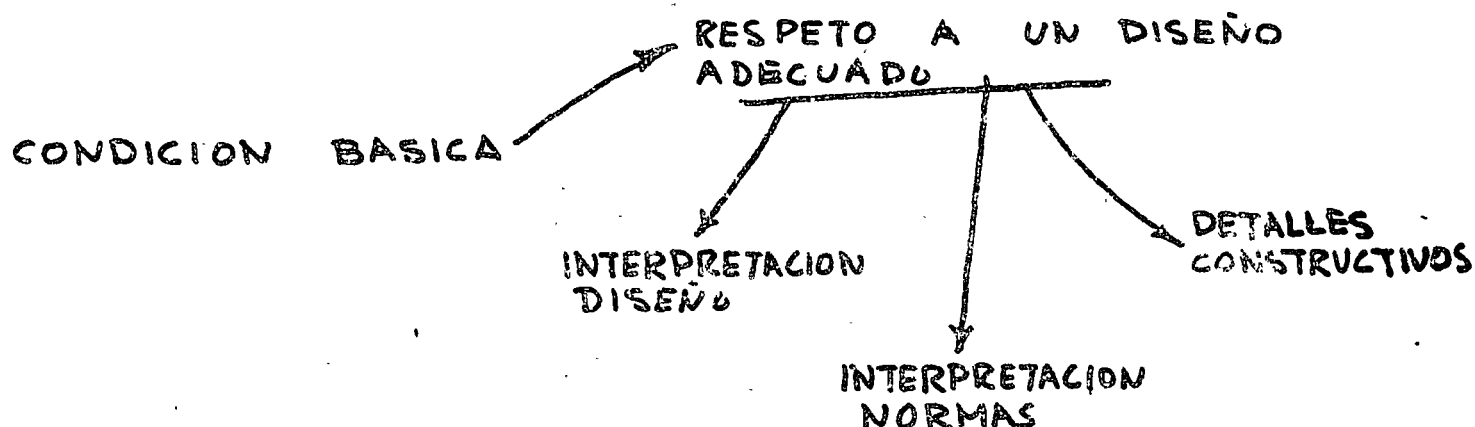
# MATERIALES

DENTRO NORMAS ESPECIFICAS "U.L."

TIPO DE CONDUCTOR: FUNCION DE ALTURA

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

# INSTALACION DEL SISTEMA



## OPERACIONES A DESARROLLAR:

- I) LOCALIZACION PUNTAS {
  - $h = +0.25$
  - SEP. PERIM = 0.60
  - SEP. % PTAS = 5.00
- II) FIJACION CONDUCTORES Y PUNTAS → RESISTENTE A AMBIENTE
- III) RECORRIDO CONDUCTORES → TRAYECTORIA DIRECTA  
CAMBIOS DIRECCION
- IV) FIJACION CONDUCTORES {
  - TENSADO
  - SEPARACION
  - RESISTENCIA al AMBIENTE
 LOCALIZACION UNIF. TIERRAS  
PROTECCION VS DAÑO MECANICO
- V) CONEXIONES → • MINIMAS • MECANICAS O FUNDIDAS (NO SOLDADURA)
- VI) POSICION ELECTRODOS TIERRA = {
  - DISTRIBUCION UNIFORME
  - FUERA CIMENTACION
  - TERRENO BAJA RESISTENCIA
- VII) INSTALACION ELECTRODOS:
  - BUEN CONTACTO
  - MEDIO P/ PRUEBA
- VIII) CONEXIONES ADICIONALES
  - ANALISIS: {
    - ELEMENTOS ALTOS
    - ELEMENTOS CERCANOS
- IX) PRUEBAS: -
  - CONTINUIDAD
  - RIGIDEZ MECANICA
  - RESISTENCIA A TIERRA

# MANTENIMIENTO



SISTEMA ESTATICO



PERMANENCIA

CONDICIONES INICIALES

## REVISION PERIODICA (MIN. ANUAL)

- 1) MODIFICACIONES ARQUITECTONICAS AZOTEA
- 2) CONEXION ELEMENTOS METALICOS QUE SE HAYAN AUMENTADO.
- 3) CONTINUIDAD ELECTRICA
- 4) MEDICION RESISTENCIA a TIERRA.
- 5) RIGIDEZ MECANICA.

# FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DECISION DE INSTALAR

EVITAR DAÑOS { DIRECTOS ( INCENDIOS, LESIONES, MUERTE ... )  
INDIRECTOS ( INTERRUPCION SERVICIOS, PRODUCCION ) .

CRITERIO DECISION :-

FUNDAMENTAL PARA UN SISTEMA DE  
- PROTECCION

--- " TENERLO y NO NECESITARLO  
- QUE NECESITARLO y NO TENERLO " ---

## FACTORES SUGERIDOS POR NFPA:

- ① FRECUENCIA DE TORMENTAS EN LA ZONA
- ② VALOR Y NATURALEZA DEL EDIFICIO Y SU CONTENIDO
- ③ RIESGO A LAS PERSONAS QUE LO OCUPAN
- ④ EXPOSICION RELATIVA
- ⑤ PERDIDAS INDIRECTAS .

# FRECUENCIA TORMENTAS

•) REGISTRO ESTADISTICO CONFIABLE  
 ↳ MEX - (?)

•) INCIDENCIA : 25,000 - 40,000 DESCARGAS  
 DIARIAS

•) PRESENTACION DATOS:

CURVAS ISOCERAUNICAS - LOCALIZAN

ZONAS EN QUE SE REGISTRAN LA  
 MISMA CANTIDAD DE DIAS AL AÑO  
 EN QUE HAN OCURRIDO DESCARGAS  
 ATMOSFERICAS;

EJEMPLO: -

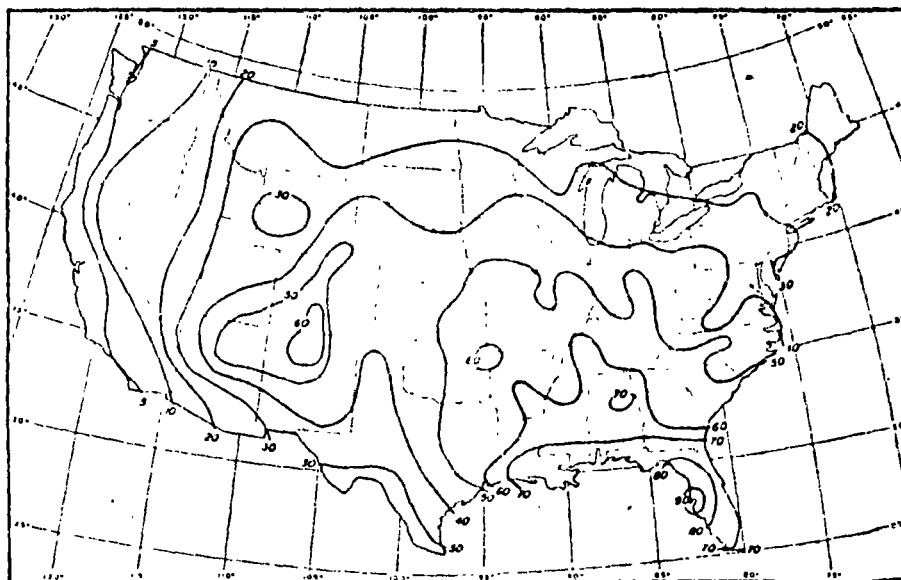


Fig. 5. US Weather Bureau's Map of the United States, with zone-lines showing number of days per year having thunder storms. Locations between lines can be interpolated — for example, if you live in Hartford, Conn. you have about 25 thunder-storm days per year; Philadelphia, Pa., 35; Kansas City, Mo., 45; Dallas, Texas, 52; etc.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

MEDIOS DE CANALIZACION

MEDIOS DE SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES

ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO

AGOSTO, 1978


# TEMA: MEDIOS DE CANALIZACION

- MEDIOS de SOPORTE Y  
PROTECCION DE LOS CONDUCTORES

## CANALIZACION ELECTRICA :- (ROIE 2.1).

"CONDUCTORES o CABLES y TUBERIAS u OTROS DUCTOS  
- Y SUS ACCESORIOS, QUE CONSTITUYEN UNA RED DE  
- UTILIZACION ELECTRICA.... EN INTERIORES DE -  
- EDIFICIOS"....

## ELEMENTOS INTEGRANTES DE UN MEDIO DE - CANALIZACION :-

- CONDUCTORES
-  - MEDIOS de SOPORTE y PROTECCION Cond.
- MEDIOS o DISPOSITIVOS DE CONTROL  
Y PROTECCION ELECTRICA

¿PROTECCION? → Vs:

- CORROSION
- DAÑO MECANICO

(ROIE 10-3)



# PROTECCION vs CORROSION

- MATERIAL RESISTENTE (Ej. AL.).
- RECUBRIMIENTO (INT y EXT) DE CAPA RESISTENTE (gelv.)
- PINTURA
  - SOLO INTERIORES
  - NO {
    - + CONDICIONES SEVERAS (EJ. PLANTAS QUIMICAS)
    - + CERCA DE COSTA

# PROTECCION vs DANO MECANICO

- SI EXISTE EXPOSICION :
  - CUBIERTA
  - RESGUARDO

# CARACTERISTICAS GENERALES

## MEDIOS de CANALIZACION

- CONTINUIDAD ENTRE 2 SALIDAS ó ACCESORIOS CONSECUTIVOS
- PUEDE ALOJAR CONDUCTORES DE DIFERENTES SISTEMAS : (MAX. 600V ) NO COMUNICACION.
- CANTIDAD DE CONDUCTORES DEBERA PERMITIR:
  - FACILIDAD PARA COLOCARLOS
  - FACILIDAD PARA REMOVERLOS
  - FACILIDAD PARA DISIPAR CALOR
- EVITAR CIRCULACION DE AIRE ENTRE PARTES DE LA CANALIZACION EXPUESTAS A DIFERENTES TEMPERATURAS.
- EVITAR CIRCULACION DE CUALQUIER CORRIENTE POR CARGA INDUCIDA
- MAS de 150V A TIERRA:
  - CONTINUIDAD ELECTRICA
  - CONEXION A TIERRA
- REDUCIR PROPAGACION INCENDIOS

## CANALIZACIONES EN R.O.I.E :-

### CAP. III -

- ART-12 LINEA ABIERTA
- ART-13 CABLE SIN FORRO METALICO SOBRE AISLADORES
- ART-14 CABLE VISIBLE CON FORRO DE PLOMO
- ART-15 MOLDURAS METALICAS SUPERFICIALES.
- ART-16 CONDUIT FLEXIBLE ó CABLE  $\varphi$ /CUBIERTA MET. FLEX.
- ART-17 TUBO CONDUIT METALICO.
- ART-18 MOLDURAS NO METALICAS. (EXTENSIONES)
- ART-19 DUCTOS BAJO EL PISO
- ART-20 CANALES METALICAS
- ART-21 DUCTOS  $\varphi$ /BARRAS.

## CANALIZACIONES SIN REGLAMENTAR:-

- CHAROLAS
- TUBO CONDUIT NO METALICO
- INSTALACIONES ENTERRADAS
- ESTRUCTURALES
- CABLES CON PROTECCION INTEGRADA
- PREFABRICADAS (ARNESES)
- PROVISIONALES

# LINEA ABIERTA

(2-1) "UNO ó VARIOS CONDUCTORES ----  
 ... SEPARADOS .... ó PARALELOS ...  
 ... NO EN DUCTO."

USO:-

NO EXPOSICION

- DAÑO MECANICO
- AMBIENTE CORROSIVO
- GASES, POLVOS, INFLAMABLES

VENTAJA :

- COSTO MATERIAL  
 INSTALACION
- AUMENTO CAPACIDAD  
 PERMISIBLE CONDUCTORES  
 (11-4)

TABLA NUMERO 2

CORRIENTE EN AMPERES PERMITIDA EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS DENTRO DE DUCTOS

Basada en temperatura ambiente de 30 C. y no más de 3 conductores en un ducto

(Para otros casos véase la Fracción 11-4.)

Temperatura permisible y material del aislamiento

CONDUCTOR Calibre AWG. o MCM.	Sección Transversal en milímetros cua- drados.	Temperatura permisible y material del aislamiento						
		60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	85°C Papel, Termoplásti- co y asbesto. Cambrey barnizado y asbesto o similar.	110°C Cambrey barnizado y asbesto o similar.	125°C Asbesto impregnado o similar.	200°C Asbesto o similar.	
14	2.081	15	15	25	30	30	30	
12	3.309	20	20	30	35	40	40	
10	5.261	30	30	40	45	50	55	
8	8.366	40	45	50	60	65	70	
6	13.30	55	65	70	80	85	95	
4	21.15	70	85	90	105	115	120	
3	26.67	80	100	105	120	130	145	
2	33.63	95	115	120	135	145	165	
1	42.41	110	130	140	160	170	190	
0	53.48	125	150	155	190	200	225	
00	67.43	145	175	185	215	230	250	
000	85.03	165	200	210	245	265	285	
0000	107.22	195	230	235	275	310	340	
250	126.68	215	255	270	315	335	...	
300	152.01	240	285	300	345	380	...	
350	177.35	260	310	325	390	420	...	
400	202.69	280	335	360	420	450	...	
500	253.36	320	380	405	470	500	...	
600	304.03	355	420	455	525	545	...	
700	354.70	385	460	490	560	600	...	
750	380.04	400	475	500	580	620	...	
800	405.37	410	490	515	600	640	...	
900	456.04	435	520	555	...	...	...	
1000	506.71	455	545	585	680	730	...	
1250	633.39	495	590	645	...	...	...	
1500	760.07	520	625	700	785	...	...	
1750	886.75	545	650	735	...	...	...	
2000	1013.43	570	665	775	840	...	...	

TABLA NUMERO 3

CORRIENTE MÁXIMA EN AMPERES PERMITIDA EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS EN LÍNEA ABIERTA

Basada en temperatura ambiente de 30°C. Para temperatura ambiente mayor aplíquense los factores de corrección dados en la Tabla Numero 2.

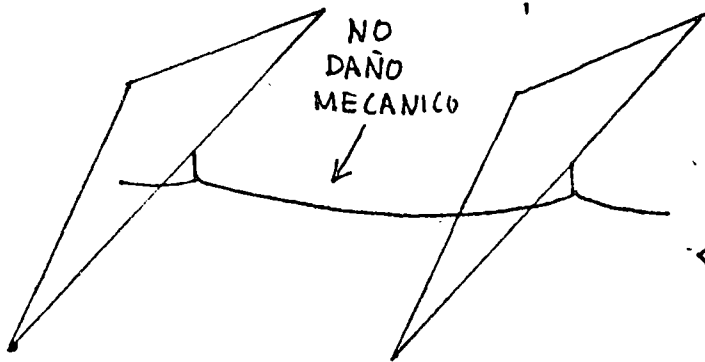
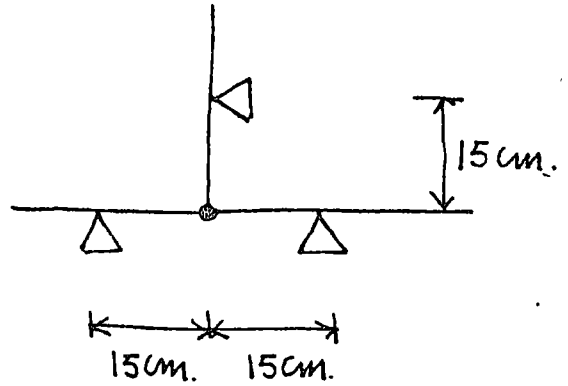
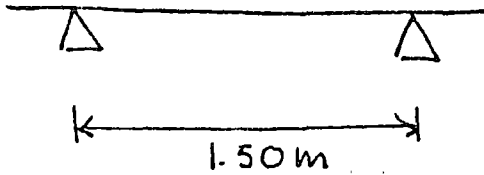
Véanse las disposiciones de la Fracción 11-4

TEMPERATURA PERMISIBLE Y MATERIAL DEL AISLAMIENTO

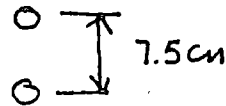
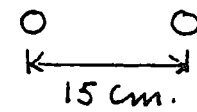
CONDUCTOR Calibre AWG. o MCM.	Sección Transversal en milímetros cua- drados.	Temperatura permisible y material del aislamiento						
		60°C Hule, Termoplásti- co o similar.	75°C Hule o similar.	80°C A prueba de intem- perie.	85°C Papel, Termoplásti- co y asbesto Cambrey barnizado y asbesto o similar.	110°C Cambrey barnizado y asbesto o similar.	125°C Asbesto impregnado o similar.	200°C Asbesto o similar.
14	2.081	20	20	30	30	40	45	
12	3.309	25	25	40	40	50	55	
10	5.261	40	40	55	55	65	75	
8	8.366	55	65	70	70	85	100	
6	13.30	80	95	100	100	120	135	
4	21.15	105	125	130	135	160	180	
3	26.67	120	145	150	155	180	195	
2	33.63	140	170	175	180	210	225	
1	42.41	165	195	205	210	245	260	
0	53.48	195	230	235	245	285	305	
00	67.43	225	265	275	285	330	355	
000	85.03	260	310	320	330	385	410	
0000	107.22	300	360	370	385	445	475	
250	126.68	340	405	410	425	495	520	
300	152.01	375	445	460	480	555	590	
350	177.35	420	505	510	530	610	655	
400	202.69	455	545	555	575	665	710	
500	253.36	515	620	630	660	765	815	
600	304.03	575	690	710	740	855	910	
700	354.70	630	755	780	815	940	1005	
750	380.04	655	785	810	845	980	1045	
800	405.37	680	815	845	880	1020	1085	
900	456.04	730	870	905	940	...	...	
1000	506.71	780	935	965	1000	1165	1240	
1250	633.39	890	1065	...	1130	...	...	
1500	760.07	980	1175	...	1260	1450	...	
1750	886.75	1070	1280	...	1370	...	...	
2000	1013.43	1155	1385	1405	1470	1715	...	

# MONTAJE

## CONDICIONES MINIMAS

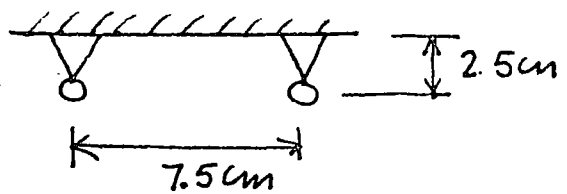
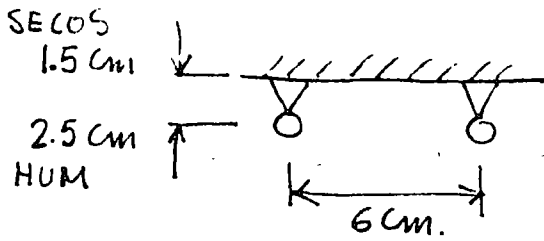


# BAWG MINIMO



300 V

600 V

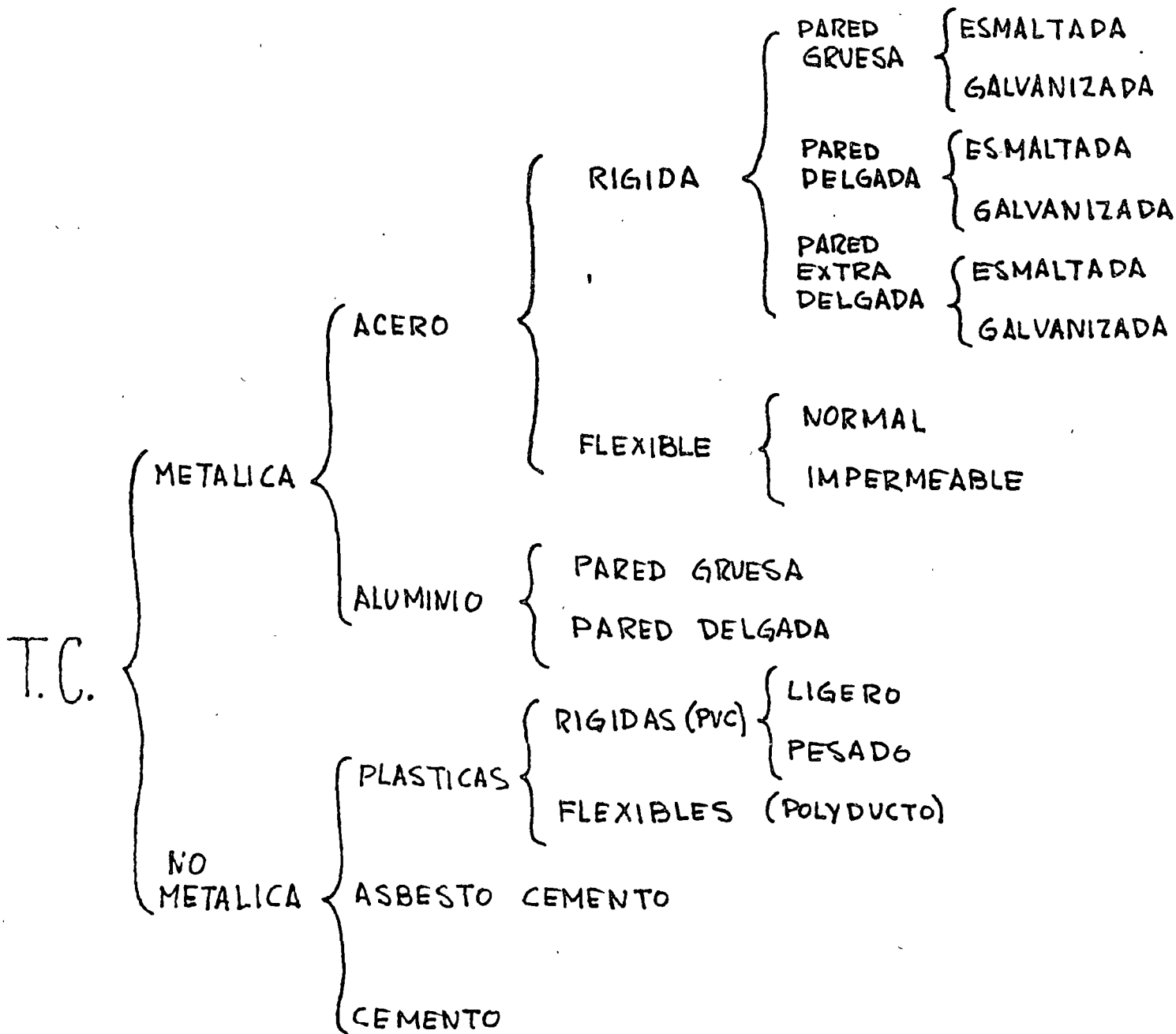


# CANALIZACION CON TUBERIA "CONDUIT"

"CONDUIT" = TUBERIA DISEÑADA Y FABRICADA ESPECIALMENTE PARA ALOJAR CONDUCTORES.

- SUPERFICIE INTERIOR ADECUADA.
- PERMITE DOBLEZ.

## TIPOS DE TUBERIA CONDUIT:





# VENTAJAS del TUBO CONDUIT METALICO

- ) PROTECCION vs CORROSION
- ) PROTECCION MECANICA
- ) CONTINUIDAD ELECTRICA
- ) ESTANQUEIDAD
- ) APARIENCIA

# ANALISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS DIVERSAS TUBERIAS CONDUIT METALICAS.

	ALUMINIO		A C E R O					
	P.G.	P.D.	P.G.		P.D.		P.E.D.	
			GALV.	ESM.	GALV.	ESM.	GALV.	ESM.
PROTECCION vs CORROSION	1	2	3	6	4	7	5	8
PROTECCION MECANICA	2	4	1	1	3	3	5	5
CONTINUIDAD ELECTRICA	1	3	2	2	4	4	5	5
ESTANQUEIDAD	1	2	1	1	3	3	4	4
APARIENCIA	1	4	2	3	5	7	6	8

## USOS TÍPICOS de las TUBERIAS CONDUIT

- PARED GRUESA GALV.	INDUSTRIA - INTERIOR, EXT. - APARENTE
- PARED GRUESA ESM.	INDUSTRIA - INTERIOR - OCULTA
- PARED DELG. GALV.	RESIDENCIAL EXTERIOR
- PARED DELG. ESM.	RESIDENCIAL INTERIOR - OCULTA.
- PARED EXT. DELG. GALV.	RESIDENCIAL ECONOMICA - EXTERIOR
- PARED EXT. DELG. ESM.	RESIDENCIAL ECONOMICA - INTERIOR - OCULTA.
- FLEXIBLE NORMAL	CONEXION EQUIPOS - POSIBLE MOV. LUGARES SECOS
- FLEXIBLE IMPERM.	CONEXION EQUIPOS - POSIBLE MOV. LUGARES HUMEDOS.
- ALUMINIO P.G.	IND. QUIMICA - AMB. CORROSIVO - RESIST. MECANICA
- ALUMINIO P.D.	IND. QUIMICA - AMB. CORROSIVO -
- PLASTICA RIG. PESADA	JARDINES - EXTERIORES
- PLASTICA RIG. LIGERA	INTERIOR - RESIDENCIAL
- PLASTICA FLEXIBLE	RESIDENCIAL ECONOMICA - EMPOTRADA.
- ASBESTO CEMENTO	DIST. EXTERIOR - ENTERRADA.
- CEMENTO	ALUMBRADO PUBLICO



# TUBERIA PARED GRUESA

VS

# TUBERIA PARED DELGADA.

DIFERENCIA:-

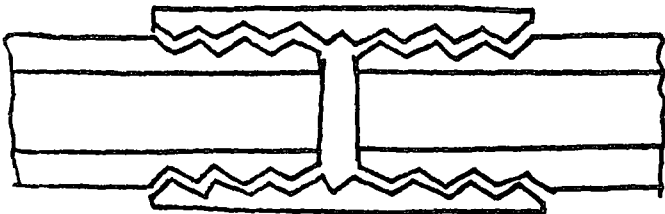
P.G. se puede roscar.

P.D. no se puede roscar

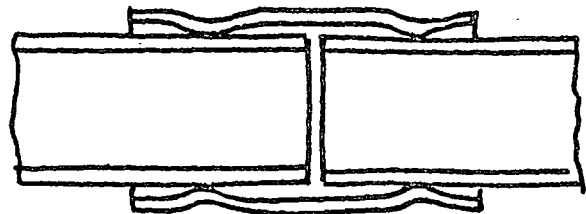


ACOPLAMIENTO

P.G.



P.D.



MAS RIGIDEZ  
MEJOR CONTINUIDAD.  
MEJOR ESTANQUEIDAD.

# TUBERIA PLASTICA

(POLYDUCTO)

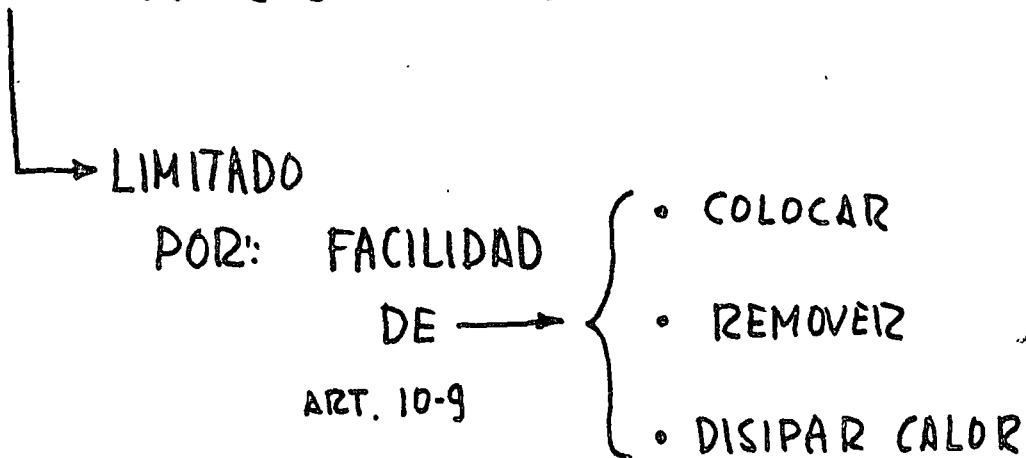
## PROBLEMAS.

- ) ES COMBUSTIBLE
  - SÓLO USARLA EMPOTRADA
- ) NO ES ELECTRICAMENTE CONTINUA
  - USAR UN CONDUCTOR EXTRA (DESNUDO) DE PUESTA A TIERRA
- ) POCA RESISTENCIA MECANICA
  - CUIDADO EXTRA.
  - PROTECCIONES.

# CONDICIONES de DISEÑO:-

•) DIAMETRO MINIMO : 13mm (1/2") ART. 17-4

•) NUMERO PERMITIDO de CONDUCTORES:



•) AREA UTIL (FACTOR de RELLENO).

INSTALACION NUEVA.	{	1 CONDUCTOR ————— 55% de AREA INT		
		2 CONDUCTORES ————— 30%	✓	✓
		3 o MAS CONDUCTORES — 40%	✓	✓

REPARACION	{	1 CONDUCTOR ————— 60%	✓	✓
		2 CONDUCTORES ————— 40%	✓	✓
		3 o MAS CONDUCTORES — 50%	✓	✓

EJEMPLO :-

4 CONDUCTORES #14 — 34.8 mm<sup>2</sup>  
 2 CONDUCTORES #8 — 79.0 mm<sup>2</sup>  
 3 CONDUCTORES #10 — 43.0 mm<sup>2</sup>  
 9 COND. TOTAL-156.8 mm<sup>2</sup>

138 < 156.8 < 223  
 ↑ 40%-19mm      ↑ 40%-25mm

FACTOR RELLENO = 40%

∴ DEBE SER

25 mm

TABLA DE FACTOR DE RELLENO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

TUBERIA CONDUIT JUPITER									
DIAMETRO NOMINAL EN mm.	DIAMETRO INTERIOR EN mm.	SECCION INTERIOR EN mm <sup>2</sup>	SECC. UTIL EN INSTALACIONES NUEVAS				SECC. UTIL EN REPARACION		
			1 COND. 53% 138	2 COND. 31% 107	3 COND. 43% 148	4 ó MAS 40% 138	1 COND. 50% 206	2 COND. 40% 138	3 ó MAS 50% 172
13	17.45	241.9	104	61	84	76	118	78	98
19	22.36	392.3	182	107	148	138	206	138	172
25	28.20	624.5	295	173	240	223	334	223	279
32	36.70	1 057.7	511	299	415	386	579	386	482
36	42.60	1 425.0	696	407	565	526	788	526	627
51	54.34	2 319.1	1 147	671	931	866	1 299	866	1 082
63	66.16	3 437.5	1 637	957	1 328	1 235	1 853	1 735	1 544
76	82.06	5 288.5	2 527	1 478	2 057	1 907	2 861	1 907	2 384
102	106.70	8 941.6	4 353	2 546	3 532	3 285	4 928	3 285	4 107

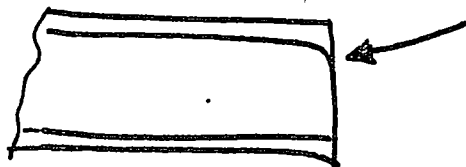
SECCION DE CONDUCTORES CON FORRO TW

CALIBRE AWG O MC	DIAMETRO APROX. m.m.	SECCION APROXIMADA m.m <sup>2</sup>	2 HILOS m.m <sup>2</sup>	3 HILOS m.m <sup>2</sup>	4 HILOS m.m <sup>2</sup>	5 HILOS m.m <sup>2</sup>	6 HILOS m.m <sup>2</sup>	7 HILOS m.m <sup>2</sup>	8 HILOS m.m <sup>2</sup>
18	2.69	5.683	11.4	17.0	22.7	28.4	34.1	39.8	45.5
16	3.00	7.069	14.1	21.2	28.3	35.3	42.4	49.5	56.6
14	3.33	8.709	17.4	26.1	34.8	43.5	52.3	61.0	69.7
12	3.76	11.104	22.2	33.3	44.4	55.5	66.6	77.7	88.8
10	4.27	14.320	22.6	43.0	57.3	71.6	85.9	100.2	114.6
8	5.79	26.330	52.7	79.0	105.3	131.7	158.0	184.3	210.6
6	8.20	52.812	109.6	158.4	211.2	264.1	316.9	369.7	422.5
4	9.54	70.138	140.3	210.4	286.6	350.7	420.8	491.0	561.1
3	10.19	81.583	163.1	244.7	326.2	407.8	489.3	570.9	652.4
2	11.00	95.033	190.1	285.1	380.1	475.2	570.2	665.2	760.3
1	12.90	130.698	261.4	392.1	522.7	653.5	784.2	914.9	1 045.6
0	13.94	152.621	305.2	457.9	610.9	763.1	915.7	1 068.3	1 221.0
00	15.11	179.316	358.6	537.9	717.3	896.6	1 075.9	1 255.2	1 434.5
000	16.43	211.014	422.0	633.0	844.1	1 055.1	1 266.1	1 477.1	1 688.1
0000	17.91	251.931	503.6	755.8	1 007.7	1 259.7	1 511.6	1 763.5	2 015.4
250,000	20.02	314.188	629.6	944.4	1 259.2	1 573.9	1 888.7	2 203.5	2 518.3
300,000	21.42	360.017	720.0	1 080.1	1 440.1	1 800.1	2 160.1	2 520.1	2 880.1
350,000	22.73	405.778	811.6	1 217.3	1 623.1	2 028.9	2 434.7	2 840.4	3 346.4
400,000	23.93	449.754	899.5	1 349.3	1 799.0	2 248.8	2 698.5	3 148.3	3 598.0
500,000	26.14	536.662	1 073.3	1 610.0	2 146.6	2 683.3	3 220.0	3 756.6	4 293.3
600,000	29.03	661.687	1 323.8	1 985.7	2 647.5	3 309.4	3 971.3	4 633.2	5 295.1
700,000	30.48	729.629	1 459.3	2 189.0	2 916.3	3 648.3	4 378.0	5 109.8	5 837.3
800,000	32.56	832.643	1 665.3	2 497.9	3 330.6	4 163.2	4 995.9	5 828.5	6 661.1
900,000	34.16	916.186	1 833.0	2 749.5	3 665.9	4 582.0	5 499.0	6 415.0	7 332.0
1,000,000	35.66	998.740	1 997.0	2 996.0	3 995.0	4 994.0	5 992.0	6 991.0	7 990.0

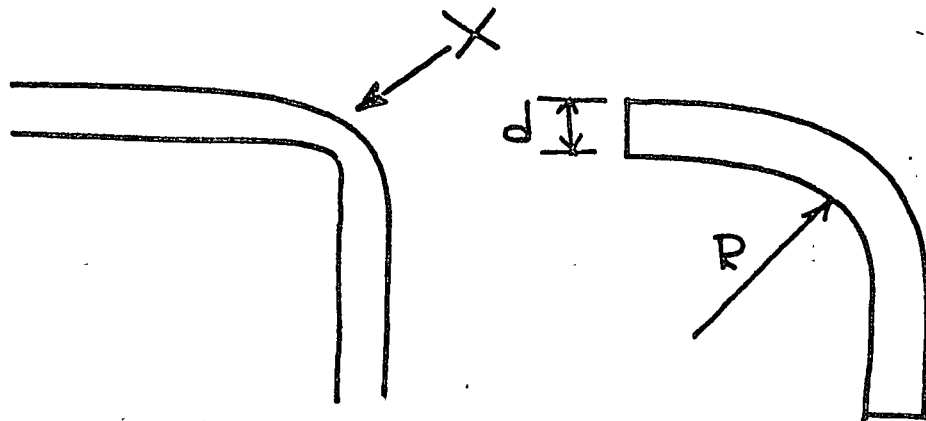


# CONDICIONES de MONTAJE:-

① ESCARIADO

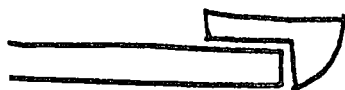


② DOBLADO



$$R \geq 6d$$

③ MONITORES:



④ CURVAS :-

Nº MAXIMO

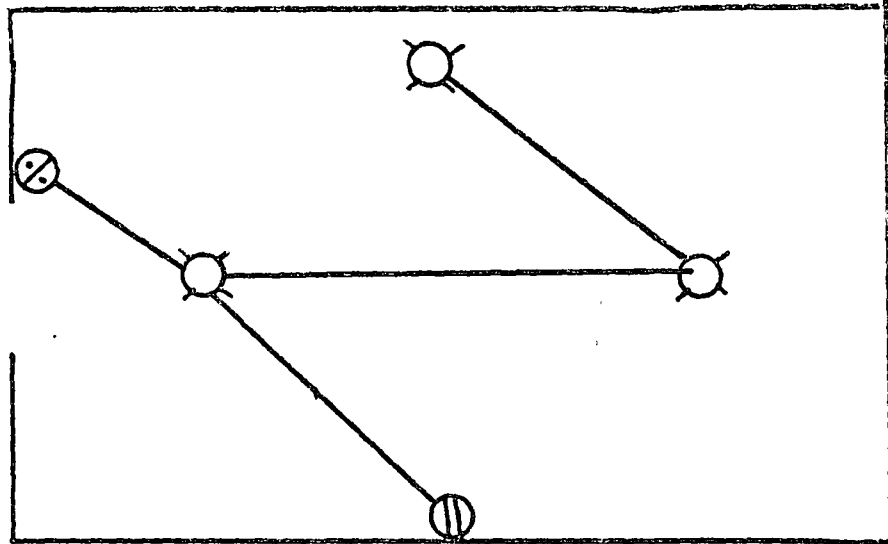
•) RECOMENDABLE → 2 de 90°



•) PERMITIDO → 4 de 90° (CON RADIO AMPLIO).

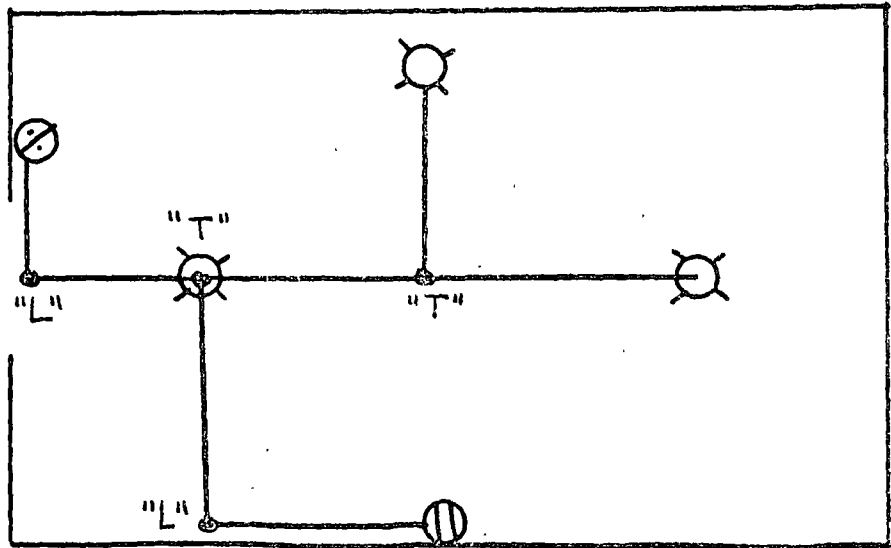
# TRAYECTORIAS:

INSTALACION OCULTA:



TRAYECTORIAS LO MAS CORTAS POSIBLE →

INSTALACION APARENTE:



TRAYECTORIAS PARALELAS A EJES ESTRUCTURALES →

# CAJAS de CONEXIONES

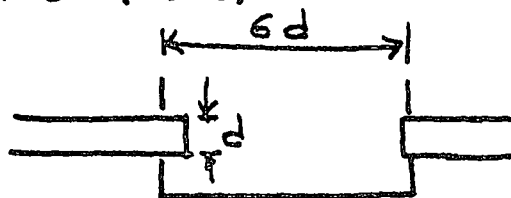
•) LOS CONDUCTORES DEBEN SER CONTINUOS EN EL INTERIOR DE LAS TUBERIAS

- ) FIN CAJAS :
- ) CONEXION a UTILIZACION
  - ) CONEXIONES de CABLES
  - ) FACILIDAD PARA CABLEAR.

•) DIMENSIONES CAJAS :-

PROFUNDIDAD MINIMA (22-2)  $\rightarrow$  35mm (1 3/8" EX.)

ANCHO MINIMO (22-3)



•) NUMERO MAXIMO de CONDUCTORES CONTENIDO :-

VOLUMEN OCUPADO  
POR CONDUCTORES  
MAS CONEXIONES



60% del volumen  
interior o espacio  
Libre

# Nº CONDUCTORES EN CAJAS

70-166

NATIONAL ELECTRICAL CODE

**Table 370-6(a)(1). Deep Boxes**

Box Dimensions, Inches Trade Size	Cubic Inch Cap.	Maximum Number of Conductors			
		No. 14	No. 12	No. 10	No. 8
3 1/4 x 1 1/2 Octagonal	10.9	5	4	4	3
3 1/2 x 1 1/2 "	11.9	5	5	4	3
4 x 1 1/2 "	17.1	8	7	6	5
4 x 2 1/8 "	23.6	11	10	9	7
4 x 1 1/2 Square	22.6	11	10	9	7
4 x 2 1/8 "	31.9	15	14	12	10
4 1/4 x 1 1/2 Square	32.2	16	14	12	10
4 1/4 x 1 1/2 x 2 1/8 "	46.4	23	20	18	15
3 x 2 x 1 1/2 Device	7.9	3	3	3	2
3 x 2 x 2 "	10.7	5	4	4	3
3 x 2 x 2 1/4 "	11.3	5	5	4	3
3 x 2 x 2 1/2 "	13	6	5	5	4
3 x 2 x 2 3/4 "	14.6	7	6	5	4
3 x 2 x 3 1/2 "	18.3	9	8	7	6
4 x 2 1/8 x 1 1/2 "	11.1	5	4	4	3
4 x 2 1/8 x 1 7/8 "	13.9	6	6	5	4
4 x 2 1/8 x 2 1/8 "	15.6	7	6	6	5

See Section 370-18 where boxes are used as pull and junction boxes

**Table 370-6(a)(2) Shallow Boxes**

Box Dimensions, Inches Trade Size	Maximum Number of Conductors		
	No. 14	No. 12	No. 10
3 1/4	4	4	3
4	6	6	4
4 1/4 x 4 Square	9	7	6
4 1/4 x 6	8	6	6

Any box less than 1 1/2-inch deep is considered to be a shallow box

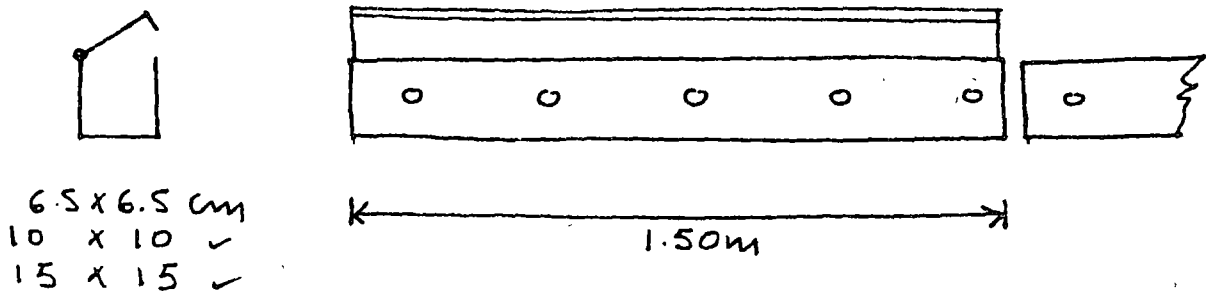
**Table 370-6(b). Volume Required Per Conductor**

Size of Conductor	Free Space Within Box for Each Conductor
No. 14	2 cubic inches
No. 12	2.25 cubic inches
No. 10	2.5 cubic inches
No. 8	3 cubic inches
No. 6	5 cubic inches

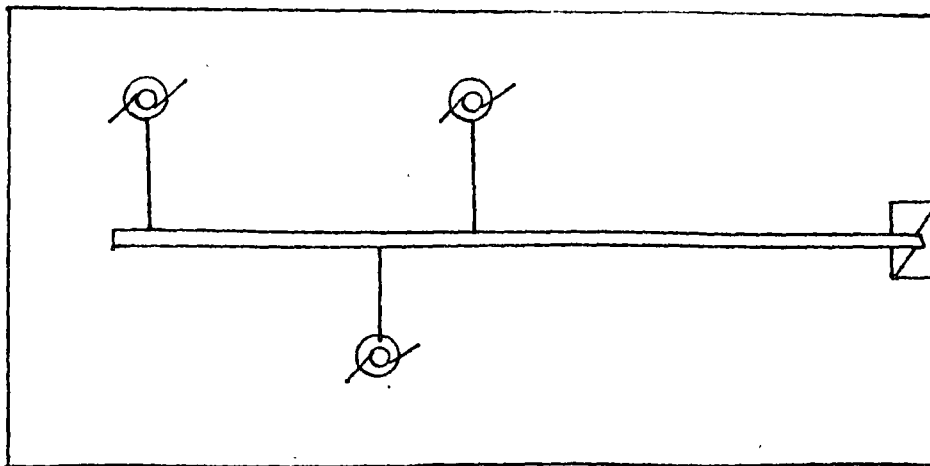
# CANALIZACION a BASE de DUCTOS METALICOS

- ) DUCTO EMBISAGRADO (Lay-In)
- ) DUCTO ALIMENTADOR (Feed-In)
- ) DUCTO DISTRIBUIDOR (Plug-In).

## I) DUCTO EMBISAGRADO (ART. 20).-

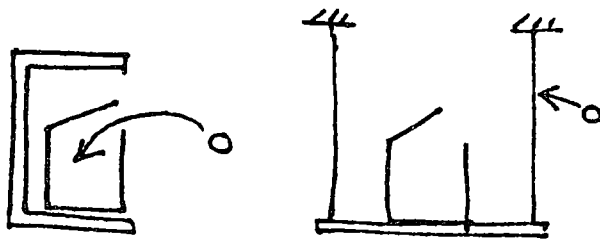


USO: -



## LIMITACIONES :-

- ) INTERIORES
- ) APARENTES
- ) LUGARES SECOS
- ) NO EXPUESTO a DAÑO MECANICO
- ) NO EXPUESTO a GASES, VAPORES, etc.
- ) NO MAS de 30 CONDUCTORES  
(excepto control)
- ) SOPORTE CADA 1.5m. (3m → construcciones especiales).



- ) PUEDEN EXISTIR CONEXIONES INTERIORES, CON UN FACTOR de RELLENO de 75%. (NEC-362-6).

VENTAJAS:-

- INSTALACION RAPIDA
- CABLEADO SENCILLO
- GRAN FLEXIBILIDAD
- ECONOMIA vs SECCIONES EQUIVALENTES de TUBERIA.  
(Fact. Relleno = 40%).

COSTO POR mm<sup>2</sup> UTILIZABLE :-

TUBO CONDUIT GALV	13mm.	AREA UTIL (mm <sup>2</sup> )	COSTO (%)
✓	✓	78	100
✓	✓	136	83
✓	✓	222	77
✓	✓	390	66
✓	✓	530	61
✓	✓	870	47
✓	✓	1240	66
✓	✓	1590	64
✓	✓	3300	48
DUCTO 6.5x6.5cm		1690	54
DUCTO 10x10cm		4000	27
DUCTO 15x15cm		9000	24

# DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO

Número máximo de conductores de un mismo calibre que pueden ser alojados en los ductos.  
 No requiere degradación de la capacidad del conductor hasta máx. 10 conductores

Calibre del conductor	Área del cable con forro en cm <sup>2</sup> Tipo TW, THW	No. Máximo de Conductores en Ducto †		
		6.5 x 6.5 cm	10 x 10 cm.	15 x 15 cm.
14	0.102	92	237	533
12	0.132	72	186	428
10	0.166	55	142	321
8	0.322	30	78	176
6	0.515	15	39	87
4	0.650	11	29	66
3	0.785	9	25	57
2	0.950	8	21	48
1	1.267	6	15	35
0	1.474	5	12	30
00	1.767	4	9	25
000	2.011	3	7	21
0000	2.405	3	8	18
250000	3.516	2	6	14
300000	3.496	2	5	12
400000	4.374	1	4	10
500000	5.183	1	3	8

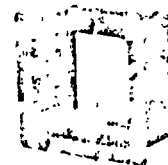
† EL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS, limita a 30 conductores el número de los que se pueden instalar en un ducto, a no ser que los alambres en exceso de 30, sean para circuitos de señales o de control para motor y se usen solamente en el período de arranque.



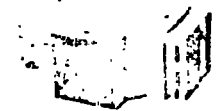
REGISTRO



NIPLE



ADAPTADOR



TEE

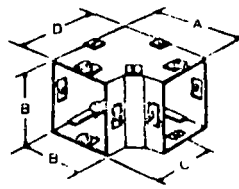


REDUCTOR

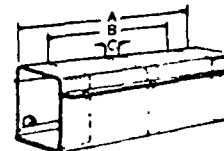


TELESCOPIO

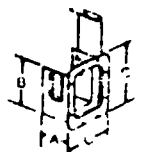
TRAMO RECTO



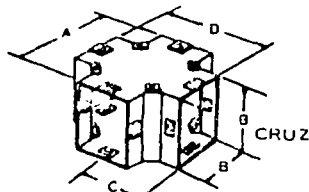
CORDO 90°



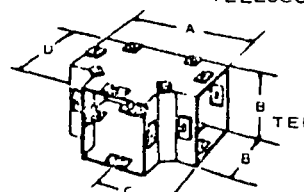
TELESCOPIO



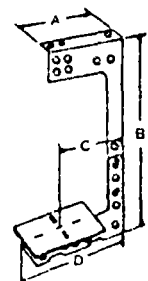
ADAPTADOR



CRUZ



TEE



COLGADOR

## DUCTO CUADRADO DIMENSIONES

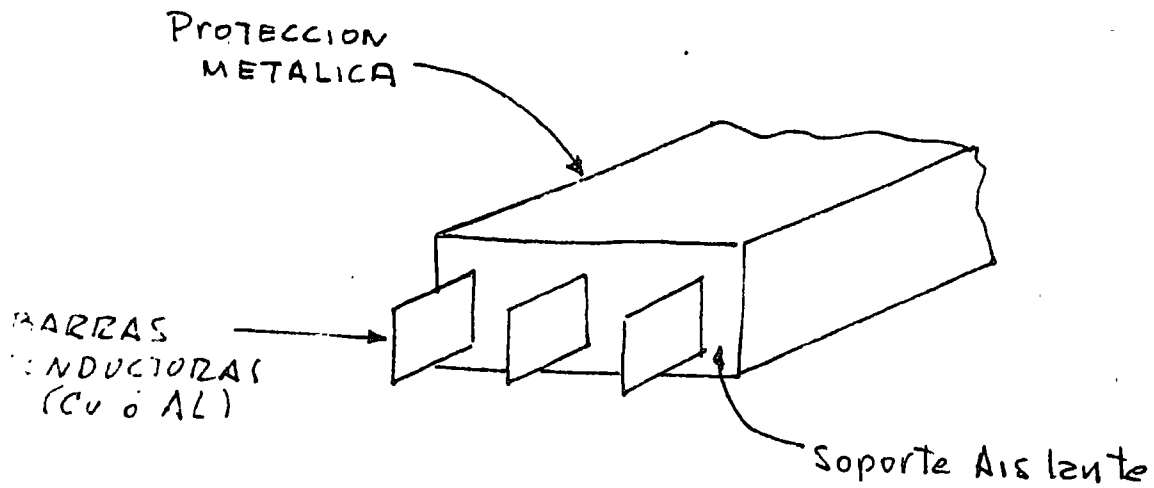
(Anotaciones en mm.)

DUCTO 6.5 x 6.5 cm.					DUCTO 10 x 10 cm.					DUCTO 15 x 15 cm.				
CAT. No.	A	B	C	D	CAT. No.	A	B	C	D	CAT. No.	A	B	C	D
LD21	304	66	66	—	LD41	304	105	105	—	LD61	304	155	155	—
LD22	309	66	66	—	LD42	609	105	105	—	LD62	609	155	155	—
LD25	1524	66	66	—	LD45	1524	105	105	—	LD65	1524	155	155	—
LD250L	157	66	64	117	LD450L	157	105	105	157	LD690L	222	157	144	222
LD255L	73	66	—	73	LD445L	89	105	—	89	LD645L	127	16	—	127
LD255L	59	66	—	59	LD425L	67	105	—	67	LD625L	92	157	—	92
LD2T	168	66	94	117	LD4T	205	105	103	156	LD6T	289	156	144	222
LD2J	168	66	94	168	LD4J	206	105	103	206	LD6J	289	156	144	289
LD2TF	381	292	13	—	LD4PB	367	105	—	367	LD6PB	500	156	—	500
LD2H	110	254	81	111	LD4TF	381	292	13	—	LD6TF	381	292	13	—
LD2A	82	67	92	—	LD4H	110	295	100	152	LD6H	138	431	129	206
					LD44A	82	105	130	—	LD66A	113	156	194	—



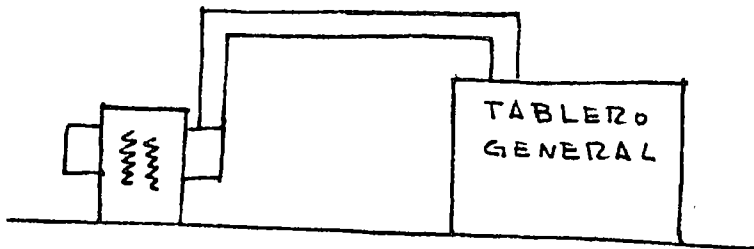


# DUCTO ALIMENTADOR



USO :- ALIMENTAR GRANDES CARGAS

EJ :-



- VENTAJAS:-
- ) BAJA IMPEDANCIA
  - ) RESISTENCIA MECANICA.
  - ) RESISTENCIA a CTES C.C.
  - ) FACILIDAD de INSTALACION

# DUCTO ALIMENTADOR - USO

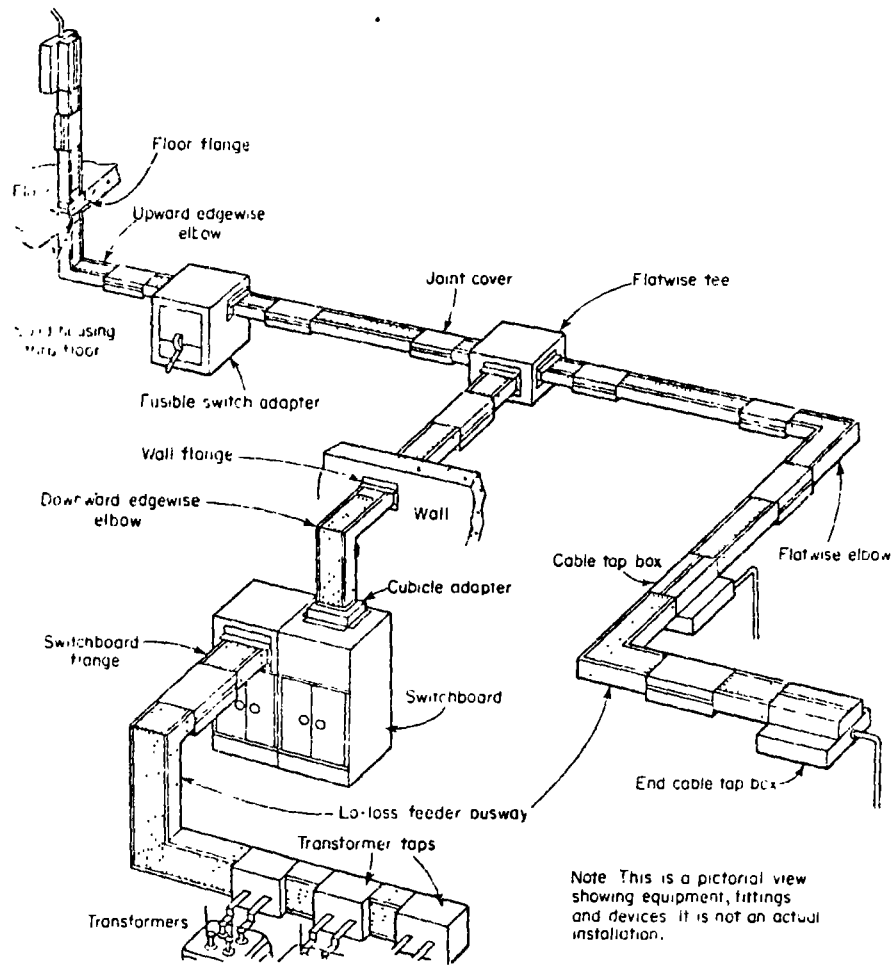


FIG. 162 Typical low-voltage-drop feeder busway system. (National Electric Div., H. K. Porter Co., Inc.)

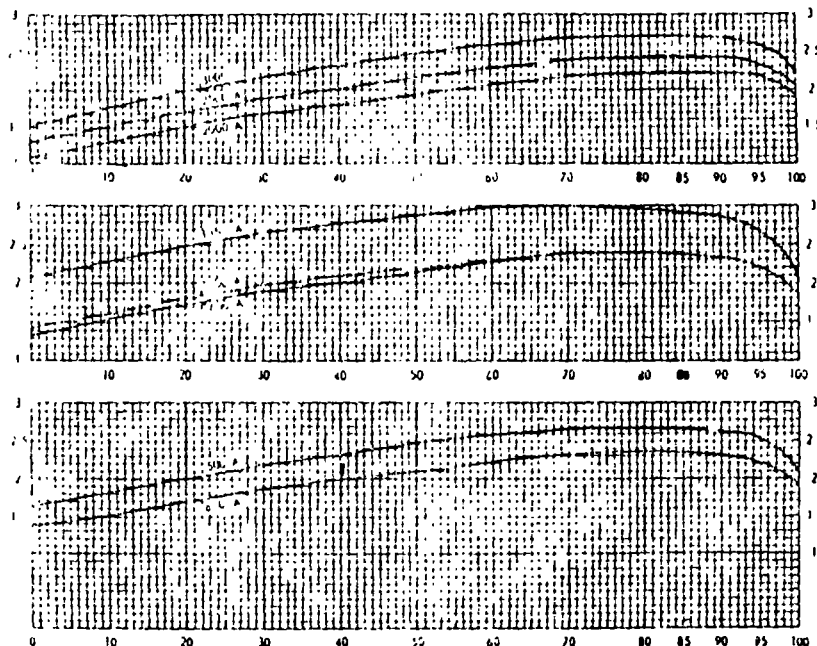
# ELECTRODUCTO ALIMENTADOR FEED-IN

## CURVAS DE CAIDA DE VOLTAJE

ELECTRODUCTO DE COBRE FEED-IN - 3 POLOS - 600V

Promedio de caída de voltaje en volts de línea a línea por 100 pies de longitud, en sistema trifásico a la capacidad nominal, con carga trifásica balanceada al final de la trayectoria.

Promedio de caída de voltaje en volts por 100 pies de longitud.



FACTOR DE POTENCIA EN % DE LA CARGA TRIFASICA

### TABLA DE CAIDA DE VOLTAJE

Rango en amperes	R Resistencia en OHMS por 100 pies línea a neutro	X Reactancia en OHMS por 100 pies línea a neutro	FACTOR DE POTENCIA EN % DE LA CARGA TRIFASICA												
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	85	90	95	100
600	0.204	0.0156	1.62	1.82	2.01	2.16	2.34	2.46	2.57	2.64	2.67	2.65	2.61	2.52	2.12
800	0.140	0.0106	1.33	1.52	1.69	1.85	1.99	2.12	2.23	2.31	2.35	2.35	2.32	2.26	1.94
1000	0.108	0.0084	1.46	1.64	1.80	1.95	2.08	2.19	2.29	2.35	2.38	2.36	2.32	2.23	1.87
1750	0.075	0.0059	2.06	2.29	2.47	2.63	2.77	2.88	2.97	3.01	2.98	2.94	2.86	2.72	2.17
1800	0.077	0.0060	1.39	1.57	1.74	1.89	2.03	2.16	2.25	2.33	2.36	2.35	2.32	2.25	1.91
2000	0.085	0.0063	1.14	1.33	1.50	1.67	1.81	1.95	2.06	2.15	2.21	2.22	2.21	2.17	1.91
2500	0.048	0.0030	1.30	1.50	1.69	1.86	2.02	2.17	2.29	2.38	2.44	2.45	2.44	2.38	2.08
3000	0.043	0.0030	1.56	1.77	1.98	2.16	2.32	2.47	2.59	2.66	2.72	2.72	2.70	2.62	2.24

Ejemplo de calculo para electroducto de 1000 Amps con 50 % de F.P.

Caída de voltaje:  $V_D = I \times (R \cos \theta + X \sin \theta)$   
 $V_D = 1000 \times (0.00108 \times 50 + 0.00084 \times 866)$   
 $= 19 \text{ Volt. } / 100 \text{ pies}$

- 1 - Para caída de voltaje línea a línea, carga trifásica balanceada de 4 hilos, usar los valores de las curvas o tabla.
- 2 - Para caída de voltaje línea a neutro, carga trifásica balanceada, multiplíquense los valores por 0.577.
- 3 - Para caída de voltaje en sistema monofásico, multiplíquense los valores por 1.15.
- 4 - Para valores de corriente diferentes al nominal, multiplíquense los valores por la relación  $\frac{\text{corriente real}}{\text{corriente nominal}}$ .
- 5 - Para diferentes longitudes, multiplíquense los valores por la relación  $\frac{\text{long. real en pies}}{100 \text{ pies}}$ .
- 6 - Para caídas de voltaje al final de la trayectoria con carga uniformemente distribuida, usar la mitad de los valores.



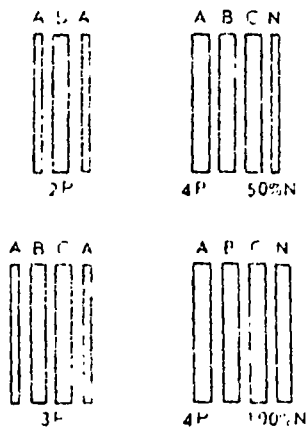
# ELECTRODUCTO ALIMENTADOR FEED-IN

## CONTENIDO DE SOLERAS DE COBRE, PESO Y DIMENSIONES

RANGO EN AMPERES	CONTENIDO SOLERAS DE COBRE (mm.)			PESO POR METRO EN KG.				DIMENSIONES EN mm.				
	FASE "A" 2 y 3 POLOS	ØB 2P, ØB y C 3P ØA, B, C y 100%N-4P.	50% NEUTRO	2P.	3P.	50% N 4P.	100% N 4P.	H	W			
									2P.	3P.	50% N 4P.	100% N 4P.
500A	25-3X51	15-6X51	15-3X51	25	30	31.5	33	219	54	67	70	73
900A	25-3X76	15-6X76	15-3X76	27.5	34.5	36.5	39	219	54	67	70	73
1000A	25-3X101	15-6X101	15-3X101	30.5	39	42	45	219	54	67	70	73
1350A	25-4X101	15-8X101	15-4X101	33.5	43	47	51	219	57	72	76	80
1600A	25-3X152	15-6X152	15-3X152	44	57	61	66	321	54	67	70	73
2000A	45-3X101	25-6X101	25-3X101	50	66	71.5	77	321	54	67	70	73
2500A	45-3X114	25-6X114	25-3X114	59	78	84	90	422	54	67	70	73
3000A	45-3X152	25-6X152	25-3X152	68	91	100	108	422	54	67	70	73
4000A	85-3X101	45-6X101	45-3X101	100	131	143	154	—	—	—	—	—
5000A	85-3X114	45-6X114	45-3X114	118	155	168	180	—	—	—	—	—
6000A	85-3X152	45-6X152	45-3X152	136	182	200	216	—	—	—	—	—

H. *terceras dobles*: en 4000A, son 2 de 2000A, en 5000A, son 2 de 2500A, en 6000A, son 2 de 3000A.  
 Barras espueradas: 76 mm. (cinto con canto).

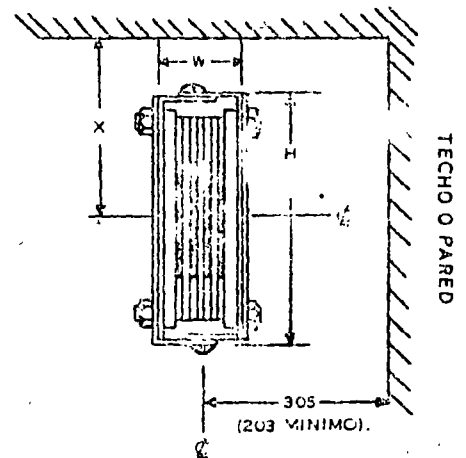
### ACCOMODO DE SOLERAS



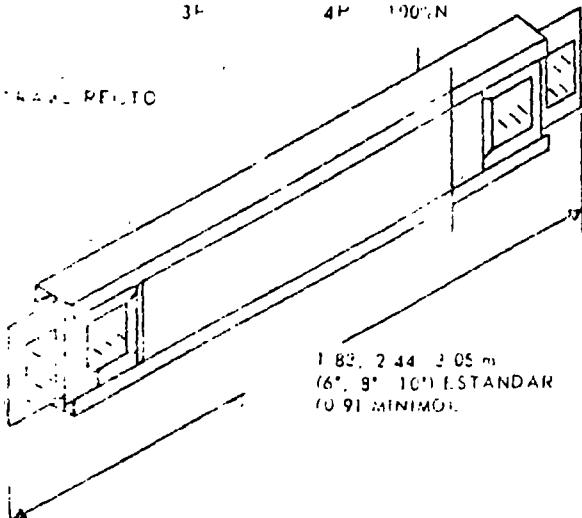
Espacio recomendado al techo o pared

RANGO AMPERES	X (mm.)
600-1000	203
1350	203
1600-2000	254
2500-3000	305

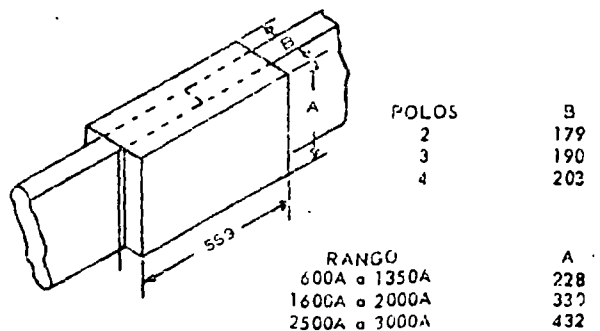
### TECHO O PARED



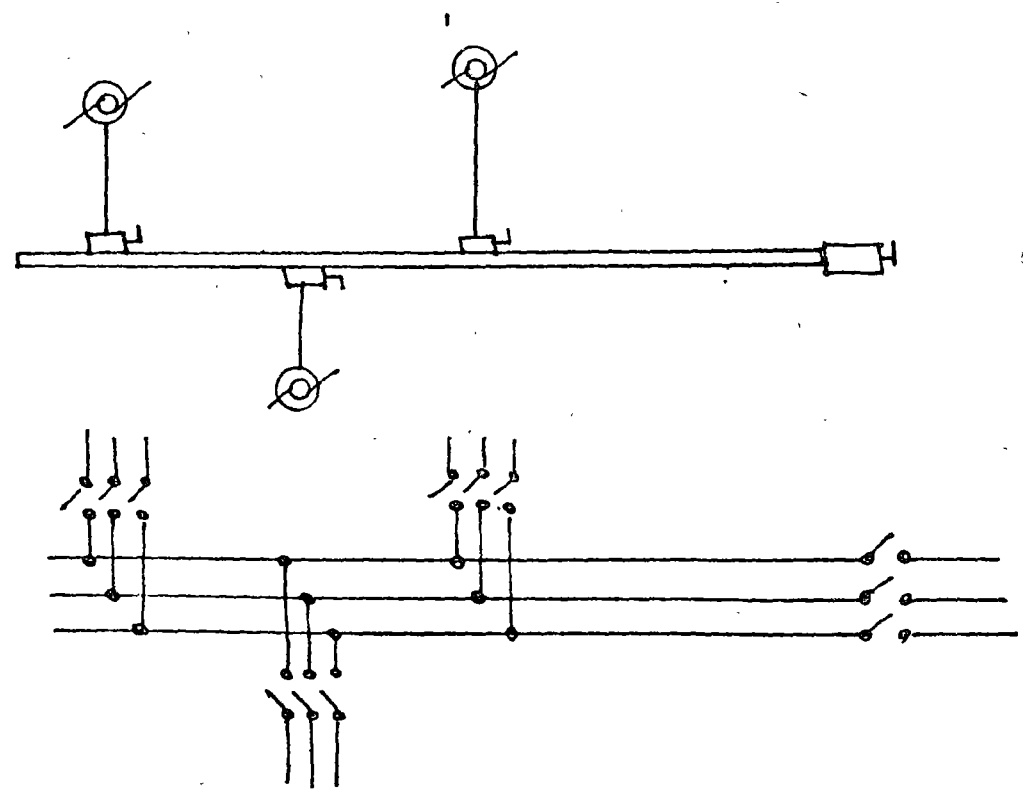
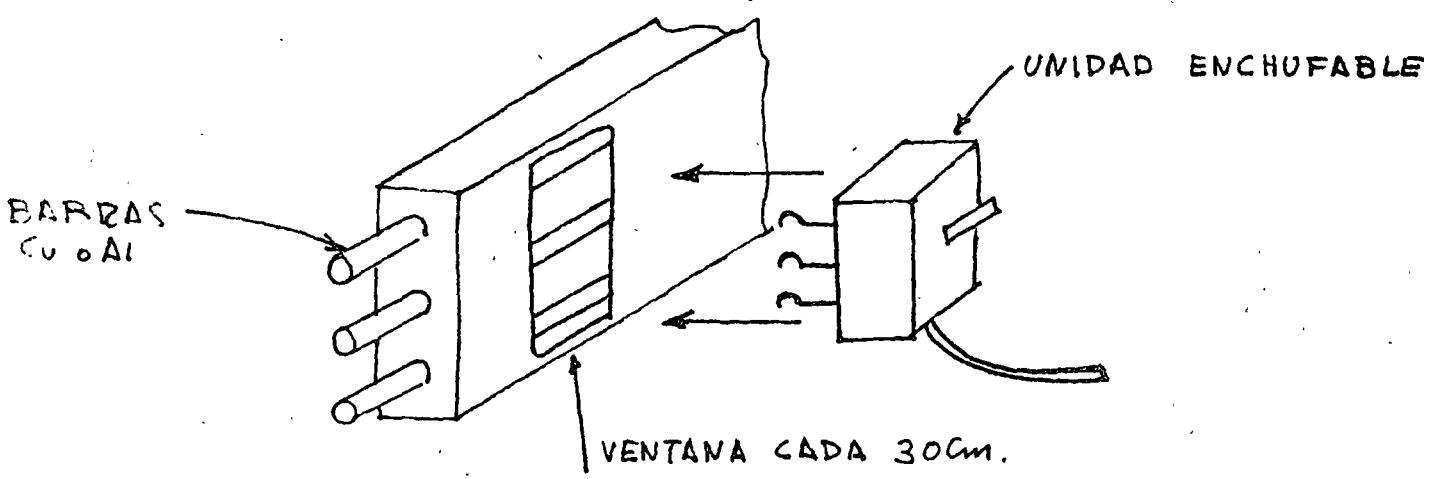
### TRAZO DEL TO



### ENSAMBLE DE UNION



# DUCTO DISTRIBUIDOR



EQUIVALE A UN TABLERO DE DISTRIBUCION DESARROLLADO SOBRE EL AREA DE TRABAJO.

VENTAJA PRINCIPAL:

- ) MAXIMA FLEXIBILIDAD..
- ) RAPIDEZ INSTALACION..

# DUCTO DISTRIBUIDOR

USO

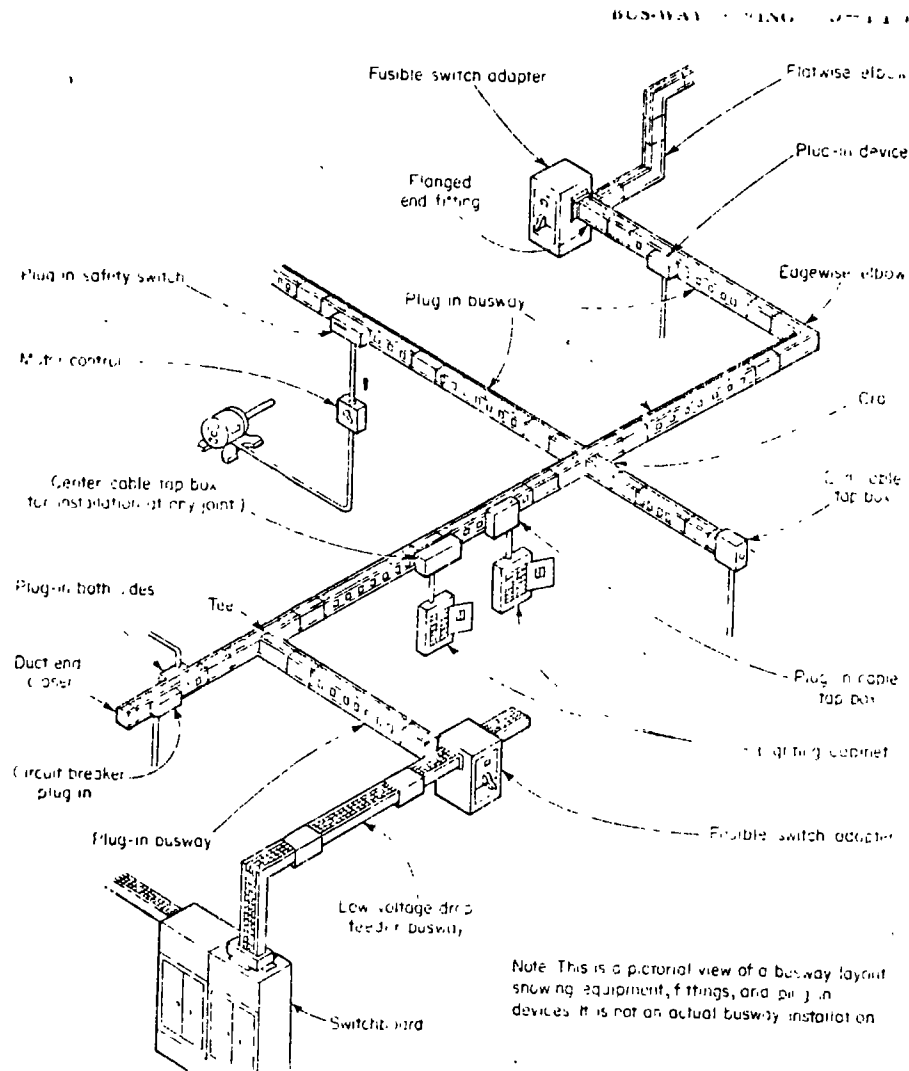
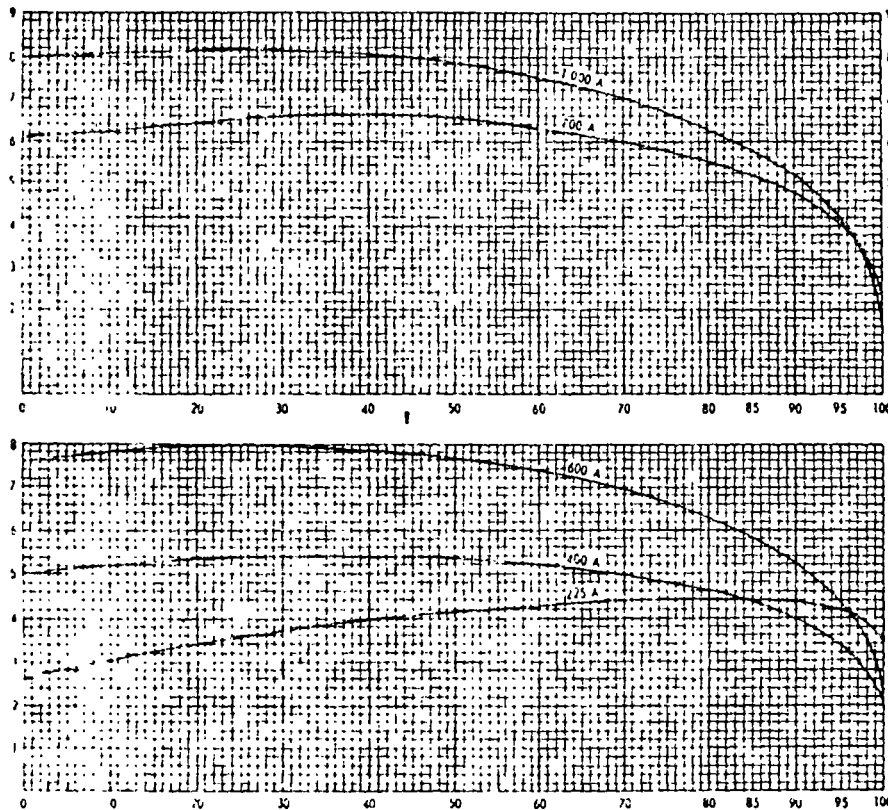


FIG. 161 - Typical plug-in busway (power-type) system - National Electric Co.  
H. K. Porter Co., Inc.

## CURVAS Y TABLA DE CAIDA DE VOLTAJE

Electroducto de cobre Plug-in de 3 polos 600 Volts.  
 Promedio de caída de voltaje en volts de línea a línea por 100 pies de longitud, en sistema trifásico a la capacidad nominal, con carga trifásica balanceada al final de la trayectoria.

PROMEDIO DE CAIDA DE VOLTAJE EN VOLTS POR 100 PIES DE LONGITUD.



FACTOR DE POTENCIA EN % DE LA CARGA TRIFASICA

Rating en amperes	Resistencia en OHMS por 100 pies a neutro	Reactividad en OHMS por 100 pies línea a neutro	FACTOR DE POTENCIA EN % DE LA CARGA TRIFASICA													
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	85	90	95	100	
225	00600	00696	2.72	3.05	3.36	3.64	3.89	4.12	4.28	4.30	4.44	4.42	4.34	4.16	3.51	
400	00794	00720	4.98	5.16	5.30	5.36	5.38	5.34	5.21	4.98	4.62	4.36	4.01	3.48	2.04	
500	00905	00735	7.63	7.80	7.90	7.91	7.84	7.68	7.38	6.95	6.28	5.82	5.24	4.40	2.13	
600	01070	00749	6.08	6.17	6.43	6.50	6.53	6.45	6.30	5.98	5.53	5.22	4.77	4.12	2.36	
700	01200	00758	7.95	8.07	8.14	8.13	8.03	7.81	7.46	6.95	6.25	5.77	5.14	4.26	1.89	

$I =$  Capacidad efectiva de 1,000 Amperes, con 50% de F. P.  
 $\Delta V = \sqrt{3} \times I \times R \cos \phi + X \sin \phi$   
 $= \sqrt{3} \times 1,000 \times (.00109 \times .50 + .00458 \times .866)$   
 $= 1.73 \times 10^3 \times (.004511) = 7.81 \text{ Volts. / 100 pies.}$

- NOTAS:
- 1 - Para caída de voltaje línea a línea, carga trifásica balanceada de 4 hilos, usar los valores de las curvas o tabla.
  - 2 - Para caída de voltaje línea a neutro, carga trifásica balanceada, multiplíquense los valores por 0.577.
  - 3 - Para caída de voltaje en sistema monofásico, multiplíquense los valores por 1.15.
  - 4 - Para valores de corriente diferentes al nominal, multiplíquense los valores por la relación:  $\frac{\text{corriente real}}{\text{corriente nominal}}$
  - 5 - Para diferentes longitudes, multiplíquense los valores por la relación:  $\frac{\text{long., real en pies}}{100 \text{ pies}}$
  - 6 - Para caídas de voltaje al final de la trayectoria con carga uniformemente distribuida, usar la mitad de los valores.

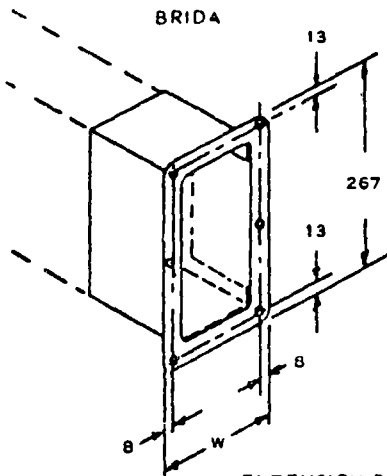


# ELECTRODUCTO DE ENCHUFAR PLUG-IN

## CONTENIDO DE ALUMINIO O COBRE Y PESOS APROXIMADOS

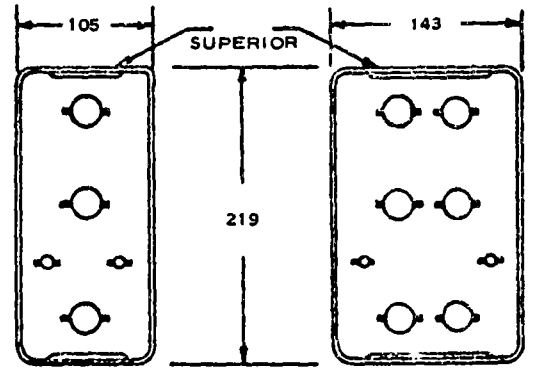
RANGO EN AMPERES	TUBO O BARRA DE ALUMINIO		TUBO O BARRA DE COBRE		PESO POR METRO EN KG					
	FASES *	NEUTRO *	FASES *	NEUTRO *	CON ALUMINIO			CON COBRE		
					2P.	3P.	$\frac{3}{4} \phi$	2P.	3P.	$\frac{3}{4} \phi$
225 A.	1-T 22 Dia. Ext. 1.5 Pared	2-T 16 Dia. Ext. 1.5 Pared	1-T 22 Dia. Ext. 1.2 Pared	2-T 16 Dia. Ext. 0.8 Pared	12.0	12.3	12.6	17.5	13.1	13.8
400 A.	1-B 22 Dia.	2-B 16 Dia.	1-T 22 Dia. Ext. 4.3 Pared	2-T 16 Dia. Ext. 2.9 Pared	13.2	14.6	15.6	15.0	17.8	19.8
600 A.	—	—	1-B 22 Dia.	2-B 16 Dia.	—	—	—	18.2	21.6	25.2
800 A.	2-B 22 Dia.	2-B 16 Dia.	2-T 22 Dia. Ext. 4.3 Pared	2-B 16 Dia.	16.2	18.4	19.4	21.0	25.4	27.4
1000 A.	—	—	2-B 22 Dia.	2-B 16 Dia.	—	—	—	26.0	33.0	35.0

DIMENSIONES EN mm. DATOS POR FASE.



RANGO	W (mm.)
225 A.	143
400 A.	
600 A.	
800 A.	181
1000 A.	

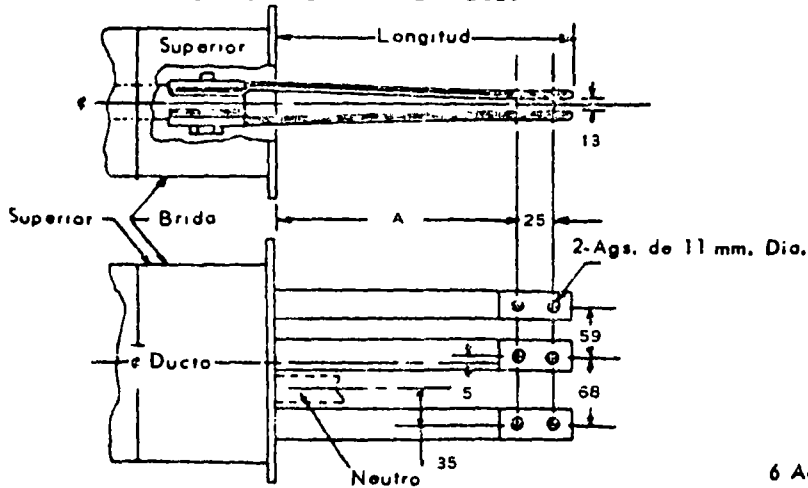
DIMENSIONES SECCION TRANSVERSAL



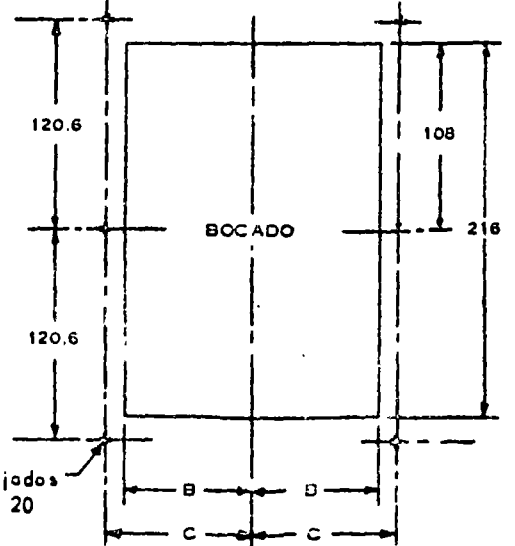
225 A., 400 A., 600 A.

800 A. Y 1000 A.

EXTENSION DE BUS CON CONECTORES FLEXIBLES



BOCADO PARA MONTAJE DE BRIDA



225 A., 400 A., 600 A.  
B=54, C=63.5

800 A. Y 1000 A.  
B=73, C=82.5

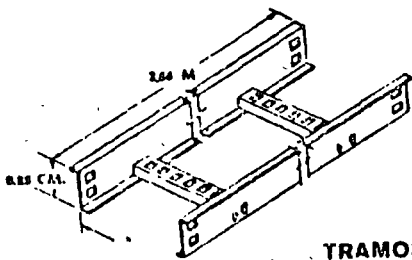
LONGITUD		A
mm	PIES	
305	1	267
610	2	571
914	3	876

Acot. en mm.

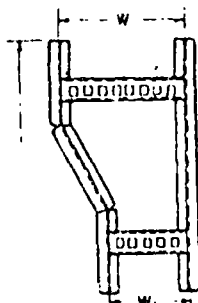
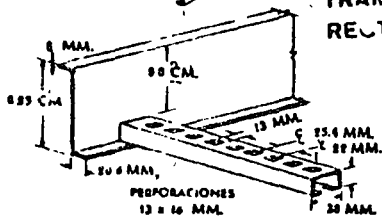




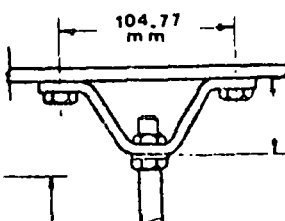
# SISTEMA de CHAROLAS: ESCALERAS



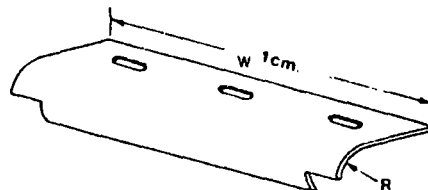
TRAMOS RECTOS



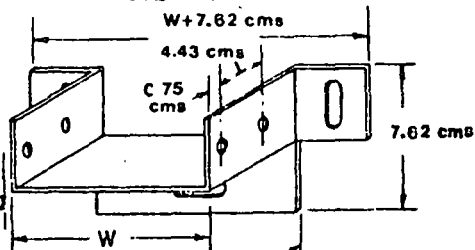
REDUCCION LATERAL



CLIP "U"

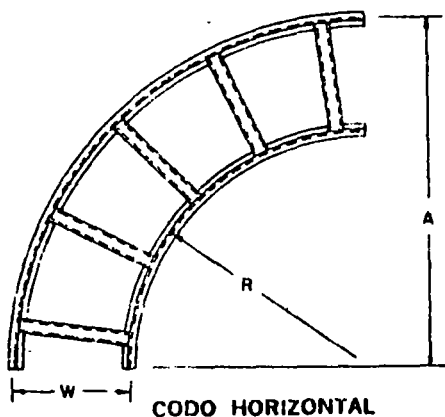


BAJADA PARA CABLE

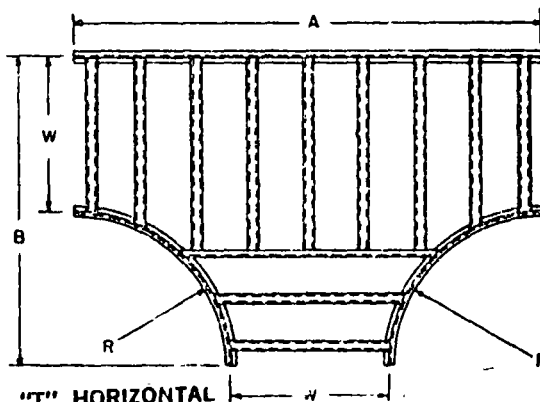


CONECTOR DE CANAL A CAJA

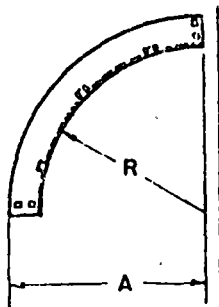
6.43 cms



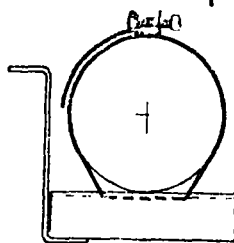
CODO HORIZONTAL



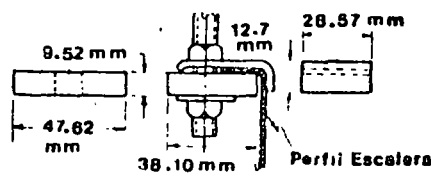
"T" HORIZONTAL



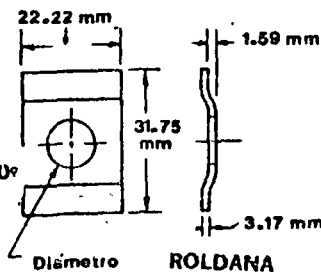
CODO VERTICAL EXTERIOR A 90°



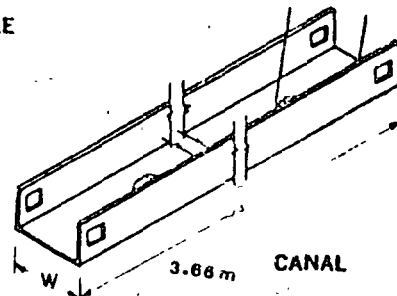
ABRAZADERA PARA CABLE



SOPORTE SENCILLO PARA ESCALERA



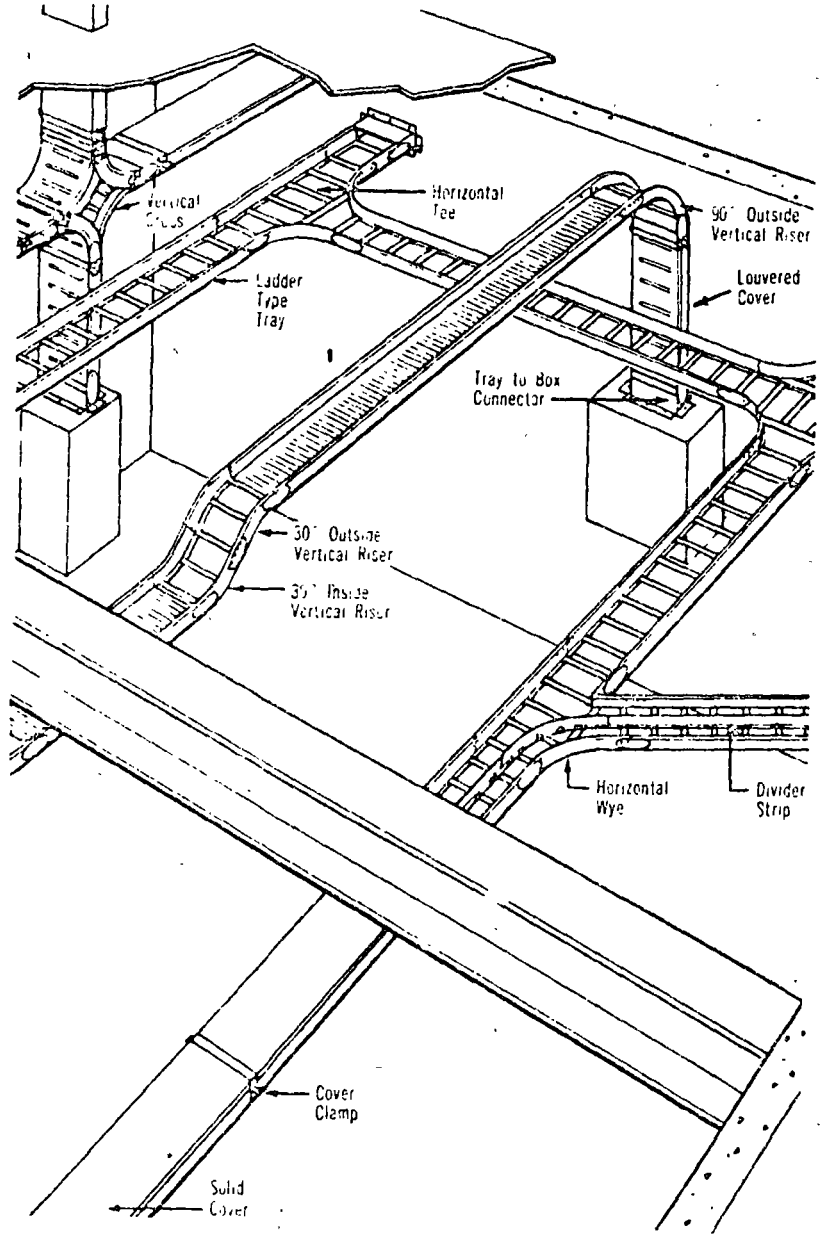
Diámetro ROLDANA



CANAL

# SISTEMA DE CHAROLAS. USO :

9-152 INTERIOR WIRING



## USO :-

- GRANDES CANTIDADES  
de CONDUCTORES
- CONDUCTORES de GRAN  
SECCION
- NECESIDAD de GRAN  
FLEXIBILIDAD

## RESTRICCIONES (NEC)

- ) DAÑO FISICO SEVERO
- ) AREAS CON AMBIENTE FACILMENTE  
COMBUSTIBLE
- ) AREAS donde existen MONTACARGAS.

## ADIMENSIONES NORMALES.

### AREA UTIL:-

<u>CHAROLAS</u>		<u>TUBO CONDUIT</u>		
<u>Ancho</u>	<u>Area Util</u>	<u>Diámetro</u>	<u>Area Total</u>	<u>Area Util</u>
15.2 cm.	86.64 cm <sup>2</sup>	5.08 cm.	20.25 cm <sup>2</sup>	8.06 cm <sup>2</sup>
30.4 "	173.28 "	6.35 "	31.61 "	12.70 "
45.7 "	260.49 "	7.62 "	45.80 "	18.32 "
60.9 "	346.56 "	10.16 "	81.29 "	32.25 "

Por lo tanto el número de tubos conduit necesarios, para tener la misma área útil que se tiene en escaleras es el siguiente:

<u>CHAROLA.</u>		<u>NO. DE TUBOS.</u>				
<u>Ancho</u>	<u>Area</u>	<u>5.08 *</u>	<u>6.35 *</u>	<u>7.62 *</u>	<u>10.16 *</u>	
<u>cm.</u>	<u>Plg.</u>	<u>cm.<sup>2</sup></u>	<u>2"</u>	<u>2½"</u>	<u>3"</u>	<u>4"</u>
15.2	6	86.64	10.8	6.8	4.8	2.7
30.5	12	173.28	21.6	13.6	9.4	5.4
45.7	18	260.49	32.5	20.6	14.3	8.3
60.9	24	346.56	43.2	27.2	18.8	10.8

# CONDICIONES de DISEÑO -) CAPACIDAD CONDUCTORES

## FACTORES DECREMENTALES POR AGRUPAMIENTO

### DE CABLES EN CHAROLAS.

La capacidad de corriente de estos cables es la misma que los instala  
dos en aire, reduciéndose esta capacidad según el agrupamiento adop  
tado.

A) Cables con separación mantenida de uno a dos diámetros.







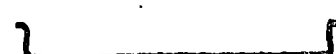
Número de Cables Verticales.	Número de Cables Horizontalmente.					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83	0.82
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75	0.74
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69	0.68
4	0.77	0.72	0.68	0.67	0.66	0.65
5	0.75	0.70	0.66	0.65	0.64	0.63
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62	0.61

B) Cables sin separación

Número Total de Conductores	Factor	Número Total de Conductores	Factor
3	1.00	10-24 *	0.70
4-6	0.80	25-42 *	0.60
7-9	0.70	43 ó MAS *	0.50





### CONDICIONES de DISEÑO

·) ANCHO CHAROLA → N° de CABLES → ESPACIAMIENTO

15.2cm	
22.8cm	
30.48cm	
40.64cm	
45.72cm	
50.8 cm	
60.96cm	

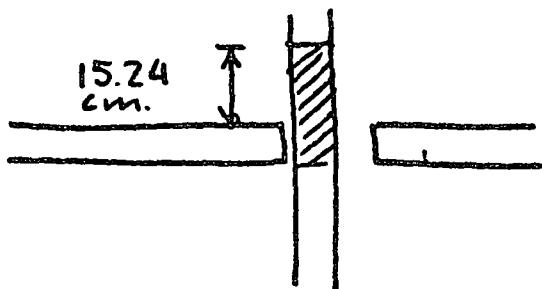
·) ESPACIAMIENTO TRAVESAÑOS

↳ CALIBRE CONDUCTOR

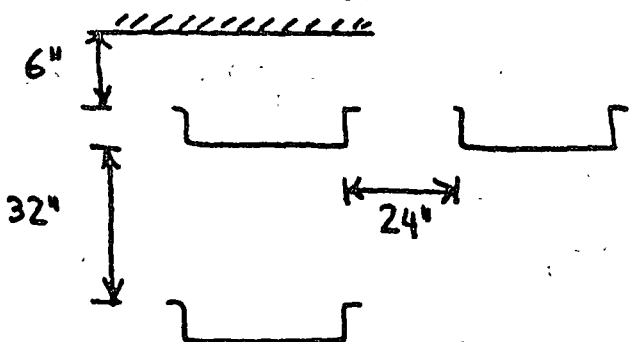
15.24cm	
22.86cm	
30.48cm.	
45.72cm.	

## CONDICIONES de INSTALACION (NEC)

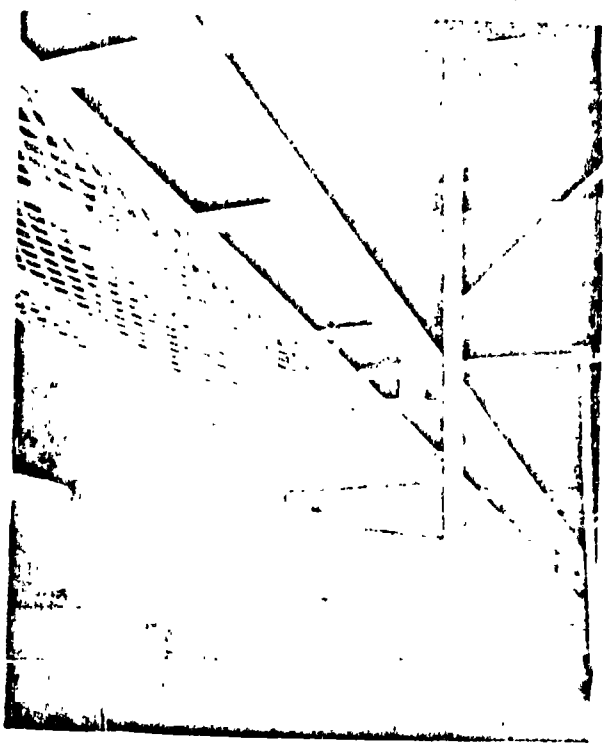
- ) SISTEMA COMPLETO y CONTINUO
- ) CABLEADO COMPLETO (CONEXIONES EN CAJAS)
- ) CONEXION MECANICA a CAJAS o DISPOSITIVOS DE DONDE SALEN o TERMINAN los CABLES
- ) PROTECCION al CRUZAR PISOS



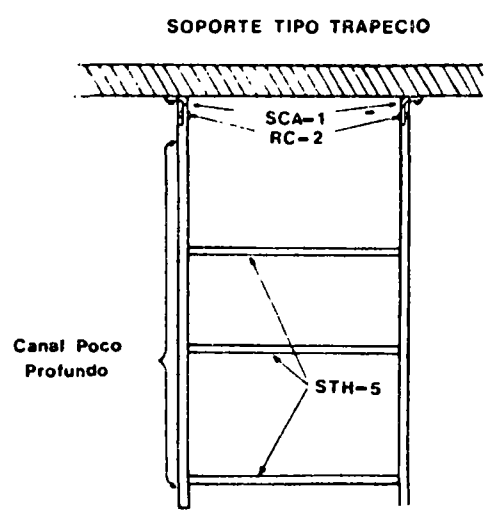
- ) CONEXION a TIERRA CONTINUA.
- ) SEPARACIONES:-



# MONTAJE

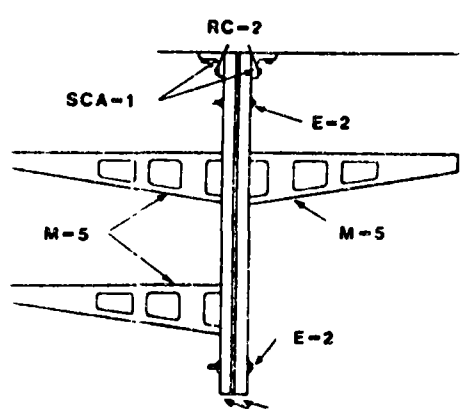


a) Sujeto a la estructura.

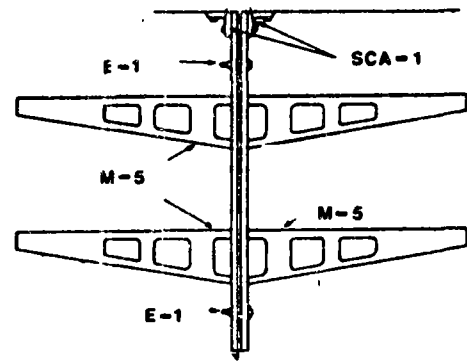


b) Empotrado en la loza.

## MONTAJE CARGA DESBALANCEADA



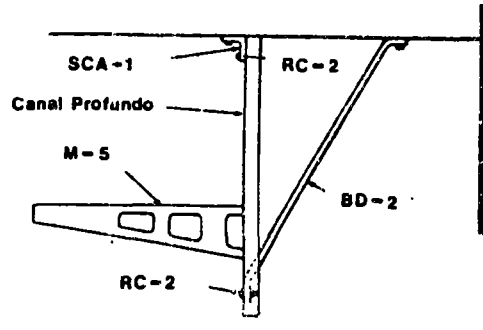
## MONTAJE A CARGAS SIMETRICAS RC-2



## Canal Poco Profundo Espalda a Espalda

Cat. CP-3 CP-6

## MONTAJE CON BRAZO UNILATERAL



c) Anclado utilizando canal y ménsulas.



# COSTOS

## MATERIAL

### COMPARACION VS T.CONDUIT P.G.G. (1971)

#### CHAROLAS

#### PRECIO POR NO. DE TUBOS.

Ancho cm	Acho Plg.	Precio X Tramo	5.08* (2")	6.35* (2½")	7.62* (3")	10.16* (4")
15.2	6	270.00	385.00	521.00	455.00	382.00
30.5	12	290.00	770.00	1042.00	910.00	764.00
45.7	18	315.00	1155.00	1563.00	1365.00	1164.00
60.9	24	343.00	1540.00	2084.00	1820.00	1528.00

## INSTALACION

Charolas Tubo conduit pared gruesa - Fe. y Al.

Horas hombre por 30.4 mts.

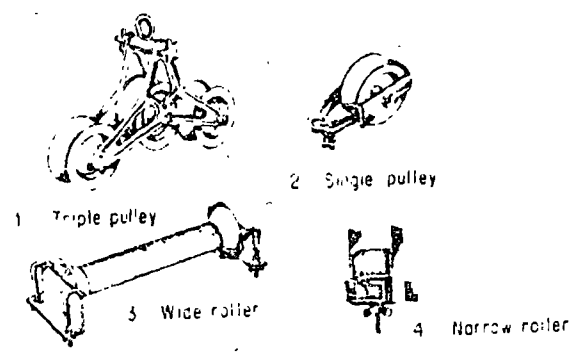
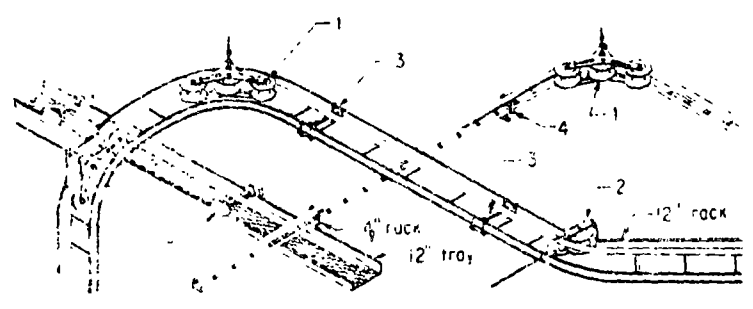
	Horas	5.08 cm. ø		7.62 cm. ø		10.16 cm. ø	
Ancho	Hombre	(2" ø)		(3" ø)		(4" ø)	
	x 30 mts.	Fe.	Al.	Fe.	Al.	Fe.	Al
6"	12.0	53.0	34.0	40.3	26.0	42.0	22.0
15.2 cm.							
12"	13.25	106.0	67.0	78.0	49.0	73.0	43.0
30.4 cm.							
24"	16.75	212.0	135.0	156.0	98.0	146.0	83.0
60.9 cm.							

\* Unidades de trabajo para las Asociaciones de Contratistas Eléctricos en E. E. U.U.

# CABLEADO

- LATERAL
- JALADO

CONTINUOUS RIGID CABLE SUPPORTS 9-153



1 Triple pulley

2 Single pulley

3 Wide roller

4 Narrow roller

Installation aids available



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

a) Sistemas de pararrayos

Ing. Ignacio González Castillo

Julio, 1978.

## SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

### EL MECANISMO DE UNA DESCARGA

Una descarga atmosférica (rayo) está formada por electricidad estática que proviene de una gran concentración de carga originada normalmente por fenómenos meteorológicos. El fenómeno de la formación de estas grandes concentraciones es debido a la acumulación en el interior de una nube de partículas de agua en fase gaseosa que por diversas condiciones atmosféricas resultan cargadas electrostáticamente. Durante las tempestades, o en períodos de gran turbulencia atmosférica, grandes cantidades de carga estática se acumulan de esta manera en las nubes. La carga puede ser uniforme, pero generalmente presenta varias zonas de diferente concentración en una misma nube, en la gran mayoría de las nubes (90%) se acumulan en la parte inferior las cargas negativas, con un pequeño núcleo en el que por el contrario se condensan cargas positivas. La zona central de la nube también está cargada negativamente, y la parte superior está cargada positivamente. (Lam. #2)

Las nubes que dan lugar más fácilmente a descargas eléctricas son los Cúmulo y los Cúmulo-Nimbus. Lo más frecuente es que la nube se extienda desde 500 a 1000 metros, hasta 3000 ó 4000 metros, con una base inferior casi plana con superficie de 5 a 30 Km. cuadrados.

Al ocurrir las condiciones de una tormenta, y cargarse la nube como hemos descrito anteriormente, ocurrirá por inducción una concentración de carga en la superficie de la tierra que está directamente abajo de dicha nube, esta concentración será del signo contrario a la que se tiene en la parte baja de la nube, o sea normalmente positiva. (Lam. #3). Su intensidad dependerá de la concentración en la nube. Conforme crecen las cargas eléctricas en la nube, crecerán en la tierra, y puesto que son de signo contrario se atraerán. Cuando el Gradiente expresado en Volts por centímetro cuadrado, excede la resistencia dieléctrica del espacio que separa la nube del suelo; una centella o Rayo "Piloto" se abre paso a través del aire, partiendo de la nube hacia la tierra. (Lam. #4). Su descenso

se hace por desplazamientos bruscos e irregulares, emitiendo ramales laterales y preparando el cauce del rayo incipiente con suspensiones en el avance de 10 a 12 microsegundos.

La velocidad de propagación durante estos impulsos es generalmente del orden de 10 00 Km. por segundo, mientras que la velocidad efectiva de la propagación de la descarga, comprendiendo también los tiempos de suspensión, se mantiene en general en el orden de los 100 Km. por segundo, teniendo como máximo 300 Km. por segundo.

La mayoría de los rayos piloto son de polaridad negativa y su propagación hacia tierra es silenciosa y debilmente luminosa.

Cuando la extremidad del piloto o de algunos de sus ramales se acercan a tierra, se produce un intenso campo eléctrico que origina que de la tierra parta un segundo rayo piloto secundario al encuentro del original descendente. (Lam. #5). Este secundario es de polaridad positiva y establece contacto con el original, generalmente a una altura de 15 a 50 metros. (Lam. #6). El contacto entre los dos pilotos equivale a cerrar el circuito entre la tierra y la nube. En primer lugar una corriente de gran intensidad fluye de la tierra hacia la nube, para neutralizar la carga de ésta, acompañada de una gran emisión de luz (Relámpago). Esta suele después moderarse, tornandose en una corriente de mayor duración que termina con el remanente de cargas en la nube.

Los valores de la corriente de descarga son excepcionalmente altos (centenares de miles de amperes), pero la duración de estas corrientes es afortunadamente pequesísima, ya que en general, la corriente de descarga sube hasta su máximo en uno a diez microsegundos, para bajar a la mitad durante 10 a 100 microsegundos, siendo la duración total de varios miles de microsegundos. (Lam. #7).

Ocurre frecuentemente que las diversas concentraciones de carga de una misma nube utilizan un mismo cauce, produciéndose entonces descargas sucesivas. Estas pueden repetirse tan rápidamente que no es posible distinguir los destellos con la vista. Estos fenómenos llamados descargas sucesivas, pueden repetirse numerosas veces después de la descarga principal,

las estadísticas de las mediciones efectuadas muestran que más del 50% de los rayos tienen por lo menos dos descargas, habiendo algunos en los que se conocen hasta 42 descargas sucesivas.

La trayectoria que presenta la formación de una descarga atmosférica, demuestra por qué los lugares elevados son alcanzados por los rayos con más frecuencia, ya que de acuerdo con las leyes elementales de la física, es evidente que en los lugares elevados la concentración de carga es mayor que en los lugares bajos, (Lam. #8) de aquí que sea precisamente de los lugares altos de donde parta con mayor facilidad un piloto secundario al encuentro de la centella descendente y por lo tanto sean preferidos por las descargas.

## SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

### FACTORES QUE GOBIERNAN LA DECISION DE SU INSTALACION

La protección contra descargas atmosféricas constituye un tema de especial interés dentro de las instalaciones necesarias de una construcción.

Es del conocimiento de todos la capacidad destructiva que posee ésta manifestación de la electricidad atmosférica que conocemos con el nombre de Rayo. Sus aspectos externos han sido conocidos siempre por la humanidad, así como sus efectos directos e indirectos.

Las consecuencias de la descarga directa pueden ser graves: Daños a personas y cosas, incendio y destrucción, interrupciones en los servicios de Energía Eléctrica que pueden originar grandes peligros para la necesaria continuidad de estos servicios, así como un sinnúmero más de consecuencias que en un instante pueden reducir o aún hacer desaparecer patrimonios de gran valor.

De acuerdo con el código de NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, los factores que gobiernan la decisión de instalar un Sistema de Pararrayos son los siguientes:

- 1) Frecuencia de las tormentas en la zona.
- 2) Valor y Naturaleza del edificio y su contenido.
- 3) Riesgos a las personas que lo ocupan.
- 4) Exposición relativa.
- 5) Perdidas indirectas.

En relación con la frecuencia de Tormentas Eléctricas, es de comprenderse que es difícil hablar de datos y registros que nos provean de cifras absolutas, sin embargo, se consideran como reales valores que oscilan entre 25,000 y 40,000 descargas diarias sobre toda la superficie de la tierra. En algunos países existen estudios estadísticos que permiten conocer la cantidad de tormentas eléctricas que son de esperarse en una determinada zona. Por ejemplo, en los Estados Unidos de Norteamérica los valores oscilan en zonas de 3 por día, a zonas de 90 por día. Cabe recordar que este índice aumenta conforme la zona analizada es más cercana al ecuador. En relación con el valor que pueden representar las

las pérdidas materiales originadas por rayos, recientemente (Julio 1972) la Sociedad Geográfica Nacional de Washington publicó los siguientes datos:

Se esperaban para la Unión Americana 17,000 a 20,000 construcciones dañadas por descargas en un año, y en total, una pérdida mínima de 10 millones de Dólares.

El Análisis de la condición del riesgo a las personas, nos conduce a una conclusión inmediata, ya que sabemos que cualquier construcción SIEMPRE ésta ocupada por una cantidad mínima de personas que nos interesará proteger.

En relación con la exposición relativa, cabe considerar un razonamiento físico elemental: El hecho de que las cargas electrostáticas se concentren en los cuerpos de proporciones geométricas agudas, tales como rodillas, puntas, etc., hace que los rayos tengan preferencia por incidir en las alturas más notables, así el Edificio Empire State, por Ejemplo, situado en una zona de no gran frecuencia de tormentas eléctricas, recibe entre 25 y 50 descargas atmosféricas en un año, (SGNW y H.MT). H. M. Towne de General Electric Co., nos proporciona datos de la variación de la probabilidad de incidencia con relación a la altura, con los cuales puede construirse una gráfica que nos indica ésta variación. (Lam. #1)

Cabe recordar que en la actualidad la construcción vertical es cada vez más frecuente y en nuestro país no es raro el caso de que el edificio que analicemos sea el más alto de una población, y que podemos concluir, dentro de la lógica, que en nuestro caso el análisis de las condiciones anteriores nos obliga a la decisión de instalar un Sistema de Protección contra descargas atmosféricas.

La consideración de las pérdidas indirectas que una descarga eléctrica puede ocasionar es un factor cuya influencia en la decisión, también es importante. El Análisis de el costo que puede representar una suspensión de los servicios prestados por la construcción estudiada, o de la producción pérdida, hace obvia la decisión.



## SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

### ANALISIS DE LOS SISTEMAS

El principio fundamental de operación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas es proporcionar el medio para que una descarga pueda incidir con seguridad sobre una construcción y sea conducida en forma inofensiva hasta tierra, de manera que no origine daños durante su recorrido.

Las instalaciones de protección contra descargas atmosféricas difícilmente son "Activas", es decir que originen una protección para que no incida un rayo sobre una estructura, sin embargo, dado que la concentración de cargas que se logra en un pararrayos tiene un efecto ionizador de la atmosfera, esta ionización origina un efecto dispersor de la carga, lo que disminuye el campo eléctrico.

Es pues de más importancia la protección "Pasiva", que se logra mediante la adopción de medios que reduzcan a límites no peligrosos las consecuencias de una descarga.

La protección contra descargas atmosféricas de una estructura no se logra contra lo que normalmente se cree con la instalación de una varilla y una conexión a tierra (Pararrayos de Franklin), ya que la acción de este dispositivo tiene una acción limitada; la "Zona" de protección que proporciona una barra de este tipo, aún desde los primeros intentos de Benjamin Franklin en 1760, no se puede considerar como un absoluto; en 1767, Franklin escribía que esta zona es función de la cantidad de carga (variable en cada caso), la forma de la estructura protegida y las condiciones atmosféricas (variable en cada caso). Posteriormente Oliver Lodge (1892) y Randerson (1879) afirman que no se puede justificar una determinada zona de protección para una barra, y finalmente F.W. Peek en 1929, mediante experimentos con modelos, concluye que esta zona depende de la altura de la concentración de carga, que en este caso queda representada por la

altura de la nube. Originalmente (1932) el código de U.S.A. estableció, basandose en las ideas de Peek, y tomando como promedio una altura de 1000 pies, un radio variable de 2 a 4. En 1945 esta cifra fué corregida a la unidad, con la consideración de que esta distancia puede ser reducida en cantidades no especificadas si alguna parte no protegida de la construcción tiene alguna forma, o alguna posición, capaz de iniciar un piloto secundario.

En vista de esto, la técnica moderna de protección ha descartado el uso de la barra Franklin y establece la colocación de conductores y puntas en los sitios en los que pueden iniciarse pilotos secundarios, tales como esquinas y aristas de las azoteas, (Lam. #9), es necesario pues, no hablar de un "Pararrayos", sino de la instalación de un sistema de pararrayos convenientemente estudiado para proporcionar protección a cada estructura en particular.

Un SISTEMA de pararrayos, está integrado por 3 elementos fundamentales: (Lam. #12)

- 1) Un elemento RECEPTOR de la descarga que lo constituyen las puntas de protección y los cables colocados estratégicamente en las partes de la estructura que pueden recibir una descarga. ("A", Lam. #10)
  - 2) CIRCUITO A TIERRA, formado por los conductores que tienen como misión transportar a tierra la corriente de la descarga, según un recorrido perfectamente determinado y de baja resistencia eléctrica, pasando normalmente por la parte exterior del edificio. La realización práctica de estos elementos debe de efectuarse teniendo en cuenta que por ser la corriente del rayo a impulsos, adquiere una importancia notable. La Reactancia del circuito, cuya influencia puede originar grandes caídas de tensión en el circuito. ("B", Lam. #10)
  - 3) ELECTRODOS de tierra, llamados también dispensores de tierra, los que proveen de un contacto íntimo del sistema con el terreno, facilitando la dispersión de la corriente en el terreno propiamente dicho. ("C", Lam. #10)
- Existen en la actualidad diversos procedimientos para el cálculo y diseño de estos dispositivos, así como procedimientos de medición directa de la resistencia lograda. Se han desarrollado también algunos productos químicos que pueden usarse como aditivos en los electrolitos y de esta manera lograr abatir la resistencia a tierra.

De acuerdo a la diferente organización de los elementos anteriores se conocen actualmente los siguientes tipos de pararrayos:-

Pararrayos de Franklin - Descubierta por Benjamín Franklin alrededor de 1750 consta de una punta y una conexión a tierra, su interés actualmente es solo histórico, ya que se han comprobado las limitaciones de superficie protegida que provee, otro defecto estriba en el hecho de que cada vez que es alcanzado directamente por un rayo, la descarga se recibe en un solo lugar, lo cual origina que la punta de la barra falle debido a la intensa corriente que transporta.

Jaula de Faraday - La jaula de Faraday se basa en el experimento del físico del mismo nombre, según el cual disponiendo una envoltura metálica cerrada y conectada a tierra, cualquier fenómeno eléctrico, por intenso que sea, no causa ningún efecto en el interior de la envoltura, o sea que la envoltura mencionada sirve como "Pantalla" o "blindaje" del interior. Actualmente este tipo de sistema se construye a base de una red o malla de conductores que se coloca en la parte superior de la estructura que se protege, con suficientes conexiones a tierra para lograr en dicha malla una distribución uniforme del potencial de la tierra. La protección de las superficie intermedias entre los cables que forman la red, se logra mediante pequeñas puntas ionizadoras de la atmósfera que originan concentraciones de carga en ellas, las que en condiciones de tormenta, proveen múltiples "Pilotos Secundarios", lo que además proporciona muchas vías de entrada a la descarga principal cada una de ellas con una intensidad de corriente menor.

Este sistema es el que ha tenido hasta la fecha un desarrollo mayor, ya que desde 1904 se dispone de reglamentaciones oficiales de institutos y organismos especializados, los cuales recopilan normas de diseño experimentadas ampliamente y revisadas periódicamente, lo cual proporciona una garantía efectiva de su funcionamiento. Cabe agregar que este tipo de sistema está establecido como norma por instituciones como el IEEE (Instituto de Ingenieros Electricistas y en Electronica de los E.U.A.), Underwriters Laboratories Inc. NFPA (National Fire Protection Association) y es norma de la ASA (American Standard Association) de los E.U.A.

Pararrayos Radioactivos - Recientemente se ha desarrollado este tipo de pararrayos que no es más que un pararrayos Franklin al cual se le proporciona mayor alcance mediante el uso de un ionizador artificial, el cual en este caso lo forma un dispositivo que aloja un material radioactivo, cuya acción provee la ionización adicional. Su uso no está reglamentado en nuestro país.

Conclusion:

La instalación de un sistema de pararrayos es una labor delicada tanto en proyecto como en instalación, y es recomendable que estos trabajos sean desarrollados por expertos con conocimientos de la reglamentación existente. En este punto desgraciadamente en nuestro país no contamos aún con una reglamentación específica, aunque se espera que en la próxima edición del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, se trate este problema. Existe una interesante fuente de información en las disposiciones de la norma UL96A de Underwriters Laboratories, Inc., y en el Lightning Protection Code de National Fire Protection Association (NFPA N°78).

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS.

CRITERIOS DE DISEÑO

De la información que nos proporcionan las normas (N.F.P.A. y U.L.), pueden concluirse los siguientes criterios sobre los más importantes factores a decidir en el desarrollo del proyecto de un Sistema de Protección, así como en sus especificaciones. Estos factores son:

- 1) Ubicación de las Puntas
- 2) Trayectoria de Conductores
- 3) Conexiones a Tierra
- 4) Conexiones Adicionales
- 5) Sistemas de Instalación
- 6) Especificación de Materiales

1) UBICACION DE LAS PUNTAS

1.1) Posición: En los sitios en los cuales se forman concentraciones de carga en una tormenta eléctrica, los cuales son función de la forma o tipo de techos,

1.2) Tipos de Techos:

1.2-1) Plano

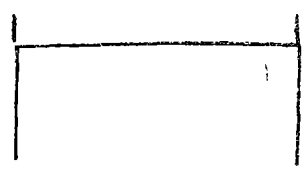
1.2-2) Inclinado

1.2-3) Pendiente Ligera: Con pendiente igual o menor a 1/8 en claro igual o menor de 12 Mts., o con pendiente igual o menor a 1/4 en claro mayor a 12 Mts.

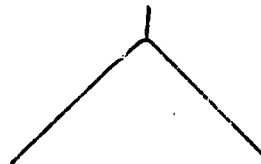
1.3) Colocación de las Puntas:

1.3-1) En función de la forma del techo,

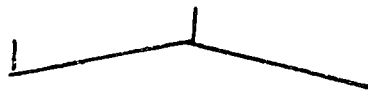
a) Techos Planos:



b) Techos Inclclinados:



c) Techos con Pendiente Ligera:



1.3-2) Espaciamento:

a) Del limite del contorno protegido = 0.60 Mts.

b) Entre puntas:

b-1) En contornos:

6 Mts. puntas de 25 cms. a 60 cms.

7.62 Mts. puntas de más de 60 cms.

b-2) En superficie planas:

15 Mts. máximo.

1.4 Altura de las Puntas:

1.4-1) La parte más alta de una punta debe tener una altura POR LO MENOS 25 cms. mayor que el contorno que protege, con un máximo de 91 cms. (U.L.)

1.4-2) Alturas normales de las puntas:

mínima: 25 cms.

máxima (U.L.): La que resulte al extenderse a lo más 91 cms. por encima del contorno protegido (tripie obligatorio en puntas de más de 60 cms.)

## 2) TRAYECTORIA DE CONDUCTORES

### 2.1) Conductores Horizontales:

- 2.1-1) Deben interconectar las puntas formando una red cerrada.
- 2.1-2) Cada punta deberá tener por lo menos 2 trayectorias a tierra en donde no existan curvas ascendentes.
- 2.1-3) Los cambios de dirección no deben tener radio menor de 20 cms, EVITARLOS
- 2.1-4) En azoteas planas se formarán redes de máximo 15 x 45 cms, para conectar las puntas en ellas.
- 2.1-5) Se deberán fijar firmemente cada 91 cms, (Long. máxima en aire 1,80 Mts.)

### 2.2) Conductores Verticales:

- 2.2-1) Deben conectar la red horizontal a tierra.
- 2.2-2) Posición; Depende de:
  - a) Ubicación de tierras
  - b) Trayectorias más directas
  - c) Ubicación de cuerpos metálicos
- 2.2-3) Cantidad:
  - a) Mínimo 2 hasta perímetros de 76,2 Mts.
  - b) Si el perímetro excede de 76.2 Mts, se aumentará 1 por cada 30 Mts. o fracción.
- 2.2-4) Localización:
  - a) Se deberá lograr una distribución uniforme del Potencial de Tierra a lo largo del perímetro.
  - b) Diagonalmente opuestas si son 2.

- c) 30 Mts. de espaciamento promedio más de 2.
- d) La condición 2.1.-2 obliga la posición de bajadas en cambios de nivel.

### 3) CONEXIONES A TIERRA

- 3.1) Ubicación: Donde se logre una dispersión fácil de la descarga en el terreno. Preferible: fuera de cimentaciones.
- 3.2) Medios de Conexión a Tierra. Electrodo Formado Por:
  - a) Varillas (3 Mts. mínimo).
  - b) Rehiletos (1.5 - 2 Mts. Profundidad).
  - c) Cable enterrado: mínimo: 3.6 Mts. longitud a 0.3  
0.6 Mts. de profundidad.
- 3.3) Valor de la Resistencia: Es función del tipo de terreno y del tipo de conexión usada.
- 3.4) Pruebas:
  - a) Debe medirse la resistencia del electrodo desconectado del Sistema, por lo que deben instalarse desconectores adecuados.
  - b) Deben probarse al instalarse, y una vez al año.
  - c) Valor suficiente de la resistencia: 50 Ohms.

### 4) CONEXIONES ADICIONALES

- 4.1) Para cuerpos metálicos que puedan recibir una descarga (Chimeneas, Respiraderos, Ductos, etc.)
- 4.2) Para cuerpos metálicos, en los que debido a su cercanía con el Sistema (máximo 1.80 Mts.) en ellos pueda INDUCIRSE una carga que origine una descarga lateral.
- 4.3) Tierra Común: De Sistemas que estén conectados a tierra (Eléctrico, Telefónico, Agua, Gas, etc.).



5) SISTEMAS DE INSTALACION

- 5.1) Aparente (preferible)
- 5.2) Oculto (en ductos NO metálicos)
- 5.3) Usando estructura metálica (siempre y cuando de la misma sea posible garantizar su conductividad presente y futura).

6) ESPECIFICACION DE MATERIALES

6.1) General: Deben ser diseñados y fabricados especialmente para Sistemas de Pararrayos dentro de las normas.

6.2) Tipos de Conductores:

- a) Clase I, para edificios de 22.86 Mts, de altura máxima (ANPASA Cat. 32-S).
- b) Clase II, para edificios de más de 22.86 Mts, de altura (ANPASA Cat. 40).

## SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

### INSTALACION DEL SISTEMA

Para el desarrollo de la correcta instalación de un sistema, la observación primordial, es el respeto absoluto a un buen proyecto que haya sido desarrollado dentro de las normas. Respeto a la correcta ubicación de los elementos, y a la estricta especificación de los materiales.

A fin de facilitar la correcta interpretación de un proyecto, es de interés el análisis de las siguientes observaciones generales relativas a los eventos principales a desarrollarse en una instalación de este tipo, que son:

- I - LOCALIZACION DE LA POSICION DE PUNTAS
- II - FIJACION DE LAS BASES PARA PUNTAS
- III - DETERMINACION DEL RECORRIDO DE CONDUCTORES
- VI - FIJACION DE CONDUCTORES
- V - CONEXIONES
- VI - DETERMINACION DE LA POSICION DE LOS ELECTRODOS DE TIERRA
- VII - INSTALACION DE LOS ELECTRODOS
- VIII- CONEXIONES ADICIONALES
- IX - PRUEBAS

#### I. LOCALIZACION DE LA POSICION DE PUNTAS

Tomar en cuenta que:

- 1). La parte más alta de las puntas debe quedar por lo menos 25 cms. más alta que el contorno protegido.
- 2). La separación máxima de la orilla del contorno protegido es 60 cms.
- 3). Los espaciamientos máximos entre puntas 7.6m para puntas de 60 cms. de altura ó mayores, y 6m para puntas más bajas).

## II.- FIJACION DE LAS BASES

Usar algun elemento rigido adecuado al ambiente en que se instale, P.E. taquete de plastico con tornillo de latón.

## III.- DETERMINACION DEL RECORRIDO DE CONDUCTORES

HORIZONTALES: Tomar en cuenta:

- 1). De cada punta deberán existir 2 trayectorias a tierra, sin curvas ascendentes.
- 2). Los cambios de dirección no deben tener radio menor de 20 cms.

VERTICALES: Tomar en cuenta:

- 1). Deben ser lo más directo posibles.
- 2). No deben tener curvas inversas.
- 3). Procurar, de ser posible, alejarlos de ventanas metálicas. En caso contrario, deberán interconectarse estas.
- 4). Si se requiere cambiar la ubicación proyectada, procurar que el espaciamiento entre bajadas continúe siendo uniforme, por lo tanto debe concluirse que NO ES POSIBLE suprimir bajadas.
- 5). En la parte inferior de un cable vertical aparente (3m.) deberá instalarse una guarda de protección que proteja al conductor de daño mecánico. Se sugieren - Tuberías NO metálicas.

## IV.- FIJACION DE CONDUCTORES

- 1). Antes de sujetarse el cable deberá ser tensado para garantizar trayectorias lo más rectas posible.

- 2). El espaciamiento máximo entre puntos de sujeción (abrazaderas) será 90 cms.
- 3). Para fijar las abrazaderas se usarán elementos apropiados al medio ambiente en que se instale.

#### V.- CONEXIONES

- 1). Las conexiones deberán ser las mínimas necesarias y de la máxima rigidez mecánica, tanto inicial como futura.
- 2). Siempre se deberán usar conectores mecánicos especiales para este uso.
- 3). Las conexiones soldadas deberán evitarse.

#### VI.- DETERMINACION DE LA POSICION DE LOS ELECTRODOS DE TIERRA

- 1). Cercanos a los conductores de bajada tierra.
- 2). Preferentemente fuera de cimentaciones.
- 3). Separados por lo menos 60 cms. de la construcción.
- 4). Preferible donde el terreno sea lo más húmedo posible ó este en el máximo contacto con humedad.

#### VII.- INSTALACION DE LOS ELECTRODOS

##### Varillas ó Bayonetas:

- 1). Deben clavarse totalmente (3m.) y asegurarse que el terreno es bueno, o sea que a través de la superficie de la varilla se establezca un buen contacto con el terreno, por lo tanto, deberá evitarse el hacer una excavación para colocar en ella la varilla.
- 2). La conexión entre el cable y la varilla se hará con un conector especial para este fin, que garantice la superficie de contacto adecuada.

- 3). Preferentemente, pero no indispensable se construirá un registro para tener acceso al conector anterior, el que estará en el extremo superior de la varilla a 30 cms. de profundidad.

#### Rehiletos.-

- 1). Se usarán en terrenos donde no sea posible clavar la varilla en excavaciones especiales para ellos, de la máxima profundidad posible.
- 2). El rehilete se colocará en el fondo de la excavación en una mezcla de cisco de carbón y sal en proporción de 5 a 1.
- 3). Es muy importante que la excavación sea tapada con tierra de las mejores condiciones de conductividad, al máximo grado de COMPACTACION que sea posible.

#### Desconectores de Tierras:-

- 1). Cada electrodo de tierra deberá proveerse de un medio que permita su desconexión del sistema para poder llevar a cabo lecturas del valor de su resistencia a tierra.
- 2). Normalmente es recomendable la instalación del desconector en el extremo inferior de cada conductor de bajada, pero debe tenerse en cuenta que es importante que entre el mismo y el electrodo no debe haber ninguna conexión.

#### VIII.- CONEXIONES ADICIONALES

Deberán conectarse al Sistema:

- 1). Cuerpos metálicos colocados en azoteas, que tengan altura superior a las puntas y que por lo tanto pueden recibir una descarga directa.

- 2). Cuerpos metálicos localizados a menos de 1,80m en los cuales, al circular una descarga por el sistema, pueden presentarse cargas INDUCIDAS que originen una descarga lateral.
- 3). Es conveniente interconectar también todos los elementos o sistemas que se encuentren conectados a tierra, tales como los neutros de la red eléctrica, tuberías de agua, gas, teléfonos, etc.
- 4). Para las conexiones anteriores, siempre deberán utilizarse elementos especiales para este uso.

#### IX.- PRUEBAS

Para considerar satisfactoria una instalación, deberá esta tener:

- 1). Continuidad total en sus circuitos, que puede comprobarse haciendo pasar una corriente a través de ellos.
- 2). Resistencia a tierra adecuada en sus electrodos. Se consideran satisfactorios valores medidos de hasta 50 ohms para cada electrodo independiente.
- 3). Rigidez mecánica en sus elementos de soporte.

SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

MANTENIMIENTO

Un Sistema de Pararrayos esta constituido por un conjunto de elementos normalmente estáticos, como tal, la condición primordial de mantenimiento constituye la permanencia de las condiciones iniciales de cada uno de estos elementos, así pues deberá confirmarse periódicamente (mínimo una vez al año):

- 1) Que el Sistema sigue siendo adecuado para el edificio, o sea, si las azoteas han sufrido modificaciones, el sistema deberá modificarse dentro de las normas, para incluir en su protección las zonas nuevas o las nuevas condiciones.
- 2) Que todos los elementos metálicos que están sobre las azoteas, y que requieren interconexión con el sistema, están conectados al misma.
- 3) Que existe continuidad eléctrica en todos los circuitos del sistema.
- 4) Que la resistencia a tierra de sus electrodos sigue siendo adecuada.
- 5) Que todos los elementos del sistema están fijos en su sitio original en condiciones de resistencia mecánica aceptable.

IDAD MAXIMA EN AMPERES POR FASE A QUE  
 S DE PROTECCION PARA LIBERAR DE SOBRA  
 BANCOS TRIFASICOS DE TRANSFORMACION.

13 200 volts.		22 000 volts.		33 000 volts.		44 000 volts.	
A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.
0.20	1						
0.33	1	0.20	1				
0.39	1	0.24	1	0.15	1		
0.44	1	0.26	1	0.17	1		
0.66	1.5	0.39	1	0.26	1	0.20	1
0.98	2	0.59	1.5	0.39	1	0.30	1
1.09	2	0.66	1.5	0.44	1	0.33	1
1.31	3	0.79	2	0.52	1	0.39	1
1.64	5	0.98	2	0.66	1.5	0.49	1
1.97	5	1.18	3	0.79	2	0.59	1.5
2.19	5	1.31	3	0.87	2	0.66	1.5
3.28	7	1.97	5	1.31	3	0.98	2
4.37	10	2.62	5	1.75	5	1.31	3
4.92	10	2.95	7	1.97	5	1.48	3
6.55	15	3.94	7	2.62	5	1.97	5
8.75	15	5.25	10	3.50	7	2.62	5
9.84	20	5.90	10	3.94	7	2.95	7
13.12	20	7.87	15	5.25	10	3.94	7
15.64	30	11.01	20	7.87	15	5.90	10
17.27	40	13.12	20	8.75	15	6.55	15
30.13	30	15.11	30	12.09	20	9.05	15
32.07	50	15.68	30	13.12	20	9.84	20
43.74	60	26.24	40	17.50	25	13.12	20
45.61	100	26.38	50	26.24	40	19.68	30
		52.49	60	35.00	50	26.24	40

AS EN ESTA TABLA.  
 IARSE AL 125 %



.....

TABLA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION QUE DEBEN SUJETARSE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION CARGAS EL CIRCUITO PRIMARIO DE

K.V.A. del BANCO	2 400 volts.		4 160 volts.		6, 900 volts.		11 500 volts.	
	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.	A.P.C.	A.D.
4.5	1.08	3	0.63	1.5	0.38	1	0.23	1
7.5	1.80	3	1.04	2	0.63	1.5	0.38	1
9	2.17	5	1.25	3	0.75	1.5	0.45	1
10	2.41	5	1.39	3	0.84	2	0.50	1
15	3.61	7	2.08	5	1.26	3	0.75	1.5
22.5	5.41	10	3.12	7	1.88	5	1.13	2
25	6.01	15	3.47	7	2.09	5	1.26	3
30	7.22	15	4.16	10	2.51	5	1.51	3
37.5	9.02	15	5.20	10	3.14	7	1.88	5
45	10.83	20	6.25	15	3.77	7	2.26	5
50	12.03	25	6.94	15	4.18	10	2.51	5
75	18.04	30	10.41	20	6.28	10	3.77	7
100	24.06	40	13.86	25	8.37	15	5.02	10
112.5	27.06	40	15.61	25	9.41	15	5.65	10
150	36.08	50	20.82	30	12.55	20	7.53	15
200	48.11	65	27.76	40	16.73	25	10.04	20
225	54.13	80	31.23	50	18.83	30	11.29	20
300	72.17	100	41.64	65	25.10	40	15.06	25
450			62.45	80	37.65	50	22.59	30
500			69.40	100	41.84	65	25.10	40
80					57.74	80	34.64	40
750					62.76	80	37.65	50
1 000							50.20	65
1 500							75.31	100
2 000								

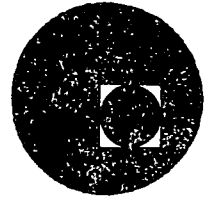
A.P.C. = AMPERES A PLENA CARGA DEL BANCO DE TRANSFORMACION.

A.D. = AMPERES DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION.

PARA BANCOS CUYA CORRIENTE PRIMARIA SEA SUPERIOR A LAS INDICADAS, LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION CORRESPONDIENTES, DEBERAN SUJETARSE A LA CORRIENTE A PLENA CARGA DEL PROPIO BANCO COMO MAXIMO.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

CONDUCTORES ELECTRICOS

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

JULIO, 1978.

## QUINTA SESION

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

### CONDUCTORES ELECTRICOS:

#### Condiciones de diseño

- Características de un conductor
- Capacidad permisible
- Cálculo de la Caída de potencial
- Aislamientos
- Resistencia mecánica

## Características de un conductor eléctrico

Los conductores eléctricos se clasifican en:

- a) desnudos
- b) aislados para bajo voltaje (hasta 1000 volts)
- c) aislados para alto voltaje (arriba de 2500 volts)

El material del elemento conductor es generalmente cobre o alu<sub>u</sub>minio y se construye en forma de alambre o cable.

Cuando los conductores desnudos se utilizan en líneas aéreas, pueden llevar alma de acero para aumentar su resistencia a la tensión.

Los materiales aislantes utilizados son generalmente compuestos termoplásticos, termofijos, elastoméricos o poliméricos.

## Construcción

El aislamiento de los conductores para bajo voltaje se constru<sub>u</sub>ye directamente extruido sobre el elemento conductor y general<sub>l</sub>mente no lleva ninguna protección exterior.

La construcción de los conductores para alto voltaje es más -- compleja, y generalmente consta de varias capas, listadas de - afuera hacia adentro:

- chaqueta exterior
- pantalla de cinta de cobre
- cinta semiconductora
- aislamiento
- capa conductora
- conductor

## Capacidad permisible

La capacidad de corriente de un conductor es el valor de la --

corriente eléctrica, en amperes, que puede conducir sin exceder una temperatura de operación prefijada. El aumento de -- temperatura está regulado por la pérdida eléctrica ( $RI^2$ ) en -- la resistencia del conductor, la cual se incrementa al aumentar la temperatura y por la capacidad de disipación de calor de las capas aislantes y del medio ambiente en que está instlado el conductor.

Especificaciones para Cable de Cobre Duro, Semi-Duro y Suave. Ⓢ

Calibre MCM AWG	Torcido Clase	No. de Hilos	Area mm <sup>2</sup>	Peso Aprox. Kg/Km	Diámetro Exterior Aprox. mm	Amps.	DURO		SEMI-DURC		SUAVE	
							Resistencia 20° C y CC Ohms/Km	Carga de Ruptura Kilos	Resistencia 20° C y CC Ohms/Km	Carga de Ruptura Kilos	Resistencia 20° C y CC Ohms/Km	Carga de Ruptura Kilos
1000	B-A	61	506	4595	29.31	1300	0.0361	21788	0.0359	15898	0.0347	13256
1000	AA	37	506	4595	30.05	1300	0.0361	19880	0.0359	15600	0.0347	13180
900	B-A	61	456	4135	27.81	1220	0.0401	19731	0.0399	14376	0.0385	12630
900	AA	37	456	4135	28.02	1220	0.0401	19226	0.0399	14183	0.0385	11866
800	B-A	61	405	3676	26.22	1130	0.0451	17605	0.0449	12812	0.0434	10866
800	AA	37	405	3676	26.82	1130	0.0451	15930	0.0449	12569	0.0434	10546
750	B-A	61	380	3448	25.30	1090	0.0481	15693	0.0479	12021	0.0463	9942
750	AA	37	380	3448	25.32	1090	0.0481	15150	0.0479	11862	0.0463	9879
700	B-A	61	354.2	3216	24.52	1040	0.0516	14745	0.0513	11278	0.0496	9333
700	AA	37	354.2	3216	24.48	1040	0.0516	14139	0.0513	11072	0.0496	9226
650	B-A	61	329.1	2988	23.63	990	0.0555	13700	0.0552	10511	0.0534	8690
650	AA	37	329.1	2988	23.60	990	0.0555	13213	0.0552	10283	0.0534	8569
600	B	61	304.0	2757	22.73	940	0.0602	12447	0.0598	10785	0.0578	8080
600	A-AA	37	304.0	2757	22.63	940	0.0602	12256	0.0598	9553	0.0578	7911
550	B	61	278.6	2528	21.67	895	0.0656	11701	0.0653	9065	0.0631	7234
550	A-AA	37	278.6	2528	20.65	895	0.0656	11204	0.0653	8759	0.0631	7049
500	B-A	37	253.2	2298	20.70	840	0.0721	10211	0.0178	7961	0.0694	6591
500	AA	19	253.2	2298	20.60	840	0.0721	9957	0.0178	7856	0.0694	6591
450	B-A	37	228.0	2068	19.61	780	0.0802	9276	0.0798	7212	0.0771	5933
450	AA	19	228.0	2068	19.59	780	0.0802	8959	0.0798	7022	0.0771	5933
400		37	202.8	1838	18.49	730	0.0902	8310		6414	0.0868	5271
400	A-AA	19	202.8	1838	18.44	730	0.0902	8079	0.0898	6328	0.0868	5271
350	B	37	177.2	1609	17.30	670	0.103	7285	0.103	5647	0.0991	4799
350	A	19	177.2	1609	17.22	670	0.103	7072	0.103	5334	0.0991	4613
350	AA	12	177.2	1609	18.03	670	0.103	6868	0.103	5461	0.0991	4613
300	B	37	152.0	1379	16.00	610	0.120	6291	0.120	4872	0.116	4115
300	A	19	152.0	1379	15.96	610	0.120	6128	0.120	4776	0.116	3954
300	AA	12	152.0	1379	16.69	610	0.120	5974	0.120	4713	0.116	3954
250	B	37	126.6	1149	14.60	540	0.144	5244	0.144	4051	0.139	3429
250	A	19	126.6	1149	14.58	540	0.144	5153	0.144	4008	0.139	3295
250	AA	12	126.6	1149	15.24	540	0.144	5049	0.144	3954	0.139	3295
4/0	B	19	107.2	972.2	13.41	480	0.170	4362	0.170	3392	0.164	2989
4/0	A-AA	7	107.2	972.2	13.26	480	0.170	4152	0.170	3297	0.164	2789
3/0	B	19	85.0	771.3	11.94	420	0.214	3492	0.214	2708	0.207	2301
3/0	A-AA	7	85.0	771.3	11.78	420	0.214	3341	0.214	2636	0.207	2212
2/0	B	19	67.43	611.4	10.64	360	0.270	2791	0.270	2162	0.261	1825
2/0	A-AA	7	67.43	611.4	10.50	360	0.270	2688	0.270	2105	0.261	1755
1/0	B	19	53.48	484.9	9.45	310	0.340	2222	0.340	1725	0.329	1447
1/0	A-AA	7	53.48	484.9	9.35	310	0.340	2155	0.340	1680	0.329	1391
1	B	19	42.41	383.0	8.66	270	0.429	1768	0.429	1378	0.415	1148
1	A	7	42.41	383.0	8.56	270	0.429	1725	0.429	1342	0.415	1148
1	AA	3	42.41	383.0	9.14	270	0.424	1642	0.424	1306	0.414	1148
2	B-A	7	33.62	304.0	7.42	230	0.539	1381	0.539	1071	0.520	910
2	AA	3	33.62	304.0	8.13	240	0.539	1321	0.539	1043	0.520	875
3	B-A	7	26.67	240.7	6.60	200	0.682	1104	0.682	855	0.657	722
3	AA	3	26.67	240.7	7.26	200	0.682	1070	0.682	832	0.657	722
4	B-A	7	21.15	190.8	5.89	180	0.856	879	0.856	683	0.825	572
4	AA	3	21.15	190.8	6.45	180	0.856	852	0.856	665	0.825	550
5	B	7	16.76	152.1	5.23	150	1.850	681	1.85	531	1.05	454
6	B	7	13.30	119.9	4.67	130	1.310	550	1.31	424	1.32	360
7	B	7	10.55	95.68	4.16	112	1.730	443	1.73	347	1.67	286
8	B	7	8.37	75.68	3.71	92	2.180	353	2.18	277	2.10	226
9	B	7	6.76	60.16	3.30	85	2.740	280	2.74	221	2.65	180
10		7	5.26	47.73	2.95	65	3.450	223	3.46	176	3.34	142

\* Las capacidades de los cables están calculadas para 75°C en el conductor, 25°C Temperatura Ambiente, 0.5 factor de emisión (cobre opaco), y un viento de 0.6 mts./seg. en dirección perpendicular al eje del cable.

### Conductores Desnudos de Cobre

Estos conductores son utilizados en instalaciones aéreas de distribución de energía en alta ó baja tensión, en buses de subestaciones y sistemas de tierra.

#### Ⓢ Especificaciones para Alambre Desnudo Duro, Semi-Duro y Suave

Calibre A.W.G.	DIAMETRO NOMINAL		SECCION TRANSVERSAL		Peso en Kilos por km.	DURO		SEMI-DURO		SUAVE	
	mms.	pulg.	mms. cuadrados	mls. circulares		Resistencia en OHMS por km. a 20°C y CC	Carga de Ruptura a la Tensión en kilos Mínima	Resistencia Máxima OHMS por Km. 20°C y CC	Carga de Ruptura a la Tensión en Kilos Mínima	Resistencia en OHMS por km. a 20°C y CC	Carga de Ruptura a la Tensión en kilos Mínima
4/0	11.684	.4600	107.20	211,600	953.0	.16552	3693.665	.16467	3166.128	.16080	2713.888
3/0	10.404	.4096	85.03	167,800	756.0	.20870	3049.099	.20765	2570.551	.20276	2152.332
2/0	9.266	.3648	67.43	133,100	599.0	.26317	2503.418	.36182	2086.106	.25568	1706.897
1/0	8.251	.3249	53.48	105,500	475.0	.33171	2048.911	.33006	1691.928	.32242	1353.542
1	7.348	.2893	42.41	83,690	377.0	.42292	1672.876	.42062	1371.686	.40651	1103.155
2	6.544	.2576	33.63	66,370	299.0	.53316	1362.160	.53053	1111.320	.51282	874.994
3	5.827	.2294	27.67	52,640	237.1	.67227	1106.330	.66866	899.942	.64635	694.008
4	5.189	.2043	21.15	41,740	188.0	.84781	893.592	.84321	718.502	.81532	550.216
5	4.621	.1819	16.77	33,100	149.0	1.0689	721.677	1.0633	573.350	1.0279	436.317
6	4.115	.1620	13.30	26,250	118.0	1.3478	580.608	1.3409	458.136	1.2963	346.051
7	3.665	.1443	10.55	20,820	93.8	1.6998	467.208	1.6910	365.873	1.6345	274.428
8	3.264	.1285	8.366	16,510	74.4	2.1434	374.673	2.1323	292.073	2.0611	217.637
9	2.906	.1144	6.634	13,090	59.0	2.7028	299.920	2.6887	233.241	2.5988	172.595
10	2.588	.1019	5.261	10,380	46.8	3.4089	240.045	3.3892	186.157	3.2773	139.430
11	2.305	.09074	4.172	8,234	37.1	4.2981	191.827	4.2751	148.599	4.1340	112.496
12	2.053	.08081	3.309	6,530	29.4	5.4202	152.863	5.3906	118.661	5.2102	89.58
13	1.828	.07196	2.624	5,178	23.3	6.8343	121.565	6.7982	94.711	6.5718	71.033
14	1.628	.06408	2.081	4,107	18.5	8.6159	96.844	8.5732	75.569	8.2845	56.337
15	1.450	.05707	1.650	3,257	14.7	10.8666	77.021	10.8108	60.328	10.4467	44.670
16	1.291	.05082	1.309	2,583	11.6	13.7014	61.281	13.6292	48.172	13.1764	35.426
17	1.150	.04526	1.038	2,048	9.23	17.2777	48.762	17.1891	38.424	16.6149	28.091
18	1.024	.04030	.8231	1,624	7.32	21.7858	38.769	21.6742	30.667	20.9491	22.280
19	.9116	.03589	.6527	1,288	5.80	27.4718	30.840	27.3307		26.4153	17.667
20	.8118	.03196	.5176	1,022	4.60	34.6473	24.530	34.4505		33.3021	14.011
21	.7229	.02846	.4105	810.1	3.65	43.6701	19.4365	43.4404		41.9958	11.1132
22	.6438	.02535	.3255	642.4	2.89	55.0879	15.5403	54.7926		52.9553	8.8134
23	.5733	.02257	.2582	509.5	2.30	69.4587	12.3401	69.0978		66.8011	6.9899
24	.5106	.02010	.2047	404.0	1.82	87.5698	9.8295	87.1433		84.2232	5.7561
25	.4547	.01790	.1624	320.4	1.44	110.4384	7.8291	109.8806		106.2059	4.5677
26	.4049	.01594	.1288	254.1	1.14	139.2456	6.2279	138.5238		133.8956	3.6210
27	.3606	.01420	.1021	201.5	.908	175.5991	4.9533	174.6804		168.8730	2.8718
28	.3211	.01264	.08098	159.8	.720	221.4347	3.9454	220.2863		212.9369	2.2775
29	.2859	.01126	.06422	126.7	.571	279.2131	3.1380	277.7694		268.5170	1.8057
30	.2546	.01025	.05093	100.5	.453	352.0513	2.4957	350.4108		338.5992	1.4320
31	.2268	.008928	.04039	79.70	.359	443.9193	1.9849	441.6226		426.8581	1.1358
32	.2019	.007950	.03203	63.21	.285	559.7386	1.5807	557.1138		538.4121	.9008
33	.1798	.007080	.02540	50.13	.226	706.0712	1.25737	702.4621		678.8389	.71442
34	.1601	.006305	.02014	39.75	.179	890.1353	0.99973	885.5419		1079.4490	.56654



Carga de ruptura:— La carga de ruptura está basada en el diámetro nominal de los alambres, variando ésta de acuerdo con la tolerancia en los calibres.

Usando valores mínimos para alambre duro; mínimos y máximos para alambre semi-duro; y máximo para alambres suaves o recocidos.

NOTA: Para alambres semi-duros, calibres No. 19 y menores no hay especificaciones.

Alambre y Cable Desnudos de Cobre Duro 97.5% Conductividad IACS Unidades Métricas

Calibre Conductor	Número de Hilos	Resistencia Ohmica por Conductor por Kilómetro *				Radio Geométrico	Reactancia p.c. Conductor por Km. 60 cps 305 mm. de separación §
		Corriente Continua		Corriente Alterna 60 cps			
		20°C	50°C	20°C	50°C	Medio	Inductiva X <sub>L</sub>
AWG o MCM		ohms.	ohms	ohms	ohms	mm.	ohms

Sólido

10	1	3.361	3.7424	3.361	3.7424	1.0089	0.4306
8	1	2.114	2.3612	2.114	2.3612	1.2710	0.4132
6	1	1.330	1.4851	1.330	1.4851	1.6032	0.3957
4	1	0.8363	0.9339	0.8363	0.9339	2.0208	0.3782
3	1	0.6629	0.7407	0.6629	0.7407	2.2708	0.3694
2	1	0.5259	0.5872	0.5261	0.5884	2.5481	0.3610
1	1	0.4169	0.4642	0.4171	0.4645	2.8621	0.3520
1/0	1	0.3307	0.3682	0.3310	0.3686	3.2126	0.3433
2/0	1	0.2634	0.2923	0.2639	0.2929	3.6088	0.3345
3/0	1	0.2080	0.2318	0.2086	0.2325	4.0508	0.3258
4/0	1	0.1649	0.1838	0.1656	0.1847	4.5507	0.3170

Cableado

4	7	0.8524	0.9492	0.8524	0.9492	2.1397	0.3739
4	3	0.8444	0.9432	0.8444	0.9432	2.1885	0.3722
3	7	0.6760	0.7556	0.6766	0.7562	2.3957	0.3654
3	3	0.6698	0.7481	0.6698	0.7481	2.4628	0.3633
2	7	0.5362	0.5990	0.5362	0.5996	2.6914	0.3566
2	3	0.5310	0.5934	0.5312	0.5947	2.7554	0.3548
1	7	0.4253	0.4753	0.4255	0.4760	3.0236	0.3479
1	3	0.4211	0.4704	0.4214	0.4705	3.1090	0.3457
1/0	19	0.3374	0.3761	0.3377	0.3765	3.5662	0.3354
1/0	12	0.3374	0.3761	0.3377	0.3765	3.7795	0.3310
1/0	7	0.3374	0.3766	0.3377	0.3765	3.3833	0.3393
2/0	12	0.2674	0.2981	0.2678	0.2986	4.2367	0.3224
2/0	7	0.2674	0.2981	0.2678	0.2986	3.8100	0.3304
3/0	12	0.2121	0.2367	0.2127	0.2374	4.7549	0.3137
3/0	7	0.2121	0.2367	0.2127	0.2374	4.2672	0.3219
4/0	19	0.1682	0.1877	0.1689	0.1883	5.0902	0.3080
4/0	12	0.1682	0.1877	0.1689	0.1883	5.3340	0.3050
4/0	7	0.1682	0.1877	0.1689	0.1883	4.8158	0.3127
250	19	0.1423	0.1591	0.1432	0.1597	5.5169	0.3025
250	12	0.1423	0.1591	0.1432	0.1597	5.7912	0.2988
300	19	0.1187	0.1324	0.1196	0.1336	6.0350	0.2957
300	12	0.1187	0.1324	0.1196	0.1336	6.3398	0.2920
350	19	0.1017	0.1136	0.1026	0.1146	6.5227	0.2899
350	12	0.1017	0.1136	0.1026	0.1146	6.8560	0.2861
400	19	0.08897	0.09942	0.09028	0.1006	6.9799	0.2848
450	37	0.07909	0.08817	0.08058	0.08985	7.5286	0.2791
450	19	0.07909	0.08817	0.08058	0.08985	7.4066	0.2803
500	37	0.07120	0.07954	0.07282	0.08096	7.9248	0.2752
500	19	0.07120	0.07954	0.07282	0.08096	7.8029	0.2763
550	37	0.06474	0.07214	0.06648	0.07413	8.3210	0.2715
600	37	0.05932	0.06624	0.06126	0.06804	8.6868	0.2683
650	37	0.05476	0.06104	0.05686	0.06333	9.0526	0.2651
700	61	0.05085	0.05668	0.05310	0.05919	9.4488	0.2619
700	37	0.05085	0.05668	0.05310	0.05919	9.3878	0.2624
750	61	0.04746	0.05290	0.04985	0.05558	9.7841	0.2593
750	37	0.04746	0.05290	0.04985	0.05558	9.7231	0.2597
800	61	0.04449	0.04960	0.04703	0.05201	10.0194	0.2568
800	37	0.04449	0.04960	0.04703	0.05201	10.0279	0.2574
850	37	0.04188	0.04668	0.04456	0.04967	10.3632	0.2550
900	61	0.03955	0.04408	0.04237	0.04724	10.7290	0.2523
900	37	0.03955	0.04408	0.04237	0.04724	10.6375	0.2530
1000	61	0.03559	0.03968	0.03869	0.04313	11.3031	0.2484
1000	37	0.03559	0.03968	0.03869	0.04313	11.2166	0.2490
1250	61	0.02928	0.03263	0.03226	0.03596	12.6187	0.2401
1500	61	0.02439	0.02719	0.02786	0.03106	13.8379	0.2332
1750	91	0.02091	0.02331	0.02478	0.02762	14.9962	0.2271
2000	91	0.01830	0.02039	0.02256	0.02515	16.0325	0.2220

\* Los valores de resistencia son para dimensiones nominales, conductividad 97.5% IACS incrementados en un 2% por cableado, excepto en los cables de 3 hilos en los cuales el incremento es de 1%.

Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias normales de manufactura

§ La reactancia inductiva fue calculada para una distancia equivalente a 305 milímetros.



**TABLA I**  
**CABLES DE ALUMINIO (AAC)**

Codigo Mundial	Calibre			Cableado	Diametro Total mm	Tension de Ruptura Kg	Resistencia a 25° C 60 Ohms/Km	Peso Kg /Km	Amperes *
	AWG — CM	mm <sup>2</sup>	Equiv en Cobre	Numero de Alambres y Diametro					
Peachbell	6	13.287	8	7 x 1.554	4.673	252	2.2211	36.4	100
Rose	4	21.156	6	7 x 1.960	5.892	397	1.3949	58.0	140
Iris	2	33.604	4	7 x 2.473	7.416	606	0.87823	92.2	180
Pansy	1	42.376	3	7 x 2.776	8.331	737	0.69653	116.2	200
Poppy	1/0	53.470	2	7 x 3.119	9.347	894	0.55193	146.6	230
Aster	2/0	67.402	1	7 x 3.502	10.515	1125	0.43786	184.8	270
Phlox	3/0	85.011	1/0	7 x 3.931	11.785	1363	0.34716	233.1	300
Oxlip	4/0	107.199	2/0	7 x 4.417	13.258	1719	0.27532	293.9	340
Sneezewort	250.000	126.678	157.200	7 x 4.800	14.401	2032	0.23298	347.3	450
Valerian	250.000	126.678	157.200	19 x 2.913	14.579	2045	0.23298	347.3	450
Daisy	266.800	135.127	3/0	7 x 4.960	14.884	2165	0.21841	370.5	460
Laurel	266.800	135.127	3/0	19 x 3.009	15.062	2177	0.21841	370.5	460
Peony	300.000	151.962	188.700	19 x 3.192	15.976	2404	0.19420	416.7	490
Tulip	336.000	170.409	4/0	19 x 3.380	16.916	2694	0.17319	467.3	530
Daffodil	350.000	177.310	220.000	19 x 3.446	17.246	2803	0.16644	486.3	545
Canna	397.500	201.369	250.000	19 x 3.675	18.389	3120	0.14656	551.3	590
Goldentuft	450.000	227.943	283.000	19 x 3.909	19.558	3460	0.12947	625.1	640
Cosmos	477.000	241.617	300.000	19 x 4.023	20.142	3669	0.12214	662.7	670
Syringa	477.000	241.617	300.000	37 x 2.882	20.193	3900	0.12214	662.7	670
Zinnia	500.000	253.291	314.000	19 x 4.119	20.599	3846	0.11651	694.7	690
Hyacinth	500.000	253.291	314.000	37 x 2.951	20.650	4086	0.11651	694.7	690
Dahlia	556.500	281.929	350.000	19 x 4.345	21.742	4282	0.10468	773.1	730
Mistletoe	556.500	281.929	350.000	37 x 3.114	21.793	4458	0.10468	773.1	730
Meadowswee	600.000	303.924	377.000	37 x 3.233	22.631	4808	0.09710	833.5	750
Orchid	636.000	322.177	400.000	37 x 3.329	23.317	5098	0.09160	883.5	780
Heuchera	650.000	329.272	409.000	37 x 3.365	23.571	5211	0.08962	903.0	800
Verbena	700.000	354.621	440.000	37 x 3.493	24.460	5611	0.08322	972.5	830
Flag	700.000	354.621	440.000	61 x 2.720	24.485	5833	0.08322	972.5	830
Violet	715.500	362.490	450.000	37 x 3.533	24.739	5733	0.08141	994	840
Nasturtium	715.500	362.490	450.000	61 x 2.750	24.765	5964	0.08141	994	840
Petunia	750.000	379.905	472.000	37 x 3.616	25.323	5892	0.07768	1042	870
Cattail	750.000	379.905	472.000	61 x 2.816	25.349	6128	0.07768	1042	870
Arbutus	795.000	402.738	500.000	37 x 3.723	26.060	6246	0.07328	1104	900
Lilac	795.000	402.738	500.000	61 x 2.900	26.111	6500	0.07328	1104	900
Cockscomb	900.000	455.950	566.000	37 x 3.962	27.736	6926	0.06472	1250	970
Snapdragon	900.000	455.950	566.000	61 x 3.086	27.787	7212	0.06472	1250	970
Magnolia	954.000	483.298	600.000	37 x 4.079	28.549	7339	0.06106	1325	1010
Goldenrod	954.000	483.298	600.000	61 x 3.177	28.600	7647	0.06106	1325	1010
Hawkweed	1.000.000	506.586	629.000	37 x 4.175	29.235	7693	0.05825	1389	1040
Camellia	1.000.000	506.586	629.000	61 x 3.251	29.260	8051	0.05825	1389	1040
Bluebell	1.033.500	523.546	650.000	37 x 4.246	29.718	7951	0.05637	1435	1060
Larkspur	1.033.500	523.546	650.000	61 x 3.307	29.768	8282	0.05637	1435	1060
Marigold	1.113.000	563.794	700.000	61 x 3.431	30.886	8917	0.05234	1546	1100
Hawthorn	1.192.500	604.107	750.000	61 x 3.550	31.953	9525	0.04885	1656	1160
Narcissus	1.272.000	644.355	800.000	61 x 3.667	33.020	9979	0.04580	1765	1200
Columbine	1.351.500	684.990	850.000	61 x 3.782	34.036	10614	0.04308	1878	1250
Carnation	1.431.000	724.980	900.000	61 x 3.891	35.026	11022	0.04070	1987	1300
Gladiolus	1.510.500	764.970	950.000	61 x 3.997	35.991	11612	0.03857	2098	1340
Coreopsis	1.590.000	805.605	1.000.000	61 x 4.102	36.931	12247	0.03663	2209	1380
Jessamine	1.750.000	886.230	1.101.000	61 x 4.302	38.735	13471	0.03330	2431	1500
Cowslip	2.000.000	1.012.650	1.260.000	91 x 3.764	41.402	15694	0.02914	2776	1550
Sagebrush	2.250.000	1.139.070	1.415.000	91 x 3.992	43.916	17282	0.02590	3156	1650
Lupine	2.500.000	1.265.490	1.570.000	91 x 4.208	46.304	19232	0.02332	3504	1770
Bitterroot	2.750.000	1.391.910	1.730.000	91 x 4.414	48.564	21137	0.02120	3858	1900
Trillium	3.000.000	1.515.750	1.890.000	127 x 3.903	50.698	23042	0.01947	4198	1970
Bluebonnet	3.500.000	1.773.105	2.200.000	127 x 4.216	54.813	26943	0.01664	4958	2050

\* Las capacidades de los cables están calculados para 75°C en el conductor, 30°C temperatura ambiente y un viento de 0.6 m/seg. en dirección perpendicular al eje del cable.

## Cálculo de la caída de potencial

Para circuitos trifásicos balanceados:

$$V_R = R_k \times \frac{L}{1000} \times I$$

$V_R$  = Caída de potencial en la resistencia del conductor.

$R_k$  = Resistencia de un conductor en ohms por kilómetro, a la temperatura de operación.

$L$  = Longitud del circuito en metros.

$I$  = Corriente en amperes

$V$  = Voltaje entre líneas del sistema

$$\text{En por ciento } \% V_R = \frac{R_k \times L/1000 \times I}{V/\sqrt{3}} \times 100 = 0.1732 \frac{R_k \times L \times I}{V}$$

Para circuitos monofásicos

$$V_R = 2 R_k \times \frac{L}{1000} \times I$$

$$\text{En por ciento } \% V_R = \frac{2 R_k \times L/1000 \times I}{V} \times 100 = 0.2 \frac{R_k \times L \times I}{V}$$

Existen tablas y gráficas que simplifican el cálculo de la caída de potencial

## Aislamientos

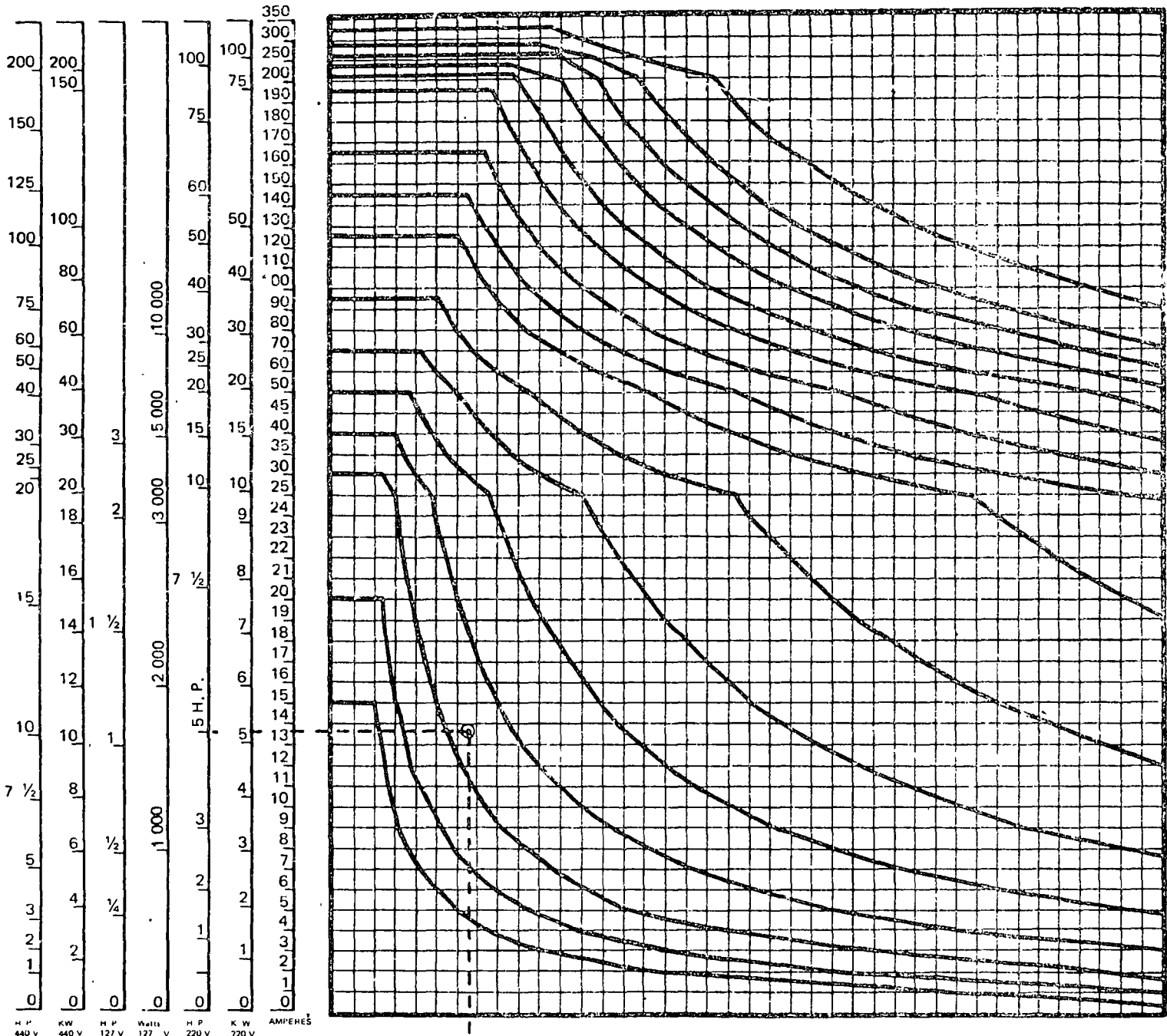
En conductores para bajo voltaje se utilizan generalmente aislamientos de cloruro de polivinilo (PVC), de polietileno negro PE y polietileno vulcanizado de cadena cruzada (XLPE)

En conductores para alto voltaje se utilizan aislamientos a base de polietileno vulcanizado de cadena cruzada (XLPE) y a base de hule etileno-propileno (EPR).

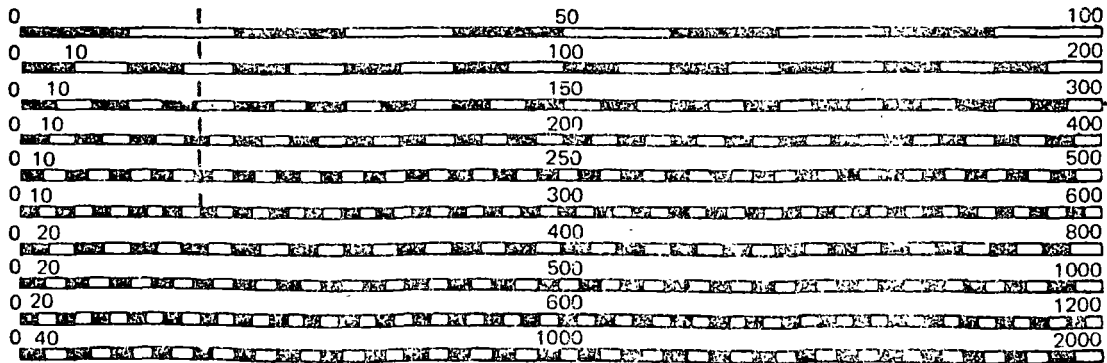
El forro o chaqueta exterior generalmente es de PVC y en algunos casos se utiliza polietileno negro PE.

### Resistencia mecánica

La carga mecánica o esfuerzo a la tensión a que son sometidos los conductores eléctricos al instalarlos (principalmente en tuberías conduit o en líneas aéreas), no debe exceder a un tercio del valor de tensión a la ruptura nominal del mismo. Estos valores se indican en las tablas de características de los conductores, anexas.



IF 2H	2F-3H 3F-4H	3F 3H 3F-4H
1% 127V		
2% 127V	1% 220V	
3% 127V	1.5% 220V	
4% 127V	2% 220V	1% 440V
5% 127V	2.5% 220V	1.25% 440V
	3% 220V	1.5% 440V
	4% 220V	2% 440V
	5% 220V	2.5% 440V
		3% 440V
		5% 440V



Ejemplo:

Para el calculo del calibre de un conductor de una linea de 100 metros, que alimentara a un motor de 5 H.P. a 220 Volts, 3 Fases, con un 3 % en pérdida de voltaje; se localizará en la columna correspondiente a H.P. y 220 Volts el valor de 5, y en el cuadro correspondiente a 3 Fases, 3 % y 220 Volts, se localizara la longitud de la línea de 100 metros. Se trazan las coordenadas y su punto de intersección se encontrará dentro del área que corresponde al calibre 8 AWG, que será el adecuado para estas necesidades.

## Conductores Aislados para Baja Tensión



### Definición

Se puede considerar como conductor para baja tensión a todo aquel que tenga un aislamiento que le permita operar en voltajes de 0 a 1000 volts en condiciones apropiadas de

seguridad.

### Clasificación

Los conductores forrados se clasifican según las propiedades del aislamiento, de acuerdo con las tablas siguientes.

### Características de Conductores

Nombre comercial	Tipo	Temp. máx. °C	Material Aislante	Cubierta exterior	Utilización
Hule resistente al calor	RH	75	Hule resistente al calor.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales secos
	RHH	90			
Hule resistente al calor y a la humedad	RHW	75	Hule resistente al calor y a la humedad.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales húmedos y secos.
Hule látex, resistente al calor.	RUH	75	90% Hule no molido, sin grano.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales secos
Hule látex, resistente a la humedad.	RUW	60	90% Hule no molido, sin grano.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales húmedos y secos.
Termoplástico	T	60	Compuesto termoplástico retardador de la flama.	Ninguna	Locales secos.
Termoplástico resistente a la humedad.	TW	60	Termoplástico, resistente a la humedad, retardador de la flama.	Ninguna	Locales húmedos y secos.

continúa

Características de los Conductores

continuación

Nombre comercial	Tipo	Temp. máx. °C.	Material Aislante	Cubierta exterior	Utilización
(8) Cables Control	B (600V)		Policloruro de Vinilo	No metálica, resistente a la humedad, a los aceites y retardadora de la flama.	Circuitos de Señalización y control.
			Polietileno		
			Polietileno Vulcanizado.		
			Estireno – Butadieno.		
			Butilo		
			Etileno – Propileno.		
	C (1000V)		Polietileno	No metálica, resistente a la humedad, a los aceites y retardadora de la flama.	
			Polietileno Vulcanizado		
			Butilo.		
			Etileno – Propileno.		
Cable Control y Potencia.	NYN NYCY	75°C	Policloruro de Vinilo.	No metálica resistente a la humedad, a los aceites y retardadora de la flama.	Señalización, Control y Potencia.
Polietileno vulcanizado resistente a la humedad y al calor.	XHHW	75	Polietileno vulcanizado.	Ninguna	Locales húmedos y directamente enterrados.
		90			Locales secos.
Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y al aceite, para máquinas herramientas.	MTW	60	Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y al aceite, retardador de la flama.	Ninguna o Nylon	Locales húmedos y alumbrado en máquinas herramientas.
		90			Locales secos, alumbrado en máquinas herramientas.
Termoplástico y asbesto	TA	90	Termoplástico y asbesto.	No metálica retardadora de la flama.	Alambrado de tableros de distribución solamente.
Termoplástico y malla de fibra.	TBS	90	Termoplástico	No metálica retardadora de la flama.	Sólo alambrado de tableros.
Sintético resistente al calor.	SIS	90	Hule resistente al calor	Ninguna	Sólo alambrado de tableros.

Nombre comercial	Tipo	Temp. máx. °C	Material Aislante	Cubierta exterior	Utilización
Aislante mineral cubierta metálica.	MI	85	Oxido de Magnesio.	Cobre	Locales húmedos y secos con ajustes terminales del tipo O.
		250			Temp. máx. de operación para aplicaciones especiales.
Silicón Asbesto	SA	90	Hule Silicón	Asbesto o vidrio	Locales secos.
		125			Temp. máx. de operación para aplicaciones especiales.
Etileno Propileno	EP	90	Etileno Propileno	No metálica resistente a la humedad y al calor y retardadora de la flama.	Locales húmedos, secos y directamente enterrados.
Etileno Propileno Fluorinado	FEP	90	Etileno Propileno Fluorinado	Ninguna	Locales secos.
	FEPB	200	Etileno Propileno Fluorinado	Malla de vidrio o malla de asbesto.	Aplicaciones especiales en locales secos.
Cambray Barnizado	V	85	Asbesto y Cambray Barnizado	No metálica	Locales secos
				Forro de Plomo	Locales húmedos y secos
Asbesto y Cambray Barnizado	AVB	90	Asbesto impregnado y Cambray Barnizado	Malla de algodón retardadora de flama	Alambrado de tableros en locales secos
	AVL	110		Forro de plomo	Locales húmedos y secos
	AVA	110		Malla de asbesto o vidrio	Locales secos
Asbesto	AIA	125	Asbesto impregnado	Con malla de asbesto o vidrio	Locales secos únicamente, instalaciones a la vista. En instalaciones solamente para conductores que van a aparatos o estén en su interior.
	AI	125	Asbesto impregnado	Sin malla de asbesto	Locales secos únicamente. En instalaciones para conductores que van a aparatos o estén en su interior. Limitado a 300 V
	A	200	Asbesto	Sin malla de asbesto	
	AA	200	Asbesto	Con malla de asbesto o vidrio	
Papel	PILC	85	Papel impregnado	Forro de plomo	Para conductores de acometidas subterráneas con permiso especial

⊕ Capacidad de Conducción de Corri en Conductores de Cobre Aislados

No mas de tres conductores instalados en conduit o directamente enterrados o un conductor de aire (Basadas en temperatura ambiente de 30° C).

Sección nominal en mm <sup>2</sup>	Calibre AWG MCM	60°C		75°C		85°C		90°C		110°C		125°C		200°C	
		Tipos RUW, T, TW, TWD, MTW		Tipos RH, RHW, RUH, THW, THWN, DF, XHHW, NMC		Tipos PILC, V, MI		Tipos TA, TBS, SA, AVB, SIS, FEP, FEPB, EP, RHH, THHN, MTW, XHHW, NMC.		Tipos AVA, AVL		Tipos AI, AiA		Tipos A, AA, FEPB	
		En conduit, cable o di- rectamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o di- rectamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o di- rectamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o di- rectamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o di- rectamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o di- rectamente enterrados.	Al aire	En conduit, cable o di- rectamente enterrados.	Al aire
2.08 3.31 5.26 8.37	14 12 10 8	15 20 30 40	20 25 40 55	15 20 30 45	20 25 40 65	25 30 40 50	30 40 55 70	25 30 40 50	30 40 55 70	30 35 45 60	40 50 65 85	30 40 50 65	40 50 70 90	30 40 55 70	45 55 75 100
13.30 21.15 26.67 33.62 42.41	6 4 3 2 1	55 70 80 95 110	80 105 120 140 165	65 85 100 115 130	95 125 145 170 195	70 90 105 120 140	100 135 155 180 210	70 90 105 120 140	100 135 155 180 210	80 105 120 135 160	120 160 180 210 245	85 115 130 145 170	125 170 195 225 265	95 120 145 165 190	135 180 210 240 280
53.49 67.43 85.01 107.20	0 00 000 0000	125 145 165 195	195 225 260 300	150 175 200 230	230 265 310 360	155 185 210 235	245 285 330 385	155 185 210 235	245 285 330 385	190 215 245 275	285 330 385 445	200 230 265 310	305 355 410 475	225 250 285 340	325 370 430 510
127 152 177 203 253	250 300 350 400 500	215 240 260 280 320	340 375 420 455 515	255 285 310 335 380	405 445 505 545 620	270 300 325 360 405	425 480 530 575 660	270 300 325 360 405	425 480 530 575 660	315 345 390 420 470	495 555 610 665 765	335 380 420 450 500	530 590 655 710 815	— — — — —	— — — — —
304 355 380 405 456	600 700 750 800 900	355 385 400 410 435	575 630 655 680 730	420 460 475 490 520	690 755 785 815 870	455 490 500 515 555	740 815 845 880 940	455 490 500 515 555	740 815 845 880 940	525 560 580 600 —	855 940 980 1020 —	545 600 620 640 —	910 1005 1045 1085 —	— — — — —	— — — — —
507	1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000	680	1165	730	1240		—



	Butilo	Poli-etileno Clorosulfonado	Etileno Propileno	Neopreno	Hule Natural	Poliuretano	Silicon
Resistividad Ohms/cm	10 <sup>17</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>15</sup> - 10 <sup>17</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>15</sup> - 10 <sup>17</sup>	10 <sup>11</sup> - 10 <sup>14</sup>	10 <sup>11</sup> - 10 <sup>17</sup>
Rigidez dieléctrica	600	500	900	150-600		350-525	100-653
Constante dieléctrica 1000 hz	2.1-2.4	7-10	3.17-3.34	9.0	2.3-3.0	5-8	3.0-3.5
Factor de potencia 1000 hz	0.0030	0.03-0.07	0.0066-0.0079	0.03	0.0023-0.0030	0.16-0.9	0.001-0.010
Resistencia a la tracción Kg/cm <sup>2</sup>	175-211	175	35	211-283	175-211	175-283	29
Elongación %	400-800	700	200-400	800-900	750-850	200-600	200-800
Densidad	0.91	1.12-1.28	0.86	1.23-1.25	0.92-0.96	1.05-1.16	0.97
Temperatura de fragilidad °C	-60	-60	-70	-55	-60	-50/-65	-65/-125
Máxima temperatura de servicio °C	150	150	180	105	150	85/150	260
Resistente a:							
oxidación	B - E	E	E	E	B	E	E
ozono	E	E	E	E	P-R	E	E
desgarre	B	E	R-B	B	MB	E	R-B
abrasión	B	E	B-E	E	E	E	P-B
radiación	P	R-B	-	P	R	B-E	R-E
ácidos diluidos	E	E	E	E	R-B	R	E
ácidos concentrados	E	MB	E	B	R-B	P	R
hidrocarburos alifáticos	P	B	P	B	P	E	P
hidrocarburos aromáticos	P	R	P	R	P	R-B	P
hidrocarburos clorinados	P	P	P	M	M	R-B	M
aceites y gasolina	M	B	P	B	M	E	P-B
Aceite animal y vegetal	E	B	B-E	B	P	E	E
Absorción de agua	E	B	E	B	E	B	E
Envejecimiento solar	M	E	E	MB	P	B	E
Envejecimiento por Temperatura (212° F)	B	E	E	B	B	B	E
Flama	P	B	P	B	P	P-B	R-E
Alcalis	M	B	MB	B	R-B	P-R	P-B

⊕ E- Excelente, MB- Muy bueno, B- Bueno, R- Regular, P-Pobre, M-Malo.

## ⊕ Espesores de Aislamiento para Cables de Alta Tensión

Aislados con:

Etileno Propileno (EP), según Norma No. S-68-516 Polietileno Natural (Pe), según Norma IPCEA No. S-61-402  
 Polietileno vulcanizado de cadena cruzada (XLP), según Norma S-66-524

Voltaje volts	Calibre AWG-MCM	Espesor de aislamiento				Prueba de corriente alterna	
		N/T		N/A		N/T	N/A
		mills	mm	mills	mm	KV	KV
2001 - 5000	8-1000	90	2.29	90	2.29	13	13
5001 - 8000	6-1000	115	2.92	140	3.56	18	22
8001 - 15000	2-1000 1-1000	175	4.45	215	5.46	27	33
15001 - 25000	1-1000	260	6.60	345	8.76	38	49
25001 - 28000	1-1000	280	7.11			42	
28001 - 35000	1/0-1000	345	8.76			49	

c) **Pantalla Electrostatica:** La función principal de la pantalla electrostatica es la de confinar el campo eléctrico al interior del aislamiento, evitando con esto gradientes de potencial peligrosos en la superficie de los cables.

La pantalla electrostatica de los cables con aislamiento sólido, está formado por dos elementos: Elemento Semiconductor, que puede ser una cinta de material textil impregnada en negro de humo ó compuesto del mismo aislamiento pero con partículas de carbón para hacerlo semiconductor. Elemento Conductor, formado por una cinta de cobre desnuda o estañada aplicada helicoidalmente sobre el aislamiento, cubriéndolo completamente, ó una espiral abierta formada por alambres de cobre desnudo o estañado.

En los cables aislados con papel y aceite no migrante, la pantalla la forma la chaqueta exterior de plomo.

En los cables aislados con papel y gas ó aceite en tuberías de acero a presión, la pantalla está formada por una cinta de material conductor (cobre ó aluminio) aplicada en el

exterior de cada uno de los conductores, en forma de una espiral abierta.

d) **Armaduras:** Existen varios tipos de armaduras para proteger a los cables de daños mecánicos. Armadura con flejes de acero, se utilizan dos flejes de acero aplicados en espiral abierta y uno cubre los espacios libres dejados por el otro y se utiliza principalmente en cables que van a ser enterrados directamente. Armadura con hilos de acero, se utiliza hilos de acero aplicados en espiral con un paso muy largo sobre el cable, cubriéndolo completamente.

e) **Cubierta Protectora:** Los cables con aislamiento sólido, utilizan cubiertas protectoras compatibles con los aislamientos (mismos coeficientes de dilatación, temperatura de operación, etc.) y éstas pueden ser de Cloruro de Polivinilo (PVC), polietileno alta densidad y neopreno.

En algunas ocasiones los cables armados se protegen de la corrosión por medio de cubierta termoplástica. Las cubiertas de yute asfaltado, se utilizan para proteger los conductores al ser instalados ya sean armados ó de papel y plomo (solid type).

## TEORIA DE LOS CABLES DE ALTA TENSION

### Introducción:

Los cables de Alta Tensión los desglosaremos en cada uno de sus elementos indicando sus características y funciones.

El aprendizaje de la anatomía de un cable aislado para alta tensión ayudará para comprender el porqué de los diferentes componentes de los Empalmes y Terminales.

### I. Partes de un conductor y sus funciones:

#### CABLES DE ALTA TENSION

##### CABLE TIPO DCS

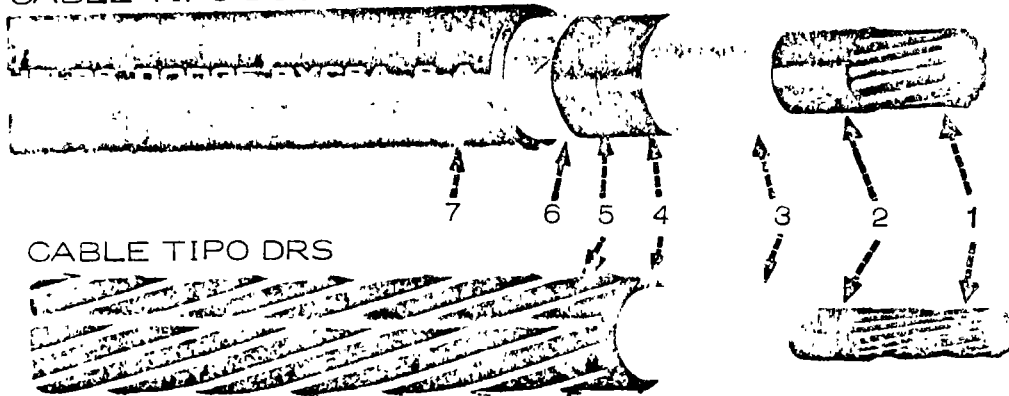


Fig. N° 1

### 1. Conductor:

Se considera conductor eléctrico a la substancia o material que

permite que una corriente eléctrica pase a través de él, con un mínimo de pérdidas.

### 1.1 Función del conductor:

La función del conductor es la de conducir la electricidad desde - el punto donde se genera hasta el punto donde se consume ó utiliza- za.

### 1.2 Tipo de conductor:

En general un conductor se compone de un hilo o alambre sólido o de varios, cableados en construcción normal o compactado.

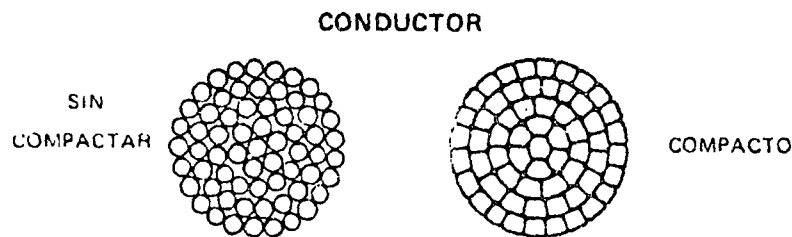


Fig. N° 2

### 1.3 Material del conductor:

Para la fabricación de conductores eléctricos se utilizan - principalmente el cobre y el aluminio.

###

1.3.1 Propiedades de los materiales conductores:

	Cobre	Aluminio
Número Atómico.	29	13
Peso Específico	8.89 gr/cm <sup>3</sup>	2.703 gr/cm <sup>3</sup>
Coefficiente de Temperatura por °C a 20°C.	0.00393	0.00403
Conductividad Eléctrica.	100%	60.97%
Conductividad Térmica.	0.93 cal/cm <sup>3</sup>	0.52 cal/cm <sup>3</sup>
Temperatura de Fusión	1083°C	660°C
Coefficiente de Dilatación lineal por °C.	16.22 x 10 <sup>-6</sup>	23.0 x 10 <sup>-6</sup>
Calor Específico.	0.0918 cal/gr/°C	0.2259 cal/gr/°C
Resistividad Volumétrica a 20°C.	0.017241 ohms-mm <sup>2</sup> /mt	0.02828 ohms-mm <sup>2</sup> /mt
Resistividad Eléctrica (ohms en 304.8m a 20°C).	10.371 ohms	17.0 ohms
Esfuerzo de Tensión, Temple duro.	38.70 kg/cm <sup>2</sup>	1820 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de Tensión, Temple suave.	2,250 kg/cm <sup>2</sup>	845 kg/cm <sup>2</sup>
Modulo de Elasticidad.	1,200,000 kg/cm <sup>2</sup>	702,000 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al Corte.	1,750 kg/cm <sup>2</sup>	665 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia Límite de Fluencia.	560 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Fig. N° 3

2. Pantalla sobre el Conductor:

2.1 Función de la Pantalla:

La función del forro semiconductor extruído directamente sobre el conductor es la de distribuir el campo eléctrico en la superficie exterior del conductor evitando con esto la concentración de esfuerzos eléctricos en la superficie del mismo

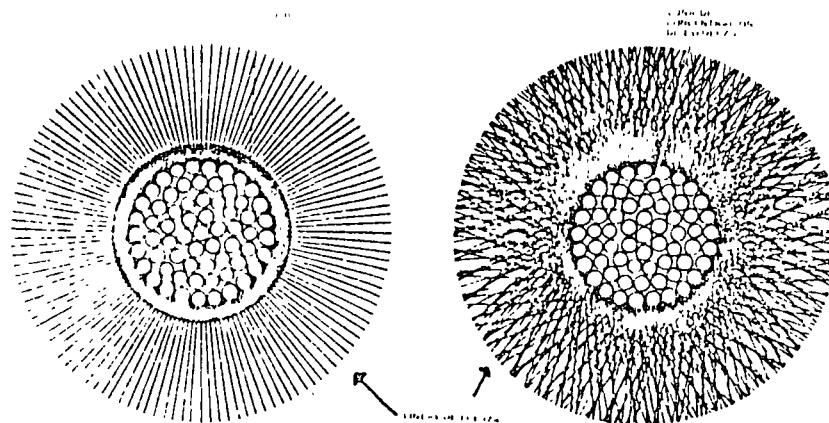


Fig. N° 4

## 2.2 Material y características:

Para configurar la pantalla sobre el conductor se utiliza un material semiconductor compatible con el aislamiento, ya sea EPR semiconductor ó Polietileno Vulcanizado de cadena cruzada - semiconductor, en ambos casos, el semiconductor es aplicado en tandem con el aislamiento teniendo con esto una liga perfecta y libre de cavidades. Las características de operación de este material son las mismas que las del aislamiento en cuanto a temperaturas de operación, elongación y envejecimiento.

## 3. Aislamiento:

Se considera como aislamiento eléctrico a la substancia o material que tiene una gran resistencia al paso de una corriente eléctrica.

### 3.1 Función del aislamiento:

La función del aislamiento es la de controlar y canalizar el flujo de electrones, que forman la corriente eléctrica, no permitiendo el paso de esta corriente através de él.

### 3.2 Tipos de aislamiento:

El continuo avance de la tecnología ha permitido ir mejorando progresivamente tanto materiales como equipo. En el inicio de la construcción de sistemas de distribución oculta o subte-

red de alta tensión, las instalaciones se efectuaban con conductores aislados con papel impregnados en aceite y forrados con plomo. Este tipo de conductores tienen el inconveniente de necesitar una mano de obra muy especializada, tanto en el tendido del conductor como en la elaboración de empalmes y terminales, además del problema que se presenta al emigrar el aceite impregnante hacia las partes bajas de la instalación, creando con esto fallas en las partes altas de la instalación donde al emigrar el aceite quedará únicamente el papel como aislante.

Para evitar estas fallas se utilizó aceite no migrante lo que eliminó el problema, subsistiendo el de la mano de obra.

Con la aparición de los aislamientos sólidos, tipo seco, el problema de la mano de obra se ha simplificado grandemente debido a que, teniendo cuidado de seguir los instructivos de los fabricantes de equipos, la elaboración de Empalmes y Terminales ha dejado de ser un problema.

### 3.3 Materiales y características:

Los principales aislamientos de tipo sólido en el mercado nacional son:

###

### 3.3.1 Policloruro de Vinilo:

Es un material termoplástico, el cual mezclado adecuadamente con otras sustancias tales como: plastificantes, estabilizadores, lubricantes, rellenos y pigmentos da por resultado un compuesto con propiedades mecánicas y dieléctricas muy variadas pudiéndose utilizar como aislamiento en baja tensión y como cubierta protectora.

### 3.3.2 Butilo:

Hule sintético, polímero del isobutileno, conteniendo pequeñas cantidades de isopreno. Este material tiene una gran resistencia a oxidación, envejecimiento, ozono y al abuso mecánico. No resiste aceites de petróleo, grasas y gasolinas y muchos solventes.

### 3.3.3 Polietileno natural:

Material termoplástico constituido por una cadena muy larga de monómeros de etileno. Es uno de los mejores dieléctricos que se conocen entre los aislamientos de tipo sólido. Muy sensible al ataque de los rayos ultravioletas.

### 3.3.4 Polietileno de cadena cruzada (XLPE):

Partiendo del polietileno natural, y utilizando procesos químicos en presencia de catalizadores, se logran moléculas de



forma tridimensional después de un proceso de vulcanizado, adquiriendo propiedades de termoestabilidad.

En este compuesto las características dieléctricas inherentes al polietileno natural no son alteradas, y sí se incrementan sus propiedades mecánicas y térmicas, resultando un material más duro, rígido y resistente al calor. Muy sensible al ataque de los rayos ultravioleta.

#### 3.3.5 Etileno Propileno Rubber (EPR):

Es un tripolímero de etileno y propileno con un dieno conjugado. Este material ofrece excelente resistencia al ozono, intemperie, luz solar, efecto corona y calor. Retiene sus propiedades mecánicas al exponerlo a vapor, algunos solventes y agentes químicos. Presenta pobres propiedades al contacto con grasas y aceites derivados del petróleo.

#### 3.4 Teoría sobre Aislamientos:

Debido a que los aislamientos nunca son puros u homogéneos, lo que sería el aislamiento ideal, sino que son mezclas de diferentes tipos de dieléctricos tratando de combinar las propiedades de los mismos para obtener un producto adecuado al trabajo a desempeñar. El diseño, desarrollo y aplicación de los dieléctricos es un camino muy largo y de una gran especialización dentro de la In-

geniería Eléctrica. Por lo tanto, solamente trataremos los conocimientos básicos sobre los aislamientos.

### 3.4.1 Campo eléctrico:

Se define como una región del espacio donde existe electricidad capaz de ejercer una fuerza.

Una de las manifestaciones fundamentales de un campo eléctrico de fuerza, es que este campo de fuerza tiene la habilidad o potencialidad de hacer un trabajo. Este potencial eléctrico de trabajo es llamado voltaje por lo que, un campo eléctrico siempre estará interrelacionado con su correspondiente voltaje.

El campo eléctrico lo podemos representar por líneas de fuerza -- que parten de la parte positiva (+) y terminan en la parte negativa (-). La correspondencia o interrelación de voltaje con el campo de fuerza puede ser representada por líneas de igual gradiente de voltaje las que son perpendiculares a las líneas del campo eléctrico.

Gradientes de Voltaje      Líneas de Fuerza de Campo eléctrico

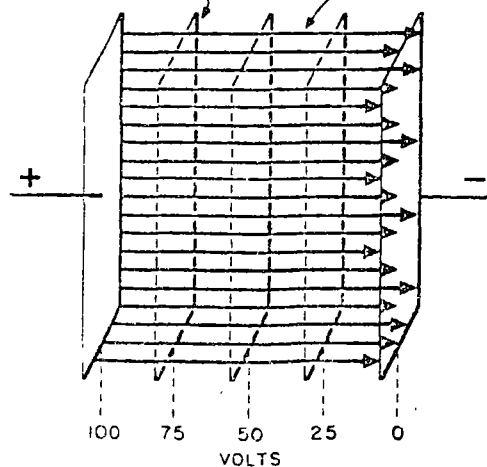


Fig. N° 5

El campo eléctrico ejerce una fuerza en los electrones (cargas negativas). Los electrones comprendidos dentro del campo eléctrico y que puedan ser desplazados se mueven adquiriendo velocidad hacia la placa positiva

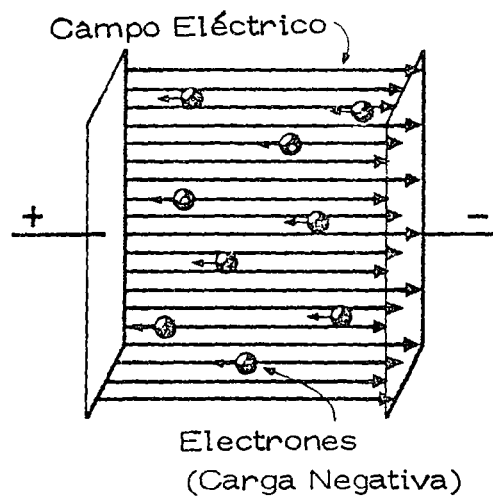


Fig. N° 6

La fuerza con que se mueven estos electrones depende de la fuerza del campo eléctrico. La energía y velocidad adquiridos por la aceleración de los electrones al ir de la placa negativa hacia la placa positiva, serán según la posición donde se encuentren los electron-volts que tenga, llegando a tener el 100% del voltaje al llegar a la placa positiva. El movimiento de estas cargas constituye una conducción de corriente ó sea una corriente eléctrica.

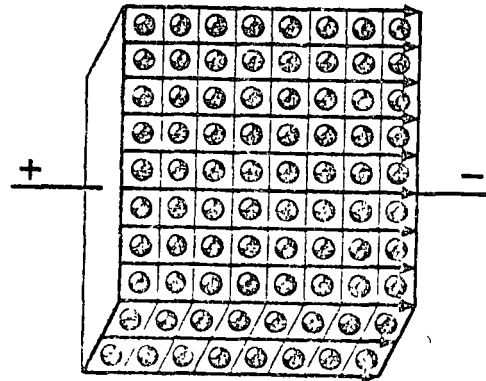


Fig. N° 7

Teniendo un bloque de material dieléctrico entre ambas placas y considerando que las moléculas están distribuídas como se ilustra, la fuerza creada por el campo eléctrico y que actúa sobre los electrones, no los desplaza, debido a su ligamiento molecu--

lar no teniendo por esto un flujo de electrones entre ambas placas como en el caso anterior, este material actúa como una barrera - sin electrones libres no permitiendo la conducción ó tener corrientes de fuga. En la práctica no existe un material con una resistividad infinita, lo que sería el aislamiento ideal.

Los buenos aislamientos tienen muy pocos electrones libres teniendo como consecuencia corrientes de fuga muy pequeñas.

El campo eléctrico somete a los aislamientos a algunos efectos electromagnéticos.

Los principales efectos son:

#### 3.4.1.1. Efectos de Conducción:

Está asociado con la pequeña fuga de corriente debida a los electrones libres en el aislamiento. Esta fuga de corriente produce una pérdida eléctrica pequeña que se calcula con la fórmula :  $I^2 R$ .

Los materiales aislantes se seleccionan y procesan para dar una resistencia ohmica muy elevada, para que en condiciones normales de operación las pérdidas debidas a la fuga de corriente sean muy pequeñas y se consideren despreciables. Cualquier factor que degrade o reduzca la resistencia del aislamiento introduce la posibilidad de una fuga de corriente localizada que puede originar un deterioramiento y la consecuente falla del aislamiento.

Analícemos diagramalmente la distorsión del campo eléctrico debido a una impureza en el aislamiento.

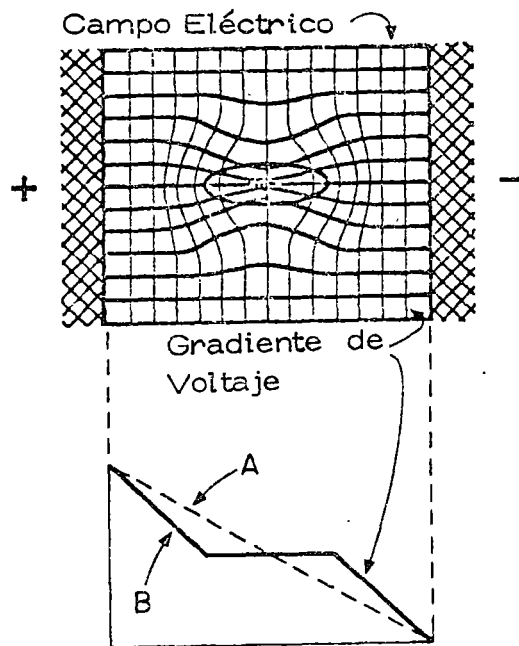


Fig. N° 8

Cuando se presenta la impureza, las líneas del campo eléctrico se concentran y no se distribuyen uniformemente.

El gradiente de voltaje por unidad de espesor del aislamiento se incrementa creando con esto un mayor esfuerzo en el punto de la impureza. Si el esfuerzo resultante excede la capacidad del dieléctrico, puede ocurrir el rompimiento debido al desplazamiento brusco de electrones. Normalmente el número de electrones libres permanece constante pero en campos eléctricos intensos y en puntos anormales del aislamiento, los electrones libres que se desplazan -

pueden dar origen a otros debido al choque, quedando los átomos en condiciones de ionización haciéndolos conductivos. Los electrones liberados de los átomos y los electrones libres crean una cascada ó avalancha. El calor del sendero conductor, y la alta corriente de fuga creada puede llevarlo a la rotura del aislamiento.

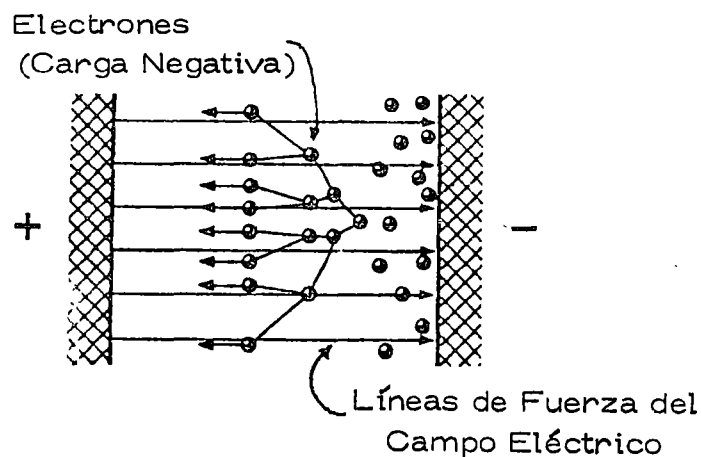


Fig. N° 9

#### 3.4.1.2 Efecto de Polarización:

Está asociado con la concentración de cargas en la molécula de los dieléctricos, y estos son debidos a los electrones. Estas concentraciones de carga están clasificadas como "Polares y no Polares".

3.4.1.2.1. En dieléctricos polares, las concentraciones de carga están ligeramente separadas formando dipolos con una polaridad espacial negativa y positiva definida. Las moléculas de estos ele-

mentos están normalmente sin ninguna orientación. (Fig. 10-A).

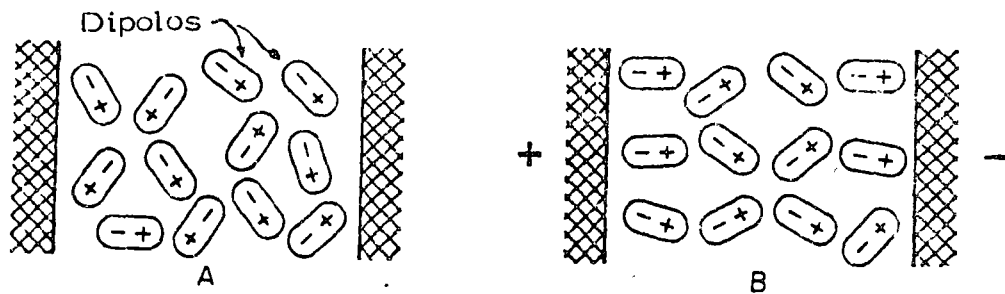


Fig. N° 10

Al poner este material dentro de un campo eléctrico, las moléculas tienden a orientarse siguiendo la dirección del campo eléctrico, este fenómeno es reversible, según se mueva la polaridad del campo, en caso de corriente alterna el campo variable somete a una rotación periódica a las moléculas del dieléctrico.

6.4.1.2.2 En dieléctricos no polares, las concentraciones de carga positiva y negativa están normalmente en simetría central y no hay separación polar. En un campo eléctrico, la simetría se distorsiona por la atracción y repulsión mutua causando la creación de una estructura bipolar inducida. Cuando el campo se invierte, la polarización de las moléculas también se invierte, de modo que con corriente alterna, las moléculas son forzadas a oscilar. Esta oscilación está afectada directamente por la frecuencia.



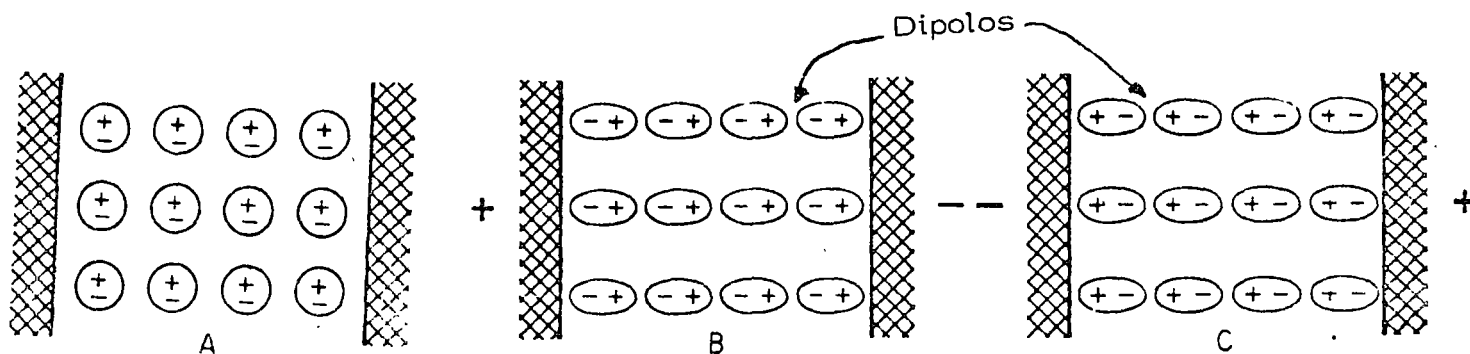


Fig. N° 11

3.4.1.2.3 La oscilación y rotación molecular están acompañadas por un desplazamiento de corriente. Esta corriente produce una pérdida de calor que depende del tipo del dieléctrico y la intensidad del campo eléctrico.

### 3.4.1.3 Efecto de ionización:

Está generalmente asociado con la presencia de gases atrapados en burbujas que pueden causar gradientes anormales de voltaje y con la humedad u otras impurezas pueden disociarse y producir corrientes de conducción electrolítica.

La introducción de humedad dentro de los aislamientos, es particularmente destructiva. La humedad siempre lleva sustancias disueltas que forman una solución química. Bajo un esfuerzo de voltaje estas sustancias tienden a disociarse en iones electroquímicos positivos y negativos que son altamente conductivos. También estas soluciones pueden formar gases por acción electrolítica que con-

tribuyen a la distorsión y degradación del aislamiento.

#### 3.4.1.4 Efecto de descargas parciales ó corona:

Este se manifiesta físicamente por presencia de des cargas luminosas en la superficie de los dieléctricos debidos a la ionización del aire adyacente y ocurre generalmente en potenciales cercanos a los 10 KV.

Los aislamientos son seleccionados por su alta resistencia eléctrica para reducir al mínimo las pérdidas por corrientes de fuga y - alta estabilidad térmica para soportar y disipar las pérdidas por - polarización.

Estos materiales son aplicados con un alto grado de seguridad y - en procesos diseñados para reducir al mínimo la entrada de contaminantes y poder mantener la integridad del aislamiento ó sea que un buen aislamiento se basa en: Escoger propiamente los materiales y un método de aplicación que logre una firmeza estructural.

#### 4. Pantalla Semiconductora sobre el Aislamiento:

##### 4.1 Función de la pantalla.

Este forro semiconductor actúa como distribuidor del campo eléctrico confinándolo al interior del aislamiento.

##### 4.2 Material y características:

En la elaboración de esta pantalla se pueden utilizar varios materiales, los más comunes son:

4.2.1 Barniz Semiconductor:

A base de una resina y negro de humo.

4.2.2 Cinta semiconductora:

Normalmente de material textil impregnada en negro de humo.

4.2.3 Extruídos:

Del mismo material que el aislamiento pero con partículas de carbón para hacerlo conductor.

5. Pantalla conductora sobre el aislamiento.

5.1 Función de la pantalla:

Este elemento conductor en contacto con la pantalla semiconductora puede tener dos funciones:

5.1.1 Como pantalla electrostática trabajando en contacto con la pantalla semiconductora y llevando el potencial de tierra a la superficie misma del cable logrando con esto que no haya gradientes de potencial peligroso en la superficie del mismo.

5.1.2 Como conductor neutro.

En estos casos la conductividad del conductor concéntrico será igual a la del conductor central en instalaciones monofásicas, para instalaciones trifásicas. El conductor concéntrico tendrá una conductividad de  $1/3$  de la del conductor central.

#### 5.2 Material y características:

Para la pantalla conductora se utilizan cintas de cobre desnudo, cintas de cobre estañado, alambres de cobre desnudo ó alambres de cobre estañado.

Las cintas de cobre tanto desnudas como estañadas y los alambres de cobre desnudos se utilizan en cables en que esta pantalla forma parte de la pantalla electrostática.

Los alambres de cobre estañados se utilizan para cables donde se lleve el neutro concéntrico.

#### 5.3 Conexión de pantallas:

La conexión de la pantalla de los cables puede ser:

5.3.1 Pantalla abierta: ó sea sin ninguna conexión a tierra.

5.3.2 Pantalla conectada en un punto ó sea conectada a tierra en un sólo extremo del cable, no teniendo ninguna corriente circulante a través de la misma.

5.3.3 Pantalla multiterrizada: o sea que tiene varios puntos - de conexión a tierra. Al tener varios puntos de conexión se present~~an~~ corrientes circulantes a través de la pantalla generando pérdidas por efecto "joule" reduciendo con esto el amperaje a transmitir del cable, debido a que el calor generado en la pantalla se suma al calor del medio ambiente reduciéndose así la temperatura a la que pudiéramos elevar el conductor para tener la temperatura de trabajo del cable.

## 6. Cinta separadora:

### 6.1 Función de la cinta separadora:

La cinta separadora tiene por objeto evitar que la chaqueta protectora del cable se pegue a la pantalla electrostática y así facilitar en la instalación la colocación de Empalmes y Terminales.

### 6.2 Material y características:

La cinta que normalmente se usa es una cinta Mylar, no metálica no higroscópica.

## 7. Chaqueta o cubierta protectora:

7.1 Función de la chaqueta: Esta cubierta protectora tiene como función proteger a los elementos del cable contra daños mecánicos.

## 7.2 Material y características:

Los materiales más usados como cubiertas protectoras son: PVC (Cloruro de Polivinilo), Polietileno natural (PE), Plomo (Pb) y neopreno.

El material de la chaqueta debe ser compatible con el material del aislamiento y tener los mismos coeficientes de dilatación y temperatura de operación.

## 8. Tipos de instalación:

Las formas en que se puede hacer una instalación subterránea son:

### 8.1 Directamente enterrados:

Se consideran directamente enterrados cuando no se cuenta con ningún otro material entre el cable y el subsuelo.

### 8.2 En ducto:

Estas instalaciones cuentan con un sistema de tuberías ó ductor que unen registros entre sí pudiéndose sacar los conductores sin hacer excavaciones ó sea que tenemos entre el subsuelo y el cable el material del ducto.

### 8.3 Al aire:

En estas instalaciones los conductores se encuentran colo

cados como si fuera una línea aérea.

#### 8.4 En charolas:

Estas instalaciones son realmente instalaciones al aire pero no con un gran número de soportes.

#### 8.5 Submarinos:

Los conductores eléctricos también pueden instalarse de -- forma tal que siempre estén bajo el agua, teniendo en cuenta las -- cualidades no higroscópicas en los elementos que formen el cable, - principalmente en su aislamiento y chaqueta protectora.

**SEMPED** *división de conexiones*

SEMENARIO DE EMPALMES Y TERMINALES

TEORIA DE EMPALMES Y TERMINALES

ING. FERNANDO MONZON

GUADALAJARA, JAL.

NOVIEMBRE, 1977



## TEORIA DE EMPALMES Y TERMINALES

### 1 Análisis de un conductor y su campo eléctrico.

#### 1.1 Líneas Equipotenciales ó de igual gradiente de voltaje.

1.1.1 Al analizar un conductor aislado para alta tensión, -  
tenemos que el voltaje aplicado se encuentra distribuído de 0 a 100%  
entre la pantalla y el conductor central.

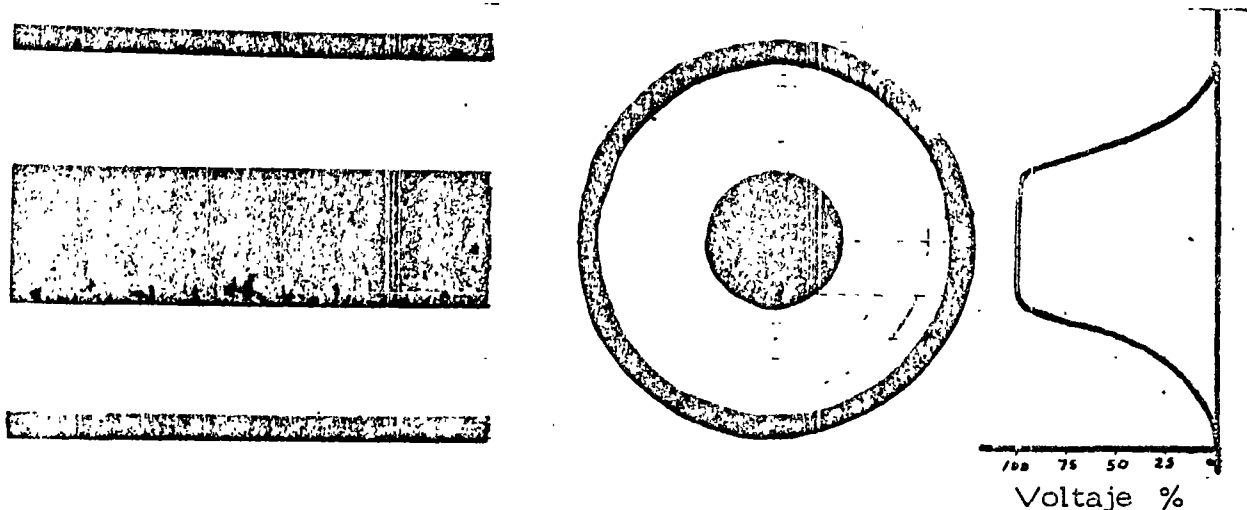


Fig. N° 1

formándose círculos concéntricos de igual potencial a diferentes dis\_  
tancias del centro. Estas líneas se denominan líneas equipotencia-  
les teniendo su mayor gradiente de potencial cercano al conductor.

#### 1.2 Líneas del campo eléctrico o de esfuerzos.

1.2.1 Haciendo el análisis del conductor anterior vemos que

las líneas del campo eléctrico de esfuerzos son perpendiculares a las dos pantallas del cable

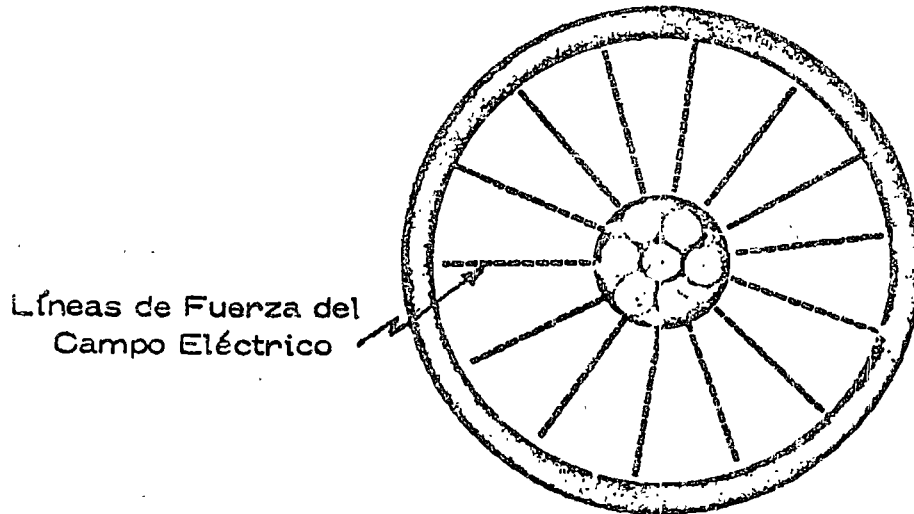


Fig. N° 2

o sea que son líneas radiales al centro del conductor, teniéndose la mayor concentración sobre la superficie de la pantalla del conductor.

1.3 La combinación de ambas líneas dentro de un conductor se encuentran en un perfecto equilibrio y distribución de esfuerzos sin crear ninguna concentración que pudiera originar la ruptura del aislamiento.

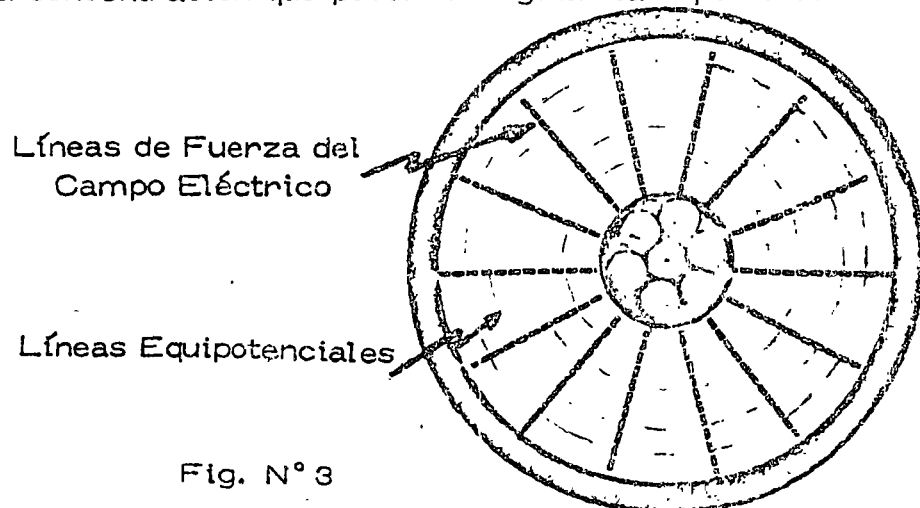


Fig. N° 3

Toda instalación de cable tiene dos extremos en los cuales - se corta el conductor para unirlo a otros elementos. Al efectuar este corte es necesario retirar la pantalla electrostática para evi- tar un arqueo, al retirar una porción de esta pantalla el campo --- eléctrico sufre considerables modificaciones y alteraciones que - ponen en peligro la operación del sistema. La pantalla deja de te- ner control de los esfuerzos tanto longitudinales (líneas equipoten- ciales) como de las transversales ó radiales (líneas de esfuerzos) creandose una concentración de estos esfuerzos a la terminación de la pantalla.

1.4 Punto de concentración de esfuerzos.

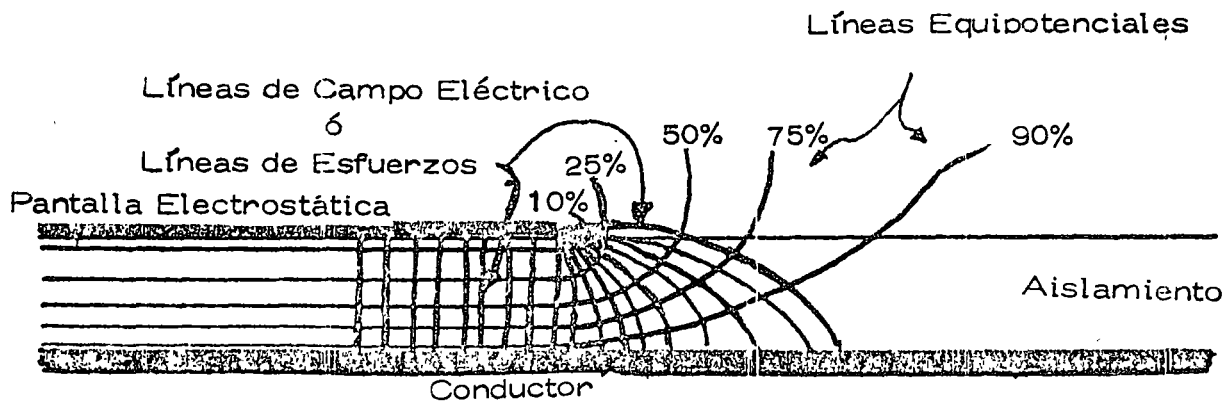


Fig. N° 4

## 2 Diferentes Técnicas para efectuar el Alivio de Esfuerzos

2.1 Preparación de un cable de Alta Tensión, Tipo DRS para elaborar un empalme o terminal.

2.1.1 Teniendo cuidado de no doblar el cable más de lo permitido preséntelo en su posición definitiva y corte en escuadra el exceso del mismo.

2.1.2 Retire el conductor neutro a la distancia especificada por el fabricante del accesorio, haga un amarre para sujetar los hilos del neutro y tuérsalos hasta formar un solo grupo.

2.1.3 Retire el forro semiconductor haciendo un corte circular a la distancia especificada y un corte longitudinal a todo lo largo procurando no dañar el aislamiento.

2.1.4 Retire el aislamiento del cable en la punta procurando no dañar al conductor, limpiándolo perfectamente.

2.1.5 Haga una punta de lápiz lijando el aislamiento para dejarlo terso usando exclusivamente lija de material no conductor.

2.1.6 Con solvente limpie perfectamente la superficie del aislamiento procurando no pasar el material semiconductor hacia el aislamiento.

2.2 Métodos para efectuar el alivio de esfuerzos.

2.2.1 Cono deflector prefabricado. Constituye una continuación expandida en diámetro del blindaje electrostático. Puede ser un

cono metálico ó de material plástico metalizado con una sección parabólica que se inserta sobre el blindaje y se utiliza en terminales con resina.

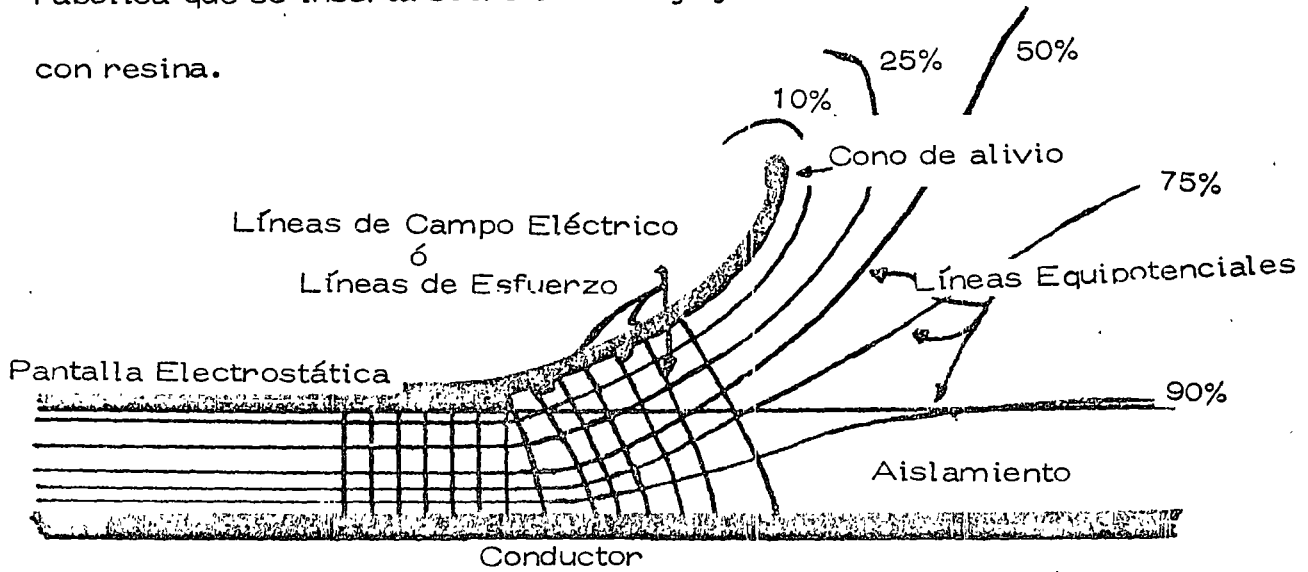


Fig. N° 5

2.2.2 Cono de alivio encintado. Este es una variante del anterior en que el espandimiento del blindaje se logra mediante un aislamiento a base de cinta autofundente y sobre él una cinta semiconductora hasta la parte superior de la cinta aislante.

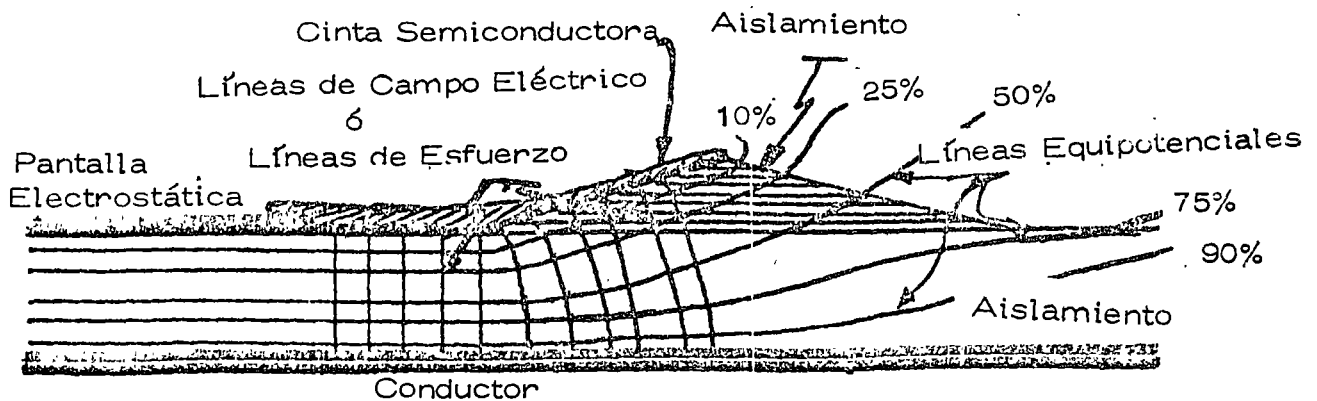


Fig. N° 6

2.2.3 Control del campo eléctrico a través de materiales con diferentes constantes dieléctricas.

2.2.3.1 Consideremos dos materiales aislantes de diferente constante eléctrica, dispuestos en serie con el campo eléctrico perpendicular a la interfase entre ambos dieléctricos.

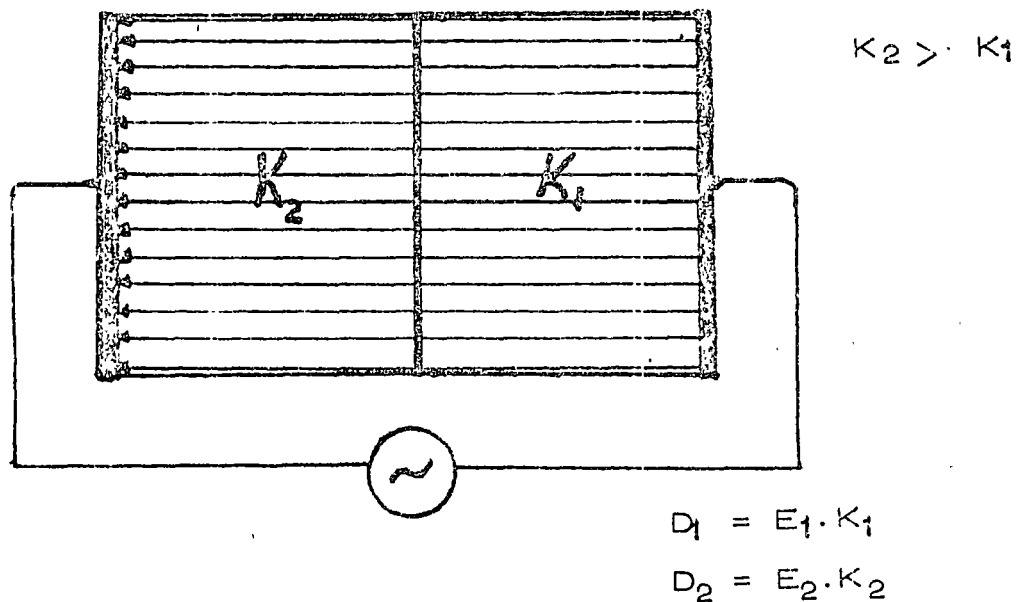


Fig. N° 7

Siendo  $E_1$  y  $E_2$  los respectivos gradientes de potencial, como en este caso la densidad de flujo es constante entre ambas placas

$$D_1 = D_2$$

$$E_1 \cdot K_1 = E_2 \cdot K_2$$

$$E_2 = \frac{K_1}{K_2} E_1 \quad E_2 < E_1$$

o sea que la intensidad de campo es mayor en el aislamiento de ma  
yor constante dieléctrica.

2.2.3.2 Consideremos los aislamientos dispuestos en paralelo.

El campo eléctrico es paralelo a la interfase entre ambos dieléctrico  
cos.

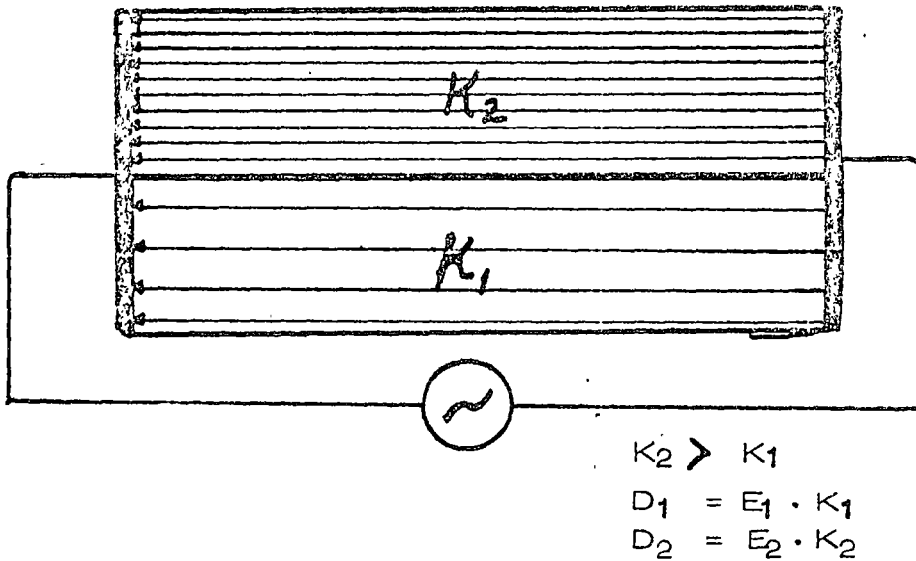


Fig. # 8

La diferencia de potencial aplicada a ambos dieléctricos es la mis  
ma:

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{D_1}{K_1} = \frac{D_2}{K_2}$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1} D_1 \quad D_2 > D_1$$

o sea que la densidad de flujo es mayor en el aislamiento de mayor constante dieléctrica.

2.2.3.3 Considerando los aislamientos dispuestos en forma angular o sea que la interfase de los aislamientos no es perpendicular ni paralela al campo eléctrico.

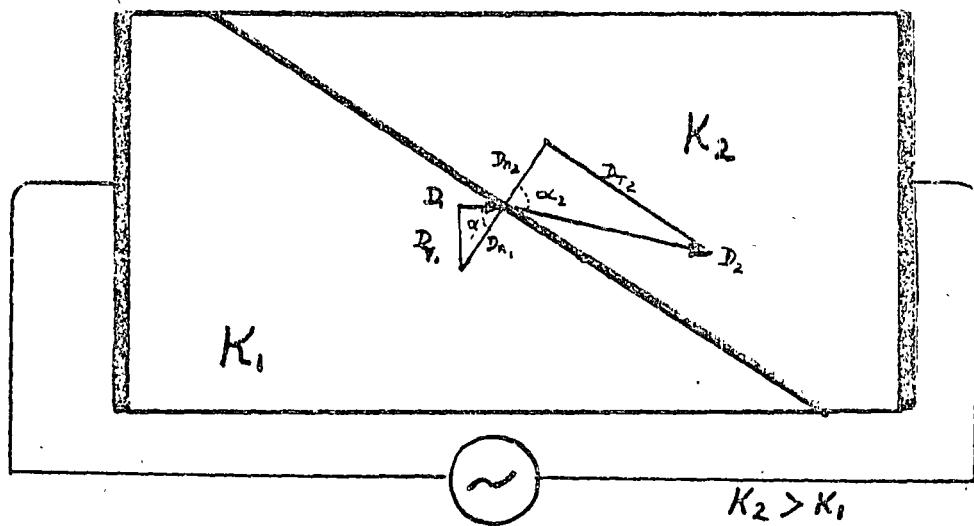


Fig. N° 9

Descomponiendo  $E_1$  y  $E_2$  y  $D_1$  y  $D_2$  en sus respectivos componentes normales y tangenciales a la interfase y aplicando lo deducido en los casos anteriores y siendo  $\alpha_1$ , el angulo de incidencia y  $\alpha_2$  al angulo de refracción tenemos:

$$D_{n2} = D_{n1}$$

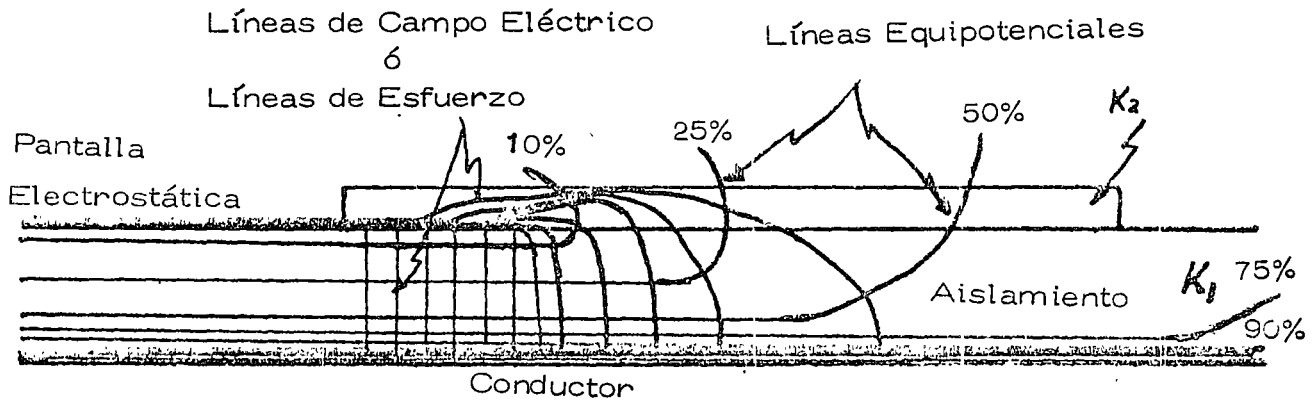
$$D_{T2} = D_{T1} \frac{K_2}{K_1}$$

resultando que:

$$\frac{T_g \alpha_2}{T_g \alpha_1} = \frac{K_2}{K_1}$$



2.2.3.4 Aplicando lo antes visto a un conductor tenemos: que las líneas de campos eléctricos o de esfuerzos que se originan y parten perpendicularmente del conductor, atraviesan el aislamiento y se refractan en la interfase del aislamiento y del material de mayor constante dieléctrica y se dirigen por dentro del mismo hacia el blindaje electrostático.



Control de Campo con materiales de constantes dieléctricas más altas que el aislamiento.

Fig. N° 10

Debido a la elevada constante dieléctrica se permiten valores de densidad  $D=E \cdot K$ . muy elevados con bajos valores resultantes de gradientes de potencial, produciéndose una distribución lineal del voltaje

Estas propiedades son utilizadas por los accesorios a base de cintas especiales y tubos thermocontractiles.

### 3 Clasificación de accesorios.

#### 3.1 Clasificación de Empalmes.

Los empalmes se pueden clasificar según su

3.1.1 Aplicación: pudiendo estos ser Rectos para continuar un conductor ó con Derivación para sacar de un circuito un ramal u acometida.

3.1.2 Tipo de conexión: Esta puede ser Permanente o sea que no se puede eliminar siendo esta la que se usa más frecuentemente ó separable cuando esta conexión se puede eliminar utilizándose en contados casos.

3.1.3 Tipo de aislante: El aislamiento para hacer un empalme puede ser: Cintas, cuando se utilicen diferentes cintas para restituir los elementos del cable. Premoldeados: Estos elementos contienen ya prefabricados todos los elementos del cable. Thermcon tráctiles: Cuando se utilizan materiales thermocontractiles para reponer los elementos del cable. Rellenos: Cuando se utilizan moldes y estos son rellenos con resinas o materiales asfálticos para hacer el aislamiento.

### 3.2 Clasificación de Terminales.

Las terminales las podemos clasificar según su

#### 3.2.1 Tipos de Instalación:

Interior: Cuando la terminal no tenga ninguna protección contra el medio ambiente.

Exterior: Cuando cuente con protección con el medio ambiente.

#### 3.2.2 Número de fases:

Monofásicas: Cuando se encuentra instalada una terminal por cada fase ó conductor.

Trifásicas: Estas se instalan en cables trifásicos o sea que contienen 3 conductores aislados dentro de una misma cubierta.

#### 3.2.3 Forma de Alivio de Esfuerzos:

Cintas: Por medio de cintas se construye el cono de alivio de esfuerzos y la protección exterior.

Premoldeadas: Dentro de una unidad de material plástico se diseña y construye el cono de alivio formando este una sola pieza con el resto del aislamiento.

Thermocontráctiles: Con materiales thermocontráctiles

elaboran el cono de alivio y protección exterior.

**Porcelana:** Son aquellas que utilizan casquillos de porcelana y rellenos de distintos materiales y compuestos - aislantes siendo la porcelana la protección contra el medio ambiente.

### 3.3 Conectores premoldeados:

Accesorios que nos sirven para conectar las redes subterráneas a los diferentes equipos y hacen la función de un empalme o terminal indistintamente según se utilicen y se pueden clasificar dependiendo de su operación en:

#### 3.3.1 Conectores de Operación sin carga y sin potencial.

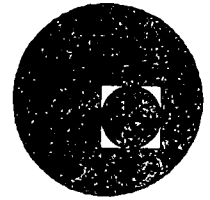
Estos conectores tienen interconstruído en su interior el cono de alivio y no están capacitados para ser operados con energía. Para la operación de estos accesorios es necesario desenergizar totalmente el sistema.

#### 3.3.2 Conectores de Operación con Carga y con Potencial.

Estos conectores, como los anteriores, también tienen interconstruído el cono de alivio y además están capacitados por medio de elementos de interrupción de arco a operar con carga y potencial inclusive se pueden operar en condiciones de circuito corto ó sea "cierre con falla".



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

METODOS DE PROTECCION

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

JULIO, 1978.

SEPTIMA SESION

Lunes 17 de junio.

INGENIERO CARLOS MARTINEZ CALDERON.

#### 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 interrupto -- res 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 interrup -- pir.

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
- 2) termomagnéticos.

## 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.



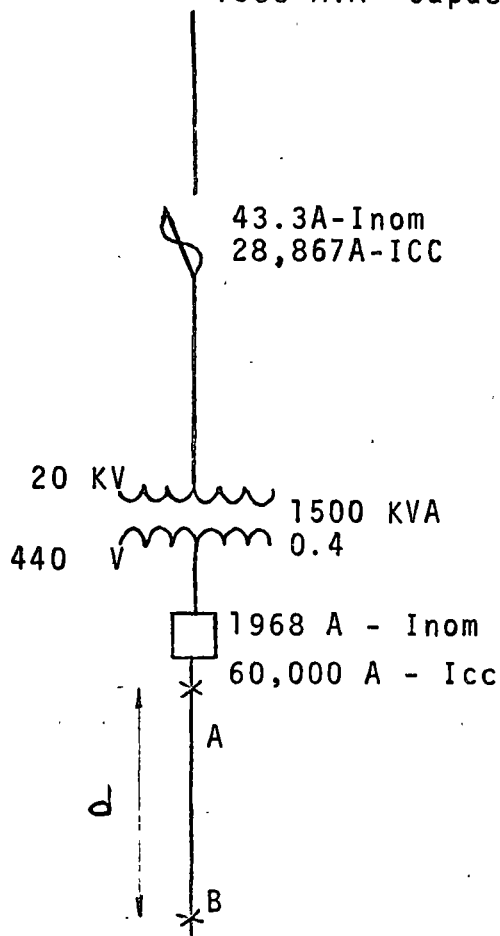
Los electromagnéticos operan cuando el valor de la corriente - alcanza un determinado valor al atraer la armadura del dispositio de disparo.

Una combinación de disparo térmico (para protección de sobrecargas moderadas) y disparo magnético instantáneo (para corto circuito) se proporciona en los interruptores termomagnéticos.

Deben ser capaces de abrir y cerrar su corriente nominal repetidamente y de abrir la corriente de corto circuito de diseño.

### CALCULO SIMPLIFICADO DE CORTO CIRCUITO

1000 MVA Capacidad de c.c. de la Cía. suministradora



$$\text{Impedancia pu} = Z_s \cdot 0/1 = \frac{\text{KVA}_b}{\text{KVA}_{cc}} = \frac{1500}{1000,000} = 0.0015$$

c.c en el punto A

$$\text{Reactancia total} = 0.0015 + 0.04 = 0.0415$$

$$\text{KVA}_{cc} = \frac{1500}{0.0415} = 36,145 \text{ KVA}$$

$$I_{cc_s} = 47,427 \text{ A}$$

$$I_{cc_{as}} = 1.25 \times 47,427 \text{ A} = 59,284 \text{ A}$$

Diagrama unifilar

Si el c.c. ocurre en el punto B, d metros después del punto A, la impedancia del alimentador contribuirá a limitar el valor del c.c.

Para simplificar el cálculo existen tablas que realacionan el valor del c.c. con la longitud del alimentador.

METODO SIMPLIFICADO DE CALCULO DE VALORES DE FALLA PARA SISTEMAS ELECTRICOS.

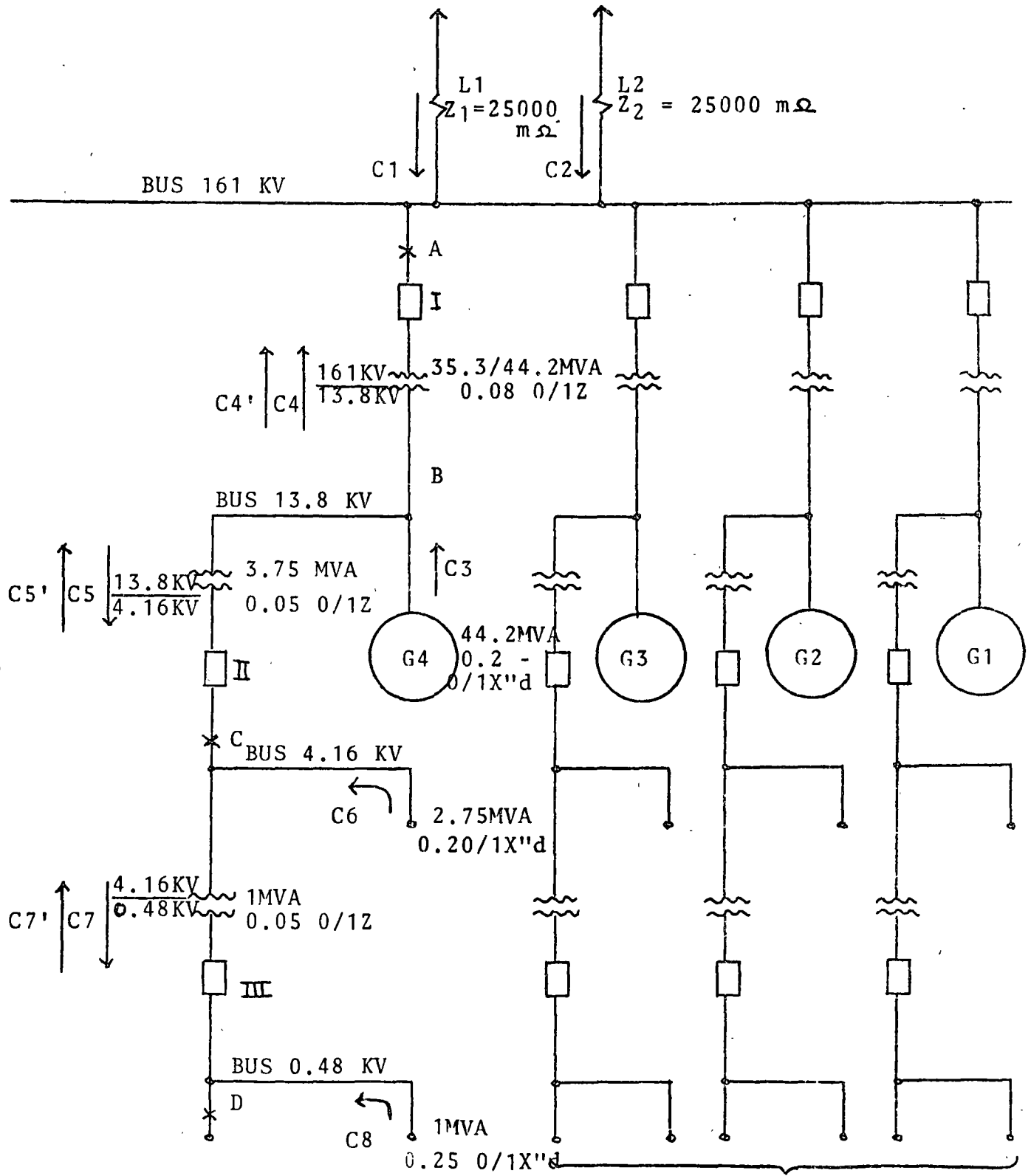
Uno de los procesos más útiles, como herramienta fundamental de un Ingeniero especializado, es la determinación de los valores de falla en los diferentes puntos de un sistema a partir de los datos que nos son presentados en cada caso.

Existen diferentes medios de determinar los niveles de falla -- mencionados en que se emplean diferentes aspectos de la tecnología matemática. Cuando se presenta el caso del cálculo de una falla trifásica en un sistema, es suficiente con conocer y emplear los elementos básicos de la matemática; los de la aritmética.

La intención del presente trabajo es presentar un sistema rápido, sencillo, claro y de exactitud suficiente para la mayoría de las aplicaciones, como son: selección de interruptores y cables, y determinación de esfuerzos electro mecánicos derivados de una corriente de falla.

Con objeto de tener un sistema con la mayor cantidad de elementos que nos puedan proporcionar suficientes puntos en diferentes niveles de tensión, pondremos como ejemplo el siguiente caso:

DIAGRAMA UNIFILAR BASICO DE CALCULO



SISTEMAS IGUALES AL No. 4

Fig. No. 1

UNIDADES A EMPLEAR:

Por comodidad, haremos uso de las unidades siguientes:

Potencia nominal de generadores, transformadores y motores en MVA.

Potencia de corto circuito en MVA.

Impedancias y reactancias transitoria y subtransitoria en por unidad.

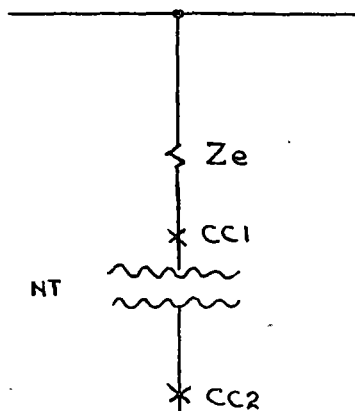
Impedancias de líneas en miliohms.

Tensiones en kilovolts.

DIFERENTES CONSTANTES DE CONTRIBUCION A UNA FALLA.

Cuando ocurre una falla de corto circuito en un sistema, existen diferentes fuentes de contribución y diferentes medios de limitación de tal contribución:

1.- RED ALIMENTADORA.

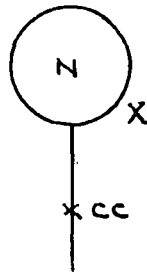


$$Z_e = \frac{NT}{CC1}$$

$$CC2 = \frac{NT}{\frac{NT}{CC1} + Z_T}$$

--- (1)

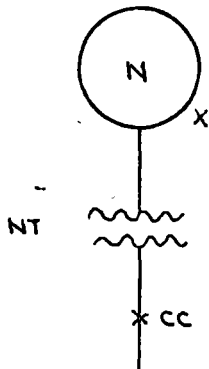
2.- EQUIPO ROTATORIO.



$$CC = \frac{N}{X}$$

-- (2)

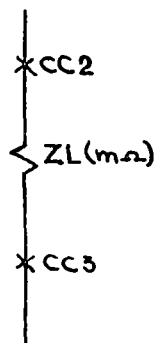
3.- EQUIPO ROTATORIO A TRAVES DE UN TRANSFORMADOR.



$$CC = \frac{\frac{N}{\frac{NT}{N} + ZT}}{\frac{N}{X}} = \frac{N}{\frac{NT}{N} \cdot X + ZT}$$

-- (3)

4.- LINEA SUMINISTRADORA O PASO POR REACTOR.



$$MVA = \frac{1000 KV^2}{ZL (m\Omega)}$$

$$CC3 = \frac{KV^2}{Ze + ZL} = \frac{KV^2}{\frac{KV^2}{CC2} + ZL} = \frac{1}{\frac{1}{CC2} + \frac{ZL}{1000KV^2}}$$

(4)

### CONSIDERACIONES SOBRE LA NATURALEZA DE LA FALLA.

Para el cálculo de una falla de corto circuito en una red, es necesario saber que es lo que se va a calcular:

- 1.- Valores momentáneos.
- 2.- Valores de interrupción.

Para poder observar más gráficamente esto, a continuación incluimos una gráfica tiempo-corriente del comportamiento de -- una máquina bajo condiciones de circuito corto.

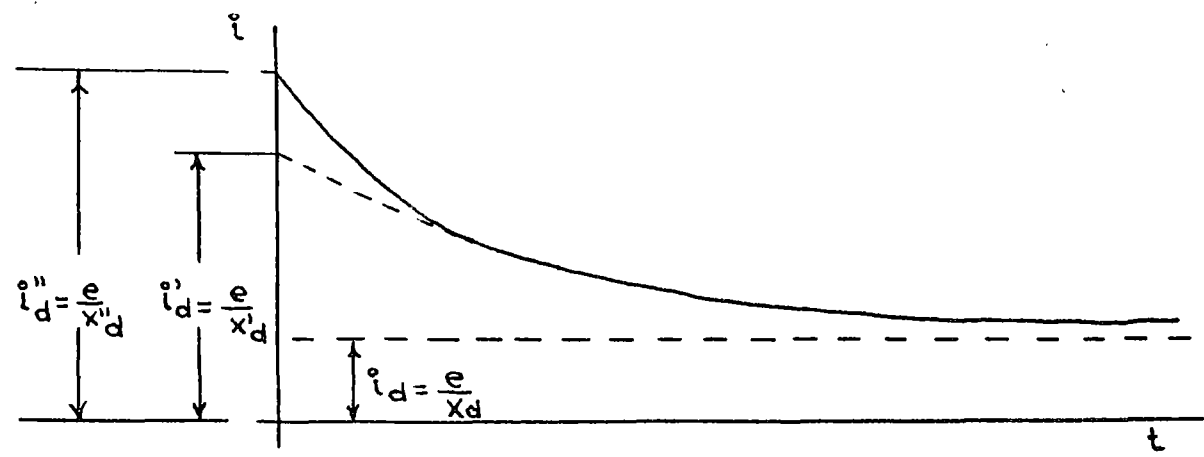


FIG. Nº 2

En la cual podemos observar la corta influencia de la componente subtransitoria ( $i''_d$ ), la más prolongada influencia de la -- transitoria ( $i'_d$ ) y la presencia constante de la componente es tática ( $i_d$ ) determinadas cada una por las reactancias subtransitoria ( $x''_d$ ), transitoria ( $x'_d$ ) y síncrona ( $x_d$ ) característica de cada máquina, todas de eje directo.

La gráfica anterior es cierta para máquinas síncronas, y para un motor de inducción debemos considerar una reactancia similar a la subtransitoria debido al flujo remanente pero no deben tomarse en cuenta la transitoria y síncrona ya que estos motores carecen de devanado de campo que las originen.

A modo de información mencionaremos que las reactancias síncronas son afectadas por el arreglo físico y dimensiones del acero en actividad como circuito magnético y cobre de rotor y estator; la reactancia transitoria es afectada en cierta proporción por las dimensiones de los polos del rotor; la reactancia subtransitoria y la de secuencia negativa son afectadas considerablemente por el arreglo físico del devanado armador dentro del rotor; la reactancia de secuencia cero varía principalmente en función del paso de devanado empleado en el armadura y la reactancia síncrona lo hace principalmente en función de los factores de diseño de entrehierro y armadura.

Las reactancias de una máquina síncrona se calculan a partir de los parámetros de diseño de la misma y pueden ser probados empleando procedimientos de prueba aceptados. Generalmente se expresan en valores por ciento (%) o por unidad (0/1) basados en la capacidad nominal (N) de la máquina.

Podemos deducir, analizando las diferentes componentes de contribución que si necesitamos conocer los esfuerzos electromecánicos ocasionados por una falla es necesario tomar en cuenta las corrientes originadas por la reactancia subtransitoria subsecuentemente, si deseamos conocer un valor posterior para determinación de la capacidad interruptiva adecuada para un interruptor o fusible, es natural que entren en juego los conceptos de naturaleza de la máquina (si es generador, motor síncrono o de inducción) y la velocidad de apertura, para seleccionar el tipo de reactancia que se tendrá en consideración.

Para poder hacer una evaluación rápida de estos conceptos, incluimos a continuación una tabla que los agrupa, y que ha sido tomada de la página 99 de la publicación Electric Power Distribution for Industrial Plants (IEEE No. 141).



**Table 4.12**  
**Table of Multiplying Factors and Machine Reactances**  
**To be used for Calculating Short-Circuit Currents for Circuit Breaker, Fuse, and Motor Starter Applications**

Classification	Circuit Voltage	Location in System	Multi- plying Factor	Machine Reactances to Use		
				Generators Synchronous Converters Synchronous Condensers Frequency Changes	Synchronous Motors	Induction Motors
<b>*Power Circuit Breakers</b> .....				<i>Interrupting Duty</i>		
Eight cycle or slower (general case) .....	Above 600 v	Any place where symmetrical short-circuit kva is less than 500 Mva	xx1.0	Subtransient	Transient	Neglect
Five cycle .....	Above 600 v		xx1.1	Subtransient	Transient	Neglect
<b>General case</b> .....				<i>Momentary Duty</i>		
Less than 5 kv .....	Above 600 v	Near generating station	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
	601 to 5 kv	Remote from generating station (X/R ratio less than 10)	1.5	Subtransient	Subtransient	Subtransient
<b>Medium-Voltage Fuses</b> .....				<i>Maximum Rms Ampere Interrupting Duty</i>		
All types, including all-current-limiting fuses .....	Above 600 v	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Non-current-limiting types only .....	601 to 15 kv	Remote from generating station (X/R ratio less than 4)	1.2	Subtransient	Subtransient	Subtransient
<b>Medium-Voltage, Fused Motor Starters</b> .....				<i>Maximum Rms Ampere Interrupting Duty</i>		
All horsepower ratings .....	2400 & 4160 v	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
<b>Medium-Voltage Motor Starters</b> .....				<i>Interrupting Duty</i>		
Circuit breaker or contactor type .....	601 v to 5 kv	Anywhere in system	1.0	Subtransient	Transient	Neglect
<b>Circuit breaker or contactor type</b> .....				<i>Momentary Duty</i>		
Circuit breaker or contactor type .....	601 v to 5 kv	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Circuit breaker or contactor type .....	601 v to 5 kv	Remote from generating station (X/R ratio less than 10)	1.5	Subtransient	Subtransient	Subtransient
<b>Apparatus, 600 Volts and Below</b> .....				<i>Interrupting or Momentary Duty</i>		
Low-Voltage power molded case circuit breakers, or 1-v fuses .....	600 v or less	Anywhere in system	†1.0	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Low-Voltage motor starters (with fuses or molded case breakers) .....	600 v	Anywhere in system	†1.25	Subtransient	Subtransient	Subtransient

\* Revisions to ASA C37.10 have been proposed (References 8, 9). These revisions eliminates the use of these multiplying factors in applying power circuit breakers.

\*\*These factors are increased to 1.1 and 1.2 respectively if the symmetrical fault level is above 500 mva and the system is fed predominantly by generators or through current-limiting reactors.

† Fuses which operate in under 0.004 second have a multiplying factor of 1.4 to 1.6.

Un exámen rápido de esta tabla, nos arroja los siguientes resultados:

- 1.- Siempre se tomará como base la reactancia subtransitoria de generadores, convertidores síncronos, condensadores síncronos y cambiadores de frecuencia, para cálculo de valores momentáneo o de interrupción.
- 2.- Lo anterior es aplicable para motores síncronos excepto para interruptores de potencia y arrancadores en tensión media para valores de interrupción en que se emplea la reactancia transitoria.
- 3.- En motores de inducción se tomará siempre el valor de la reactancia subtransitoria y su contribución es cero en interruptores de potencia y arrancadores en tensión media para valores de interrupción.

Naturalmente que los valores  $x''_d$  ó  $x'_d$  para la tabla anterior deben ser tomados de los datos de diseño del fabricante correspondiente, sin embargo, para efectos de aproximación podemos proporcionar los siguientes valores:

TABLA NUMERO 2

	x''d (0/1)	x'd (0/1)
GENERADORES DE TURBINA:		
2 polos	0.09	0.15
4 polos	0.15	0.23
GENERADORES DE POLOS SALIENTES CON DEVANADO AMORTIGUADOR:		
12 polos o menos	0.16	0.33
14 polos o más	0.21	0.33
MOTORES SINCRONOS:		
6 polos	0.15	0.23
8-14 polos	0.20	0.30
grupos en 600 V o menos	0.25	0.33
más de 600 V	0.15	0.25
CONDENSADORES SINCRONOS:	0.24	0.37
CONVERTIDORES SINCRONOS:		
600 V en C.D.	0.20	-
250 V en C.A.	0.33	-
MOTORES DE INDUCCION:		
grandes (1)	0.25	-
grupos en 600 V o menos	0.25	
más de 600 V	0.2	

RELACION DE FORMULAS DE TRANSFORMACION

$$\%Z = \frac{Z(\Omega) \times KVAb}{10KV^2} = \frac{100 \times KVAb}{1.73 \times I_{cc} \times KV} = 100/1$$

$$Z(\Omega) = \frac{10(\%Z) \times KV^2}{KVAb}$$

$$Z(\Omega)E_2 = \frac{E_1^2 \times ZE_1}{E_2^2}$$

$$Z(KVAb_2) = \frac{KVAb_2}{KVAb_1} \times Z(KVAb_1)$$

$$KVAcc = \frac{100 (KVAb)}{\%Z} = \frac{1000 KV^2}{Z(\Omega)} = 1.73 (KV) I_{cc}$$

$$I_{cc} = \frac{100 (KVAb)}{1.73 \times \%Z \times KV} = \frac{E}{1.73 \times Z \text{ línea } (\Omega)}$$

- 11 -

## SISTEMA DE CALCULO

PASO NUMERO 1.- Obtención de un diagrama unifilar. Es necesario incluir como se puede observar en la figura número 1:

- A.- Línea o líneas conectadas o en su defecto, sistema equivalente incluyendo impedancia o potencia de falla en MVA.
- B.- Unidades generadoras incluyendo capacidad nominal en MVA y reactancia subtransitoria en 0/1.
- C.- Transformadores incluyendo capacidades en MVA, impedancia en 0/1 así como relaciones de transformación.
- D.- Carga conectada mencionando su naturaleza, capacidad nominal en MVA y reactancias subtransitoria y transitoria en caso de aplicarse esta. En este punto podemos realizar una gran simplificación sin mucho sacrificio de la exactitud de los resultados si consideramos que todas las máquinas conectadas a la red contribuirán a la falla por una corriente que estará siempre limitada exclusivamente por la reactancia subtransitoria independientemente del tipo de máquina y valor (interrupción o momentáneo) que calculemos haciendo una única excepción en el renglón de valor de interrupción en arrancadores en tensión media ya que aquí se puede dejar fuera la contribución de motores de inducción.

PASO NUMERO 2.- Determinación de las constantes de contribución y de las potencias de falla.

Se realiza una determinación independiente de cada una de las constantes de contribución.

- 12 -

Tomando como base los datos de la figura número 1.

$$C1 = C2 = \frac{1000 \text{ KV}^2}{ZL (\text{m}\Omega)} = \frac{1000 \times 161^2}{25000} = 1036.84 \text{ MVA}$$

$$C3 = \frac{N}{x''d} = \frac{44.2}{0.2} = 221. \text{ MVA}$$

$$C4' = \frac{\frac{NT}{N} \cdot x''d + ZT \ 1/0}{\frac{NT}{N}} = \frac{44.2}{\frac{44.2}{44.2} \times 0.2 + 0.08} = 157.86 \text{ MVA}$$

$$CCA = C1 + C2 + 4C4' = 2705.12 \text{ MVA}$$

$$CCA' = CCA - C4' = 2547.26 \text{ MVA} \text{ (falla CCA equivalente para cálculos derivados ya que C4 no contribuye a su falla primaria)}$$

$$C4 = \frac{\frac{NT}{CCA'} + ZT0/1}{\frac{NT}{CCA'}} = \frac{44.2}{\frac{44.2}{2547.26} + 0.08} = 454.02 \text{ MVA}$$

$$C5' = \frac{\frac{N}{NT} \cdot x''d + ZT \ 0/1}{\frac{N}{NT}} = \frac{2.75}{\frac{3.75}{2.75} \times 0.2 + 0.05} = 8.52 \text{ MVA}$$

$$CCB = C3 + C4 + C5' = 221 + 454.02 + 8.52 = 683.54 \text{ MVA}$$

$$CCB' = CCB - C5' = 675.02 \text{ MVA}$$

- 13 -

$$C5 = \frac{NT}{\frac{NT}{CCB} + ZT0/1} = \frac{3.75}{\frac{3.75}{675.02} + 0.05} = 67.5 \text{ MVA}$$

$$C6 = \frac{N}{x''d} = \frac{2.75}{0.2} = 13.75 \text{ MVA}$$

$$C7 = \frac{N}{\frac{NT}{N} \cdot x''d + ZT0/1} = \frac{1}{\frac{1}{1} \times 0.25 + 0.05} = 3.33 \text{ MVA}$$

$$CCC = C5 + C6 + C7 = 67.5 + 13.75 + 3.33 = 84.58 \text{ MVA}$$

$$CCC' = CCC - C7 = 81.25 \text{ MVA}$$

$$C7 = \frac{NT}{\frac{NT}{CCC'} + ZT0/1} = \frac{1}{\frac{1}{81.25} + 0.05} = 16.05 \text{ MVA}$$

$$C8 = \frac{N}{x''d} = \frac{1}{0.25} = 4 \text{ MVA}$$

$$CCD = 16.05 + 4 = 20.05 \text{ MVA}$$

o sea en amperes:

$$CCD = \frac{20.05 \times 1000}{\sqrt{3} \times 0.48} = 24116 \text{ amperes.}$$

Habiendo determinado los niveles de falla en cada punto señalado, es posible especificar el valor momentáneo directamente de CCA, CCB y CCC y CCD, más para determinación de capacidades interruptivas de interruptores se requiere realizar diferencias como sigue:

Para el interruptor I, sometido a dos fuentes de contribución  
 $C1 + C2 = 20.73.68 \text{ MVA}$  y  $CC4^1 = 454.02 \text{ MVA}$

Es natural que preferimos optar por basarnos en la mayor para especificar capacidad de interrupción.

Para II:  $C5 = 67.5 \text{ MVA}$  o bien  $C6 + C7' = 17.08 \text{ MVA}$   
optamos por C5

Para III:  $C7 = 16.05 \text{ MVA}$  o bien  $C8 = 4 \text{ MVA}$   
optamos por C7

Sin embargo en el caso de II y III podemos especificar.

Para II:  $C5 + C6 + C7 = 84.58 \text{ MVA}$

Para III:  $C7 + C8 = 20.05 \text{ MVA}$

Ya que cualquier interruptor derivado del bus principal en -  
4.16 KV ó 480 V, tendrá prácticamente una capacidad interruptiva de este nivel.



### FALLAS A DISTANCIA

Todas las fallas estimadas han sido hechas sin tomar en cuenta la impedancia del cable, es decir, han sido calculadas en las terminales; cuando se requiere calcular una falla a una distancia determinada, es necesario hacer uso de la fórmula número 4.

Pongamos por ejemplo, derivado del bus de 480 V, un circuito - como sigue:

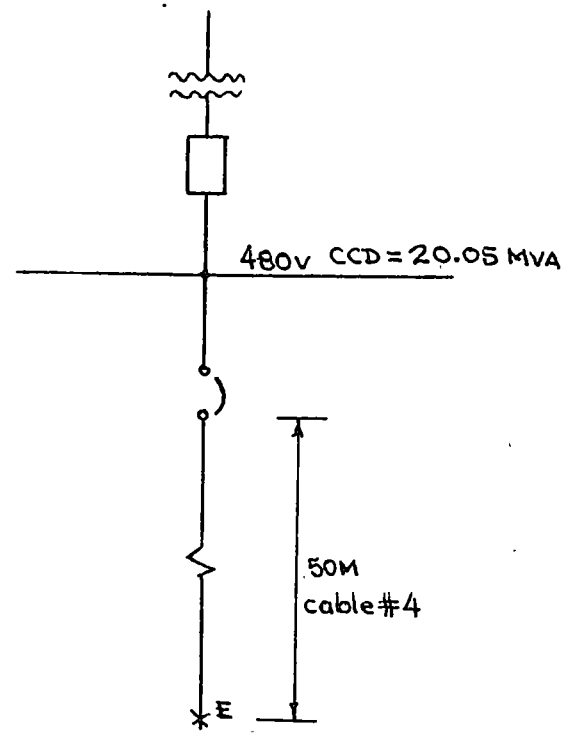


Fig. No. 3

y deseamos calcular la falla en E que es un punto a 50 m. de un circuito trifásico alimentado por cable aislado en ducto metálico.

A continuación incluimos una tabla en que se puede determinar la impedancia de una línea en tales circunstancias para casos de línea aérea, es necesario emplear la formulación y técnica necesaria para obtención de la impedancia.

TABLA NUMERO 3

CALIBRE	14	12	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0	250	300	350	400	500
ZC(mΩ/M)	8.37	5.43	3.35	2.14	1.39	.867	.517	.347	.272	.232	.191	.179	.162	.1445	.135	.1155

Con la tabla anterior, podemos estimar la impedancia del cable de nuestro ejemplo:

$$Z_L = 50 \times 0.867 = 43.35 \text{ m}\Omega$$

Y entonces el corto circuito se verá reducido a:

$$CCE = \frac{1}{\frac{1}{CCD} + \frac{Z_L}{1000 \text{ KV}^2}} = \frac{1}{\frac{1}{20.05} + \frac{43.35}{1000 \times .48^2}} = 4.202 \text{ MVA}$$

$$\text{o sea en amperes: } CCE = \frac{4.202 \times 1000}{\sqrt{3} \times .48} = 5054 \text{ amperes.}$$

### CAIDA DE TENSION DEBIDA AL ARRANQUE DE UN MOTOR

Habiendo obtenido el nivel de falla en un punto determinado, podemos estimar nuestra caída de tensión al arranque de un motor en tal punto; para esto es necesario conocer solamente los MVA de arranque del motor o en su defecto, la letra NEMA de código correspondiente.

Pongamos por ejemplo complementario del caso anterior el siguiente:

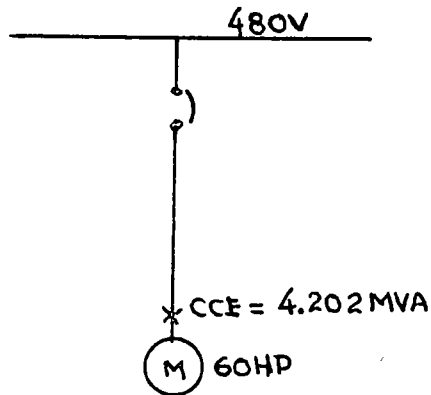


Fig. No. 4

La expresión para la estimación de la caída de tensión es:

$$\% \text{ CDT} = \frac{100 \times \text{MVA}_A}{\text{MVA} + \text{CCA}}$$

Donde  $\text{MVA}_A$  = Potencia de arranque en MVA.

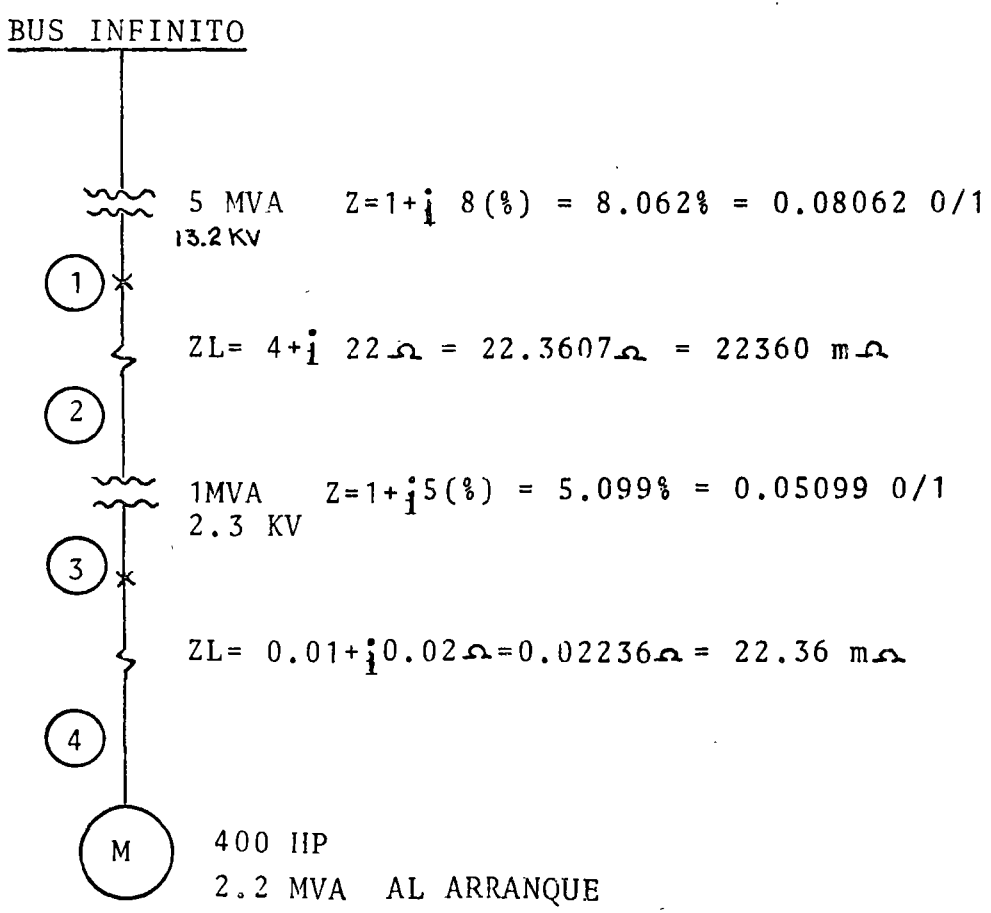
Supongamos un motor con letra de código G (5.6 KVA/HP), entonces;  $MV_A = 0.0056 \times 60 = 0.336$

Substituyendo:

$$\% \text{ CDT} = \frac{100 \times 0.336}{0.336 + 4.202} = 7.4$$

He aquí la utilidad del empleo de un método sumamente sencillo para estimación de factores comunes en la práctica diaria.

Ahora pondremos finalmente el siguiente caso para su resolución por medio del método simplificado expuesto aquí.



En este caso se pide calcular la caída de tensión al arranque del motor; con nuestro método es suficiente con aplicar cinco fórmulas:

$$1.- \text{CC1} = \frac{5}{0.0862 + \frac{5}{\infty}} = 62.02 \text{ MVA}$$

$$2.- \text{CC2} = \frac{1}{\frac{1}{62.02} + \frac{22360}{1000 \times 13.2^2}} = 6.923 \text{ MVA}$$

$$3.- \text{CC3} = \frac{1}{0.0599 + \frac{1}{6.923}} = 5.1167 \text{ MVA}$$

$$4.- \text{CC4} = \frac{1}{\frac{1}{5.1167} + \frac{22.36}{1000 \times 2.3^2}} = 5.008 \text{ MVA}$$

$$5.- \text{CDT} = \frac{100 \times 2.2}{2.2 + 5.008} = 30.52\%$$



TABLA DE SELECCION PARA INTERRUPTORES EN AIRE  
COMO INTERRUPTORES SECUNDARIOS PRINCIPALES

Capacidad del transformador KVA	208 V - Secundario			440 V - Secundario		
	Amps. Carga plena	Corto Max. Amps. Asim.	Interruptor TIPO	Amps. Carga plena	Corto máx. Amps. Asim.	interruptor TIPO
225	625	15,650	25H-2			
300	835	20,900	25H-2			
450	1250	31,300	25H-2			
600	1660	41,700	65H-2			
750	2080	52,000	65H-2			
1000	2780	69,500	75H-2			
1500	4160	104,000	100H-2			
2000						
3000						
4000						
				590	14,750	25H-2
				790	19,750	50H-2
				985	24,600	50H-2
				1310	32,800	50H-2
				1970	48,200	65H-2
				2620	65,500	75H-2
				3940	96,400	100H-2

NOTA: Las corrientes de corto circuito estan basadas en un 50/o de reactancia en los transformadores, y capacidad de suministro limitado en primario y factor de asimetría promedio en las tres fases, de 1.25. Para encontrar valores de corriente de falla a 220 V multiplicar los valores a 208 V por 0.95.

CALCULO DE CORRIENTE DE FALLA PARA LA SELECCION DE INTERRUPTORES  
TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA EN SISTEMAS DE  
BAJO VOLTAJE DE C. A.

CORRIENTE DE FALLA DISPONIBLE (AMPERES SIMETRICOS RCM) 440 VOLTS

Capacidad KVA del transformador	Calibre del conductor por fase	Distancia desde el transformador al punto de falla - metros								
		0	1.5	3	6	15	30	60	150	300
150	No. 4	5,426	5,372	5,317	5,236	4,921	4,542	3,685	2,230	1,305
	No. 0	5,426	5,385	5,344	5,276	5,195	4,991	4,569	3,536	2,516
	250 MCM	5,426	5,399	5,372	5,317	5,249	5,140	4,868	4,188	3,304
	2-250 MCM	5,426	5,412	5,399	5,358	5,317	5,208	5,113	4,732	4,216
225	No. 4	8,132	8,051	7,983	7,806	7,208	6,269	4,760	2,556	1,373
	No. 0	8,132	8,078	8,024	7,956	7,670	7,208	6,392	4,460	2,856
	250 MCM	8,132	8,092	8,051	8,010	7,833	7,548	7,004	5,684	4,202
	2-250 MCM	8,132	8,105	8,078	8,064	7,969	7,820	7,534	6,691	5,630
2-500 MCM	8,132	8,119	8,105	8,092	8,024	7,915	7,684	7,044	6,283	
300	No. 4	10,866	10,716	10,608	10,281	9,248	7,561	5,304	2,720	1,428
	No. 0	10,866	10,771	10,716	10,526	10,036	9,248	7,888	5,086	3,128
	250 MCM	10,866	10,798	10,757	10,608	10,336	9,792	8,894	6,800	4,760
	2-250 MCM	10,866	10,825	10,798	10,676	10,553	10,308	9,792	8,432	6,800
2-500 MCM	10,866	10,852	10,825	10,744	10,662	10,472	10,064	8,976	7,616	
500	No. 4	17,992	17,680	17,272	16,320	13,572	9,960	6,256	2,720	1,360
	No. 0	17,992	17,816	17,625	17,136	15,776	13,844	10,472	5,712	3,264
	250 MCM	17,992	17,856	17,816	17,571	16,728	15,368	13,124	8,704	5,712
	2-250 MCM	17,992	17,911	17,856	17,761	17,299	16,428	15,232	12,240	8,948
2-500 MCM	17,992	17,952	17,911	17,843	17,516	17,000	15,912	13,328	10,404	
750	No. 4	22,249	21,896	21,420	20,128	16,048	11,152	6,800	2,992	1,427
	No. 0	22,249	22,032	21,760	21,148	19,312	16,320	11,832	6,528	3,468
	250 MCM	22,249	22,100	21,896	21,488	20,332	18,224	15,232	9,656	5,848
	2-250 MCM	22,249	22,236	21,964	21,760	21,216	20,128	18,088	13,872	9,928
2-500 MCM	22,249	22,236	22,032	21,828	21,488	20,672	19,040	15,504	11,832	
1,000	No. 4	29,580	28,696	27,540	25,160	18,768	12,240	6,800	2,992	1,632
	No. 0	29,580	29,240	28,560	27,540	24,208	19,584	13,328	6,528	3,318
	250 MCM	29,580	29,335	28,832	28,220	26,248	22,984	18,224	10,880	6,392
	2-250 MCM	29,580	29,444	29,240	28,900	27,880	26,112	22,848	16,320	11,152
2-500 MCM	29,580	29,552	29,376	29,104	28,220	26,792	24,344	18,768	15,600	
1,500	No. 4	43,588	41,548	39,032	34,340	22,168	13,056	7,208	3,128	1,632
	No. 0	43,588	42,500	40,120	39,168	32,268	23,800	14,688	6,528	3,400
	250 MCM	43,588	42,840	41,888	40,528	36,176	30,260	22,168	11,968	6,528
	2-250 MCM	43,588	43,248	42,840	42,160	39,712	36,176	32,008	19,448	11,968
2-500 MCM	43,588	43,384	42,840	42,432	40,528	37,536	39,440	23,392	15,640	
2,000	No. 4	57,392	53,992	49,368	40,800	23,664	13,600	6,936	2,856	1,632
	No. 0	57,392	55,624	53,720	48,960	37,808	25,840	15,640	6,800	3,536
	250 MCM	57,392	56,168	54,468	51,816	44,744	35,360	24,480	12,376	6,800
	2-250 MCM	57,392	56,712	55,760	54,400	50,184	43,792	35,224	21,488	12,512
2-500 MCM	57,392	57,120	56,168	55,216	51,816	46,512	39,168	26,656	17,000	

Las corrientes de falla que aparecen en la lista son los valores máximos disponibles rcm simétricos, basados en transformadores llenos de líquido aislante, con impedancias nominales de 4-1/2 o/o para capacidades hasta 500 KVA inclusive, y 5-1/2 o/o para capacidades arriba de 500 KVA, e incluye la contribución por motores basada en una carga de 100 o/o por motores.



# Datos Técnicos

FORMULAS UTILES PARA DETERMINAR LOS AMPERES, LOS CABALLOS DE FUERZA, LOS KILOWATTS Y K.V.A.

Para encontrar	Corriente directa	CORRIENTE ALTERNA		
		Una fase	2 fases, 4 hilos	Tres fases
Amperes cuando se conocen los caballos de fuerza (HP)	$\frac{H.P. \times 746}{E \times o/o Ef.}$	$\frac{H.P. \times 746}{E \times o/o Ef. \times F.P.}$	$\frac{H.P. \times 746}{2 \times E \times o/o Ef. \times F.P.}$	$\frac{H.P. \times 746}{1.73 \times E \times o/o Ef. \times F.P.}$
Amperes cuando se conocen los K.W.	$\frac{K.W. \times 1000}{E}$	$\frac{K.W. \times 1000}{E \times F.P.}$	$\frac{K.W. \times 1000}{2 \times E \times F.P.}$	$\frac{K.W. \times 1000}{1.73 \times E \times F.P.}$
Amperes cuando se conocen los K.V.A.		$\frac{K.V.A. \times 1000}{E}$	$\frac{K.V.A. \times 1000}{2 \times E}$	$\frac{K.V.A. \times 1000}{1.73 \times E}$
Kilowatts	$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times F.P.}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2 \times F.P.}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73 \times F.P.}{1000}$
K.V.A.		$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73}{1000}$
HP con la flecha del motor	$\frac{I \times E \times o/o Ef.}{746}$	$\frac{I \times E \times o/o Ef. \times F.P.}{746}$		$\frac{I \times E \times 1.73 \times o/o Ef. \times F.P.}{746}$

I - Amperes. o/o ef. - o/o de eficiencia K.W. - Kilowatts H.P. - Caballos de fuerza.  
 E - Volts. F.P. - Factor de Potencia K.V.A. - Kilo-Volt-Amperes.

## CALCULOS DE CORRIENTE DE FALLA PARA LA SELECCION DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN SISTEMAS DE BAJO VOLTAJE C. A.

Corriente de falla disponible (amperes simétricos rmc) 220 volts.

Capacidad del transformador KVA	Calibre del conductor por fase	Distancia del transformador al punto de la falla - metros								
		0	1.5	3	6	15	30	60	150	300
150	No. 4	10,925	10,165	9,500	8,076	5,300	3,040	1,645	648	332
	No. 0	10,925	10,564	10,212	9,547	7,666	5,557	3,384	1,539	817
	250 MCM	10,925	10,735	10,497	10,022	8,787	7,220	5,217	2,850	1,520
	2-250 MCM	10,925	10,830	10,687	10,497	9,785	8,778	7,144	4,579	2,850
225	No. 4	16,350	16,915	13,252	11,400	5,795	3,230	1,692	712	380
	No. 0	16,350	15,628	14,820	13,395	9,880	6,412	3,384	1,615	855
	250 MCM	16,350	15,865	15,390	14,440	11,970	9,262	6,110	6,175	1,615
	2-250 MCM	16,350	16,150	15,865	15,390	13,965	12,065	9,024	5,320	3,087
300	No. 4	16,350	16,245	16,055	15,675	14,535	13,015	10,622	6,840	4,275
	No. 0	21,850	19,380	16,245	11,970	6,175	3,325	1,692	712	380
	250 MCM	21,850	20,520	19,190	16,625	13,252	7,600	3,760	3,182	1,662
	2-250 MCM	21,850	20,995	20,140	18,525	14,535	11,590	6,862	5,700	3,135
500	No. 4	21,850	21,375	20,900	20,140	17,575	14,535	10,522	7,505	4,322
	No. 0	21,850	21,612	21,327	20,615	18,575	15,960	12,502	7,505	4,322
	250 MCM	36,290	29,260	22,800	14,630	6,555	3,325	1,692	760	380
	2-250 MCM	36,290	32,680	28,880	22,800	13,490	7,600	3,760	1,710	950
750	No. 4	36,290	32,200	32,110	27,930	19,095	12,920	7,520	3,230	1,710
	No. 0	36,290	35,055	33,915	31,635	25,650	19,095	12,408	6,080	3,325
	250 MCM	36,290	35,530	34,675	32,870	27,930	22,610	16,150	8,550	4,750
	2-250 MCM	44,840	34,010	24,700	15,200	6,555	3,230	1,598	760	380
1,000	No. 4	44,840	39,805	34,485	25,935	14,060	7,600	3,854	1,710	950
	No. 0	44,840	41,420	38,000	32,585	21,850	13,300	7,520	3,230	1,710
	250 MCM	44,840	42,845	41,135	38,000	30,115	21,660	13,536	6,080	3,325
	2-250 MCM	44,840	43,605	42,085	19,615	32,870	25,650	17,202	8,740	4,750
1,500	No. 4	59,565	40,850	27,645	16,150	7,410	3,515	1,692	665	380
	No. 0	59,565	50,825	42,085	29,640	15,200	8,075	4,136	1,710	902
	250 MCM	59,565	53,770	48,450	39,900	24,700	15,150	8,272	3,230	1,776
	2-250 MCM	59,565	56,905	53,485	47,880	35,910	24,605	14,570	6,555	3,325
2,000	No. 4	59,565	58,710	55,290	51,965	40,280	29,925	19,740	9,500	3,135
	No. 0	87,780	50,350	31,350	17,195	7,410	3,705	1,880	760	570
	250 MCM	87,780	69,825	54,150	34,675	16,910	8,740	4,324	1,900	950
	2-250 MCM	87,780	76,000	66,025	49,400	28,500	16,530	8,048	3,610	1,900
2,000	No. 4	87,780	81,415	75,525	65,075	43,700	26,000	16,544	6,650	3,610
	No. 0	87,780	83,600	78,850	70,300	54,150	36,100	22,372	10,450	5,700
	250 MCM	115,710	55,100	32,110	17,290	6,840	3,610	1,692	570	760
	2-250 MCM	115,710	83,600	60,515	36,100	16,140	8,360	3,948	1,710	1,710
2,000	No. 4	115,710	95,190	79,610	57,000	29,450	16,150	7,990	3,040	3,325
	No. 0	115,710	105,260	95,475	78,850	47,500	28,500	1,598	6,460	4,750
	250 MCM	115,710	108,490	100,700	86,450	58,900	38,000	22,466	9,500	
	2-250 MCM	115,710								

Las corrientes de falla que aparecen en la lista son los valores simétricos rmc máximos disponibles, basados en transformadores llenos de líquido, con impedancias nominales de 4-1/2 o/o para capacidades hasta 500 KVA inclusive, y 5-1/2 o/o para capacidades arriba de 500 KVA, e inclusive la contribución por motores basada en una carga de 100 o/o de motores.



# Fusibles de Baja Tensión

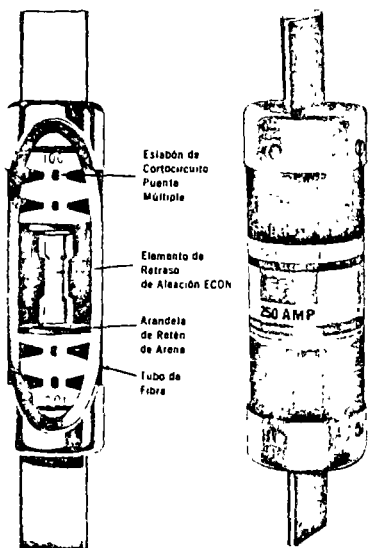
CLASES  
1330  
1340

**Fusibles de Cartucho de doble elemento** - Están clasificados por UL según Clase K-9, para 100,000 amperes r.c.m., c.a., de capacidad interruptiva. Son fusibles limitadores de energía con una dilación de tiempo de por lo menos 10 segundos a 500 o/o de su capacidad. Cuando se usan en circuitos de motores reducen al mínimo su operación debido a las corrientes de arranque y en algunos casos permite el uso de interruptores más pequeños. Es el fusible ideal para aplicaciónes industriales de servicio general.

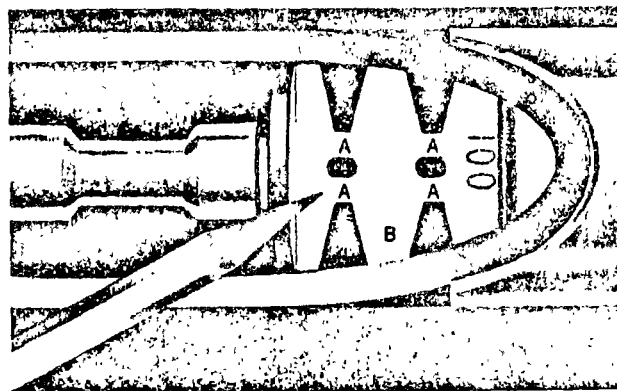
Amperes	250 VOLTS.				600 VOLTS.			
	Catálogo No.	Precio Unitario			Catálogo No.	Precio Unitario		
		PUBLICO	\$ 1000.00 o más	Caja de		PUBLICO	\$ 1000.00 o más	Caja de
1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 1, 1.25, 1.25, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.25, 2.5, 2.8, 3, 3.2, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.6, 6.25, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17.5, 20, 25, 30	Símbolo del catálogo "ECN" seguido por los amperes	11.00	9.50	10	Símbolo del catálogo "ECS" seguido por los amperes	25.00	21.00	10
35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100		19.50	18.00	10		40.50	37.00	10
110, 125, 150, 175, 200		44.50	42.00	5		85.50	81.00	5
225, 250, 300, 350, 400		97.00	90.00	1		169.00	157.50	1
450, 500, 600		176.00	165.00	1		339.00	321.00	1
		268.00	248.00	1		—	457.00	1

Tipo "Ferula" (casquillo), 60 amp. y menos. Tipo de navaja, 65 amp. y mayores.

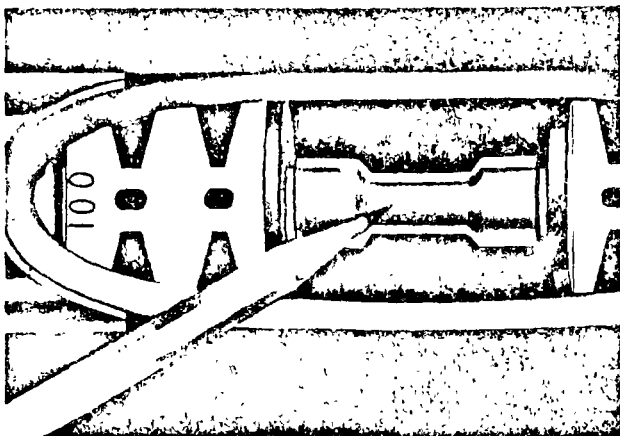
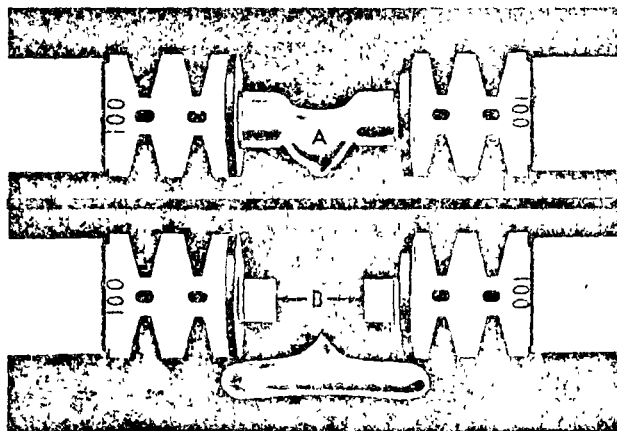
Para información detallada, solicítenos las hojas Descriptivas Clase 1330 en español.



Acción instantánea en corto circuitos. Los eslabones de cualquier extremo abren el circuito inmediatamente cuando se produce un "corto" peligroso. Las gargantas (A) funden instantáneamente provocando la caída de las secciones más pesadas (B) interrumpiendo el circuito completamente.

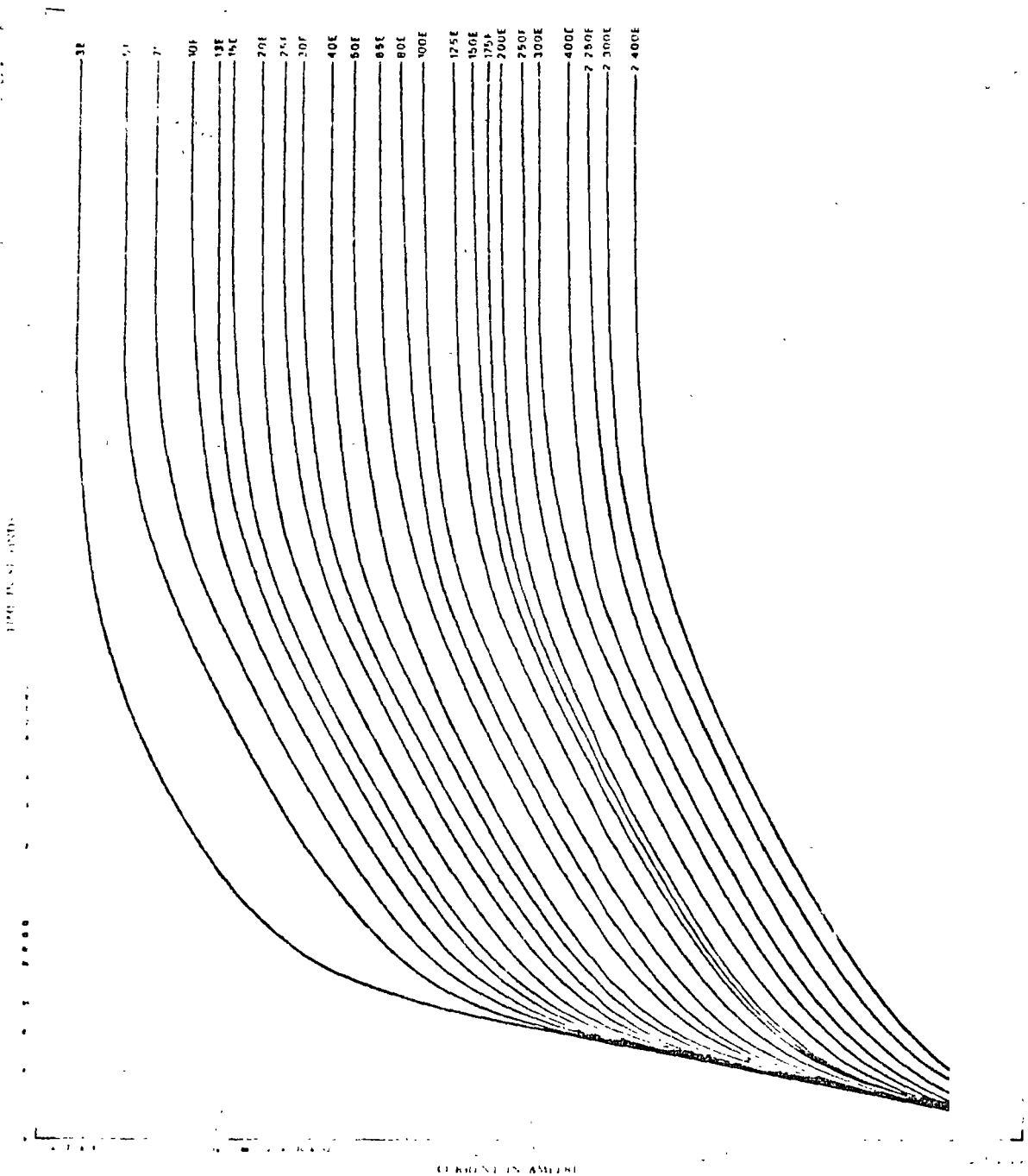


Acción rápida y positiva en caso de sobrecarga peligrosa. Cuando la sobrecarga excede límites de calor y de tiempo que se determinan de antemano, la aleación ECEN (A) cambia instantáneamente de sólido a líquido, interrumpiendo positivamente el circuito. ATENCIÓN: LA DISTANCIA (entre hierro) MUY GRANDE (B) PROPORCIONAN UN "CORTE SEGURO" DEL CIRCUITO... EVITA LA FORMACIÓN DE UN ARCO.



Retraso en sobrecargas momentáneas e inofensivas. El elemento térmico de la exclusiva aleación ECEN absorbe sobrecargas inofensivas hasta 500 o/o... el retraso calibrado evita interrupciones innecesarias... evita tiempos perdidos.





## TOTAL CLEARING TIME-CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

### SM REFILL UNITS - STANDARD SPEED

**BASIS** - These refill units are rated in accordance with the procedures described in USASI Standard Specifications for Power Fuses and Fuse Disconnecting Switches, C37 46 1962. In accordance with these standards, curves are based on tests starting with the refill unit at an ambient temperature of 25°C and no initial load. Also, minimum melting current is not less than 200% of refill unit ampere rating.

**CONSTRUCTION** - Fusible elements for refill units rated 3E through 7E amperes are nickel-chrome, under controlled tension fusible elements for refill units rated 10E through 400E amperes are silver, helically coiled. All are of solderless construction.

**TOLERANCES** - Curves are plotted to maximum test points. All variations are minimal.

**APPLICATION** - Refill units having nickel-chrome or silver element construction are not subject to damage by aging or transient overcurrents. Hence, it is unnecessary to replace unblown refill units in single-phase or three-phase installations when one or more refill units have blown.

**COORDINATION** - These curves represent the total time required for a refill unit to melt and interrupt a fault current, and should be followed in coordination problems where fuses are applied as "protecting" devices.

Any preloading reduces melting time. This is especially true for fuses which melt at current values appreciably less than 200% of rating. Although the refill units represented by these curves do not fall in this category, the reduction for preloading must be determined (see Data Bulletin 205 2) and corrections made in the minimum melting curve of the "protected" fuse.

1. When close coordination is required.
2. When, regardless of the preciseness of coordination, the refill unit is subjected to temporary overloads.

There are cases where the coordination requirements may be very exacting, for example, in coordinating a transformer primary fuse with a secondary breaker and a main line breaker. The time interval between the operating characteristics of the two breakers may be very narrow. Under these circumstances there must be an extremely short time interval between the minimum melting and the total clearing characteristics of the fuse.

The refill units represented by these curves possess this short time interval feature since - having a nondamagable fusible element of precise construction - they require:

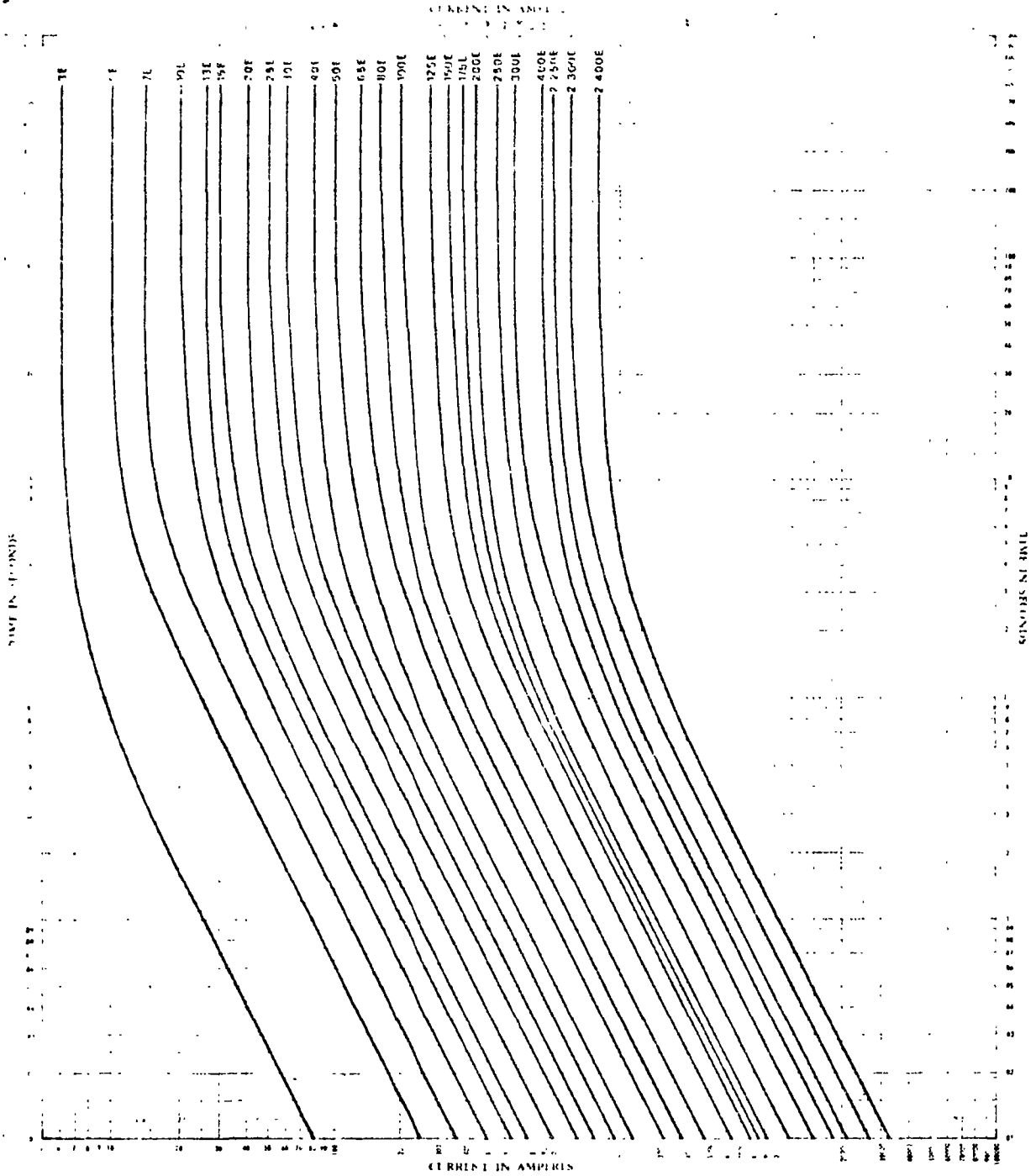
1. As little as 10% total tolerance in minimum melting current - compared to the 20% tolerance of many fuses (20% and 40% respectively in terms of time).
2. No "safety zone" or setback allowances.

Sometimes a selected ampere rating will fail to meet the coordination requirements in any available speed. In this case the selection of a higher ampere rating usually will satisfy all requirements.

Do not assume that some other "time-lag" speed, "super slow" speed or "high-burge" speed will better resolve a coordination impasse than the use of a higher ampere rating in the S&C speed options. Such other speeds have larger construction tolerances (plus 20% in current, plus 40% in terms of time). In addition they also require the use of "safety-zone" or setback allowances. The application of these two factors will give a time interval between the melting and total clearing curves greater than in the case of S&C speed options.

#### REFILL UNITS AVAILABLE:

Refill Unit	Rv Nom. Ratings	Ampere Ratings
SM-4	7.2 and 14.4	3E through 200E
SM-5	4.16 through 14.4	3E through 400E



**MINIMUM MELTING TIME-CURRENT CHARACTERISTIC CURVES**

**SM REFILL UNITS - STANDARD SPEED**

**BASIS** - These refill units are tested in accordance with the procedures described in USASI Standard Specifications for Power Fuses and Fuse Disconnecting Switches C37 467962. In accordance with these standards, curves are based on tests starting with the refill unit at an ambient temperature of 25°C and no initial load. Also minimum melting current is not less than 200% of refill unit ampere rating.

**CONSTRUCTION** - Fusible elements for refill units rated 3E through 7E amperes are nickel-chrome, under controlled tension fusible elements for refill units rated 10E through 400E amperes are silver, helically coiled. All are of solderless construction.

**TOLERANCES** - Curves are plotted to minimum test points. Maximum variations expressed in current values are:  
 Plus 10% for 10E through 400E ampere ratings.  
 Plus 15% for 5E and 7E ampere ratings.  
 Plus 20% for 3E ampere rating.

**APPLICATION** Refill units having nickel-chrome or silver element construction are not subject to damage by aging or transient overcurrents. Hence it is unnecessary to replace unblown refill units in single-phase or three-phase installations when one or more refill units have blown.

**COORDINATION** - Any preloading reduces melting time. This is especially true for fuses which melt at current values appreciably less than 200% of rating. Although the refill units represented by these curves do not fall in this category, the reduction for preloading must be determined (see Data Bulletin 705-2) and corrections made in the above curves.  
 1. When close coordination is required.  
 2. When, regardless of the precisions of coordination, the refill unit is subjected to temporary overloads.

There are cases where the coordination requirements may be very exacting, for example, in coordinating a transformer primary fuse with a secondary breaker and a main line breaker. The time interval between the operating characteristics of the two breakers may be very narrow. Under these circumstances there must be an extremely short time interval between the minimum melting and the total clearing characteristics of the fuse.

The refill units represented by these curves possess this short time interval feature, since - having a nondamagable fusible element of precise construction - they possess:  
 1. As little as 10% total tolerance in minimum melting current - compared to the 70% tolerance of many fuses (70% and 60% respectively in terms of time).  
 2. No "safety zone" or setback allowances.

This narrow time band normally will provide the desired coordination. If the selected Standard Speed refill unit does not meet the coordination requirements, check to see if the same ampere rating in the Slow Speed will satisfy.

Sometimes a selected ampere rating will fail to meet the coordination requirements in any available speed. In this case the selection of a higher ampere rating usually will satisfy all requirements.

Do not assume that some other "time-lag" speed, "super-slow" speed, or "high-surge" speed will better resolve a coordination impasse than the use of a higher ampere rating in the S&C speed option. Such other speeds have large construction tolerances (plus 20% in current plus 40% in time of time). In addition they also require the use of "safety zone" or setback allowances. The application of these two factors will give a time interval between the melting and total clearing curves greater than in the case of S&C speed options.

**REFILL UNITS AVAILABLE:**

Refill Unit	Ke Nom. Rating	Ampere Ratings
SM-4	7.2 through 14.5	3E through 200E
SM-5	4.16 through 14.4	3E through 400E
SM-5	22 and 34.5	3E through 300E



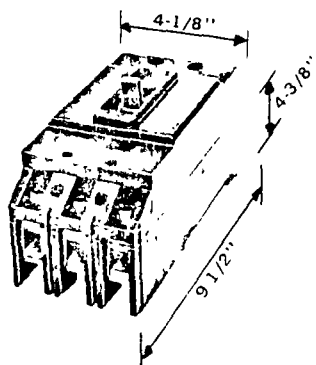
# Interruptores Termomagnéticos Tipo Industrial

CLASE  
**1500**

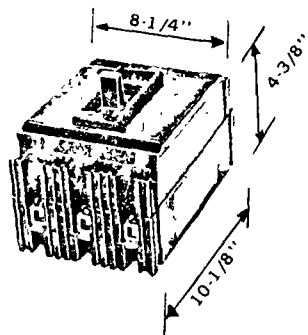
## Tabla de Selección

### Características de los Interruptores Termomagnéticos

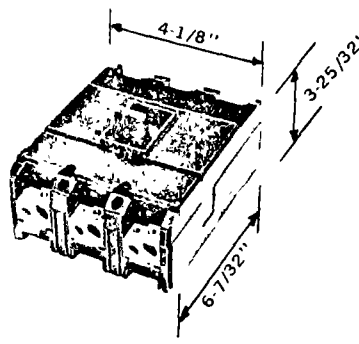
Marco	Amperes	TENSION MAXIMA		No. de Polos	CAPACIDAD INTERRUPTIVA AMPERES ASIMETRICOS RMC (AMPERES SIMETRICOS RMC) POR LOS UNDERWRITERS' LABORATORIES INC'				ZAPATAS DE COBRE/ALUMINIO		
		C. A.	C. C.		240V	480V	600V	C. C.	Rango	Calibre del Conductor	
										Min.	Máx.
NEF-R	15-100	480	250	2,3	20M (18M)	15-M (14M)	—	10M	15-100	No. 14	No. 1/0
NFJ-R	70-225	600	250	2,3	25M (22M)	20M (18M)	15M (14M)	10M	70-225	No. 4	300MCM
NJL-R	70-500	600	250	2,3	50M (42M)	35 M (30M)	25 M (22M)	20M	70-225	No. 4	600MCM
									250-300	No. 4	600 MCM
									350-500	1 { No. 2/0 No. 4	1 { 500 MCM 250 MCM
NM-R	125-1000	600	250	2,3	50M (42M)	35M (30M)	25M (22M)	20M	125-350	No. 1	600-MCM
									400-600	2-No. 3/0	2-600MCM
									700-1000	3-250 MCM	3-500 MCM



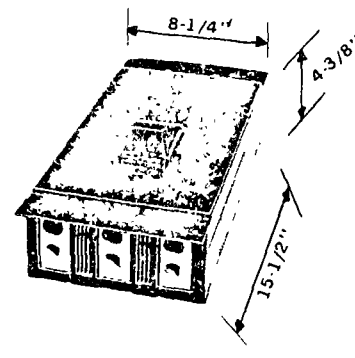
NFJ-R



NEF-R



NJL-R

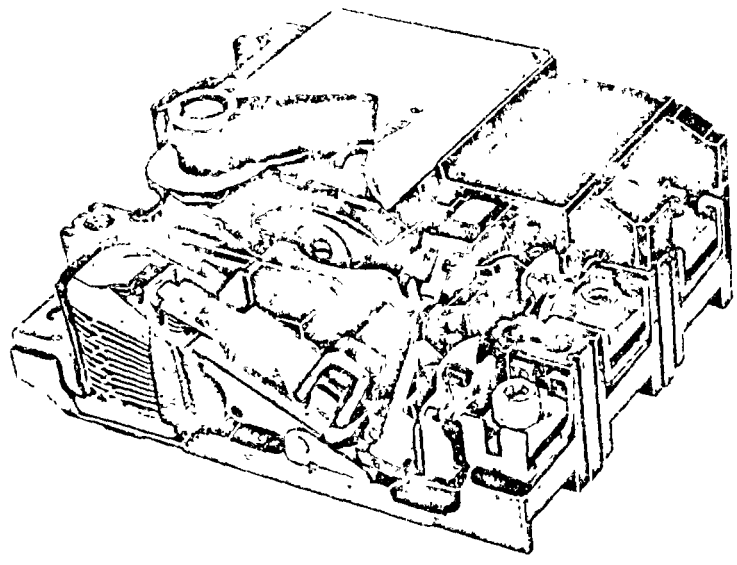


NM-R

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja descriptiva



Corte del interruptor NJL de manija rotatoria.

Los interruptores termomagnéticos en caja moldeada de la Federal Pacific están diseñados para protección de sistemas de distribución de baja tensión. Estos interruptores industriales son adecuados como interruptores principales y para protección de circuitos ramales y de alimentación, así como de los aparatos conectados a ellos. Ofrecen protección contra sobrecarga para los conductores y protección contra cortocircuito para todos los elementos del circuito tales como conductores, motores y arrancadores y se ofrecen en construcción de manija rotatoria.

Los interruptores en caja moldeada se usan en tableros del tipo panel, tableros de distribución, centros de control, reóstatos de arranque para motores, combinaciones de arrancador-interruptor, y unidades de enchufar en electroducto. En estos diversos tipos de dispositivos, los interruptores cumplen con todos los requisitos que se exigen en los circuitos de distribución de luz y fuerza. Se han diseñado primordialmente para protección de los conductores. Aunque los interruptores industriales pueden usarse para otros objetos distintos de la protección de conductores, recomendamos que se piense cuidadosamente sobre el caso antes de usarlos para otro objeto.

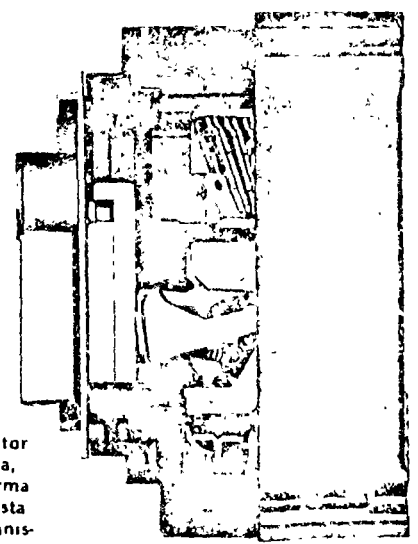
Las capacidades de corriente de los interruptores de la Línea de Alta Capacidad Interruptiva del Tipo Industrial de la Federal Pacific corresponden en general a las capacidades normales del Código Nacional Eléctrico de México y al NEC Americano, párrafo 240-7b. Véase la Tabla en la página 5.

## INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS NORMALES EN CAJA MOLDEADA.

La información descriptiva y los datos técnicos de este boletín se aplican primordialmente a los interruptores normales en caja moldeada de la Clase 1410 —que son los que se usan con más frecuencia en sistemas de distribución. Sin embargo, cuando se requieren capacidades muy altas de interrupción (se puede disponer), de la línea "H" de F.P.E.M. de los interruptores con las mismas características mecánicas, tamaños y capacidades de corriente de los interruptores normales.

## INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA, DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA LINEA "H".

Los interruptores de la línea "H", Clase 1420, se destacan porque ofrecen alta capacidad interruptiva a una fracción del costo de métodos convencionales de interrupción, tales como interruptores en aire, blindados, transformadores de alta impedancia y reactores limitadores de corriente. Además de ser de un costo reducido, como dispositivos de alta interrupción.



Corte del interruptor de manija rotatoria, mostrando la forma en que la manija esta conectada al mecanismo.



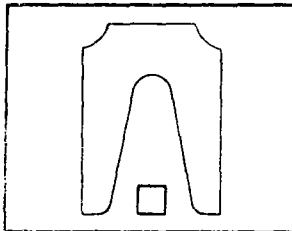
# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

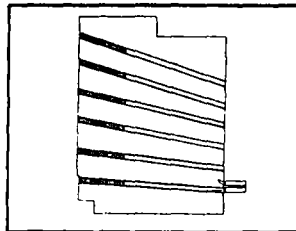
Hoja descriptiva

## Principio de ionización de la cámara de arco.

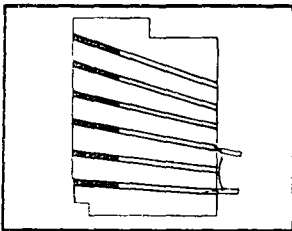
Extingue los arcos aproximadamente en 1/2 ciclo.



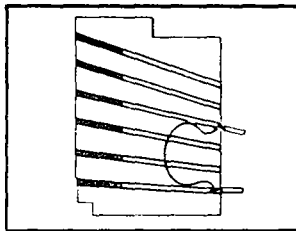
1. Placas de acero paralelas rodean los contactos fijos y móviles.



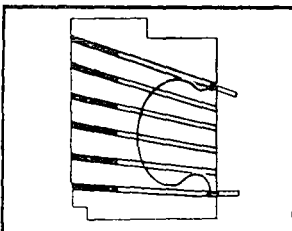
2. Contactos cerrados.



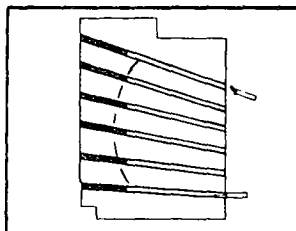
3. Contactos abriéndose - formación del arco.



4. Extensión del arco hacia la garganta de la cámara de arco.



5. Arco a punto de romperse.

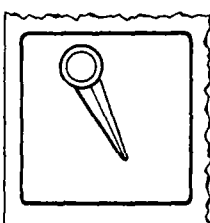


6. Arco roto en segmentos, enfriado y extinguido.

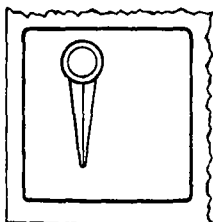
## Manija rotatoria del interruptor en sus posiciones de operación.



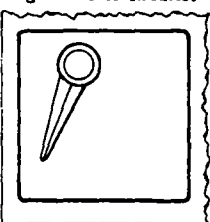
Posición de "CONECTADO": La manija en esta posición indica que el circuito está "cerrado".



Posición de "DISPARO" (desconexión): Cuando el interruptor dispara automáticamente debido a una sobrecarga o corto-circuito.



Posición de "DESCONECTADO": La manija queda en esta posición cuando el circuito está "abierto".



"RESTABLECER": Para restablecer el interruptor después de una desconexión, la manija se gira del centro a "restablecer".

**REDUCCION DE TIEMPOS MUERTOS Y DE MANTENIMIENTO:** Los interruptores termomagnéticos son diseñados para servicio repetitivo, para larga vida, libres de mantenimiento y evitan paros costosos e innecesarios. Debido a que el interruptor es un dispositivo restablecedor, la corriente es restablecida en sólo cuestión de minutos después de que se ha corregido una sobrecarga o una falla.

**COSTO REDUCIDO DE OPERACION:** Al incorporar alta presión de contacto, aleaciones de plata y contactos de presión directa, en los interruptores termomagnéticos se ofrece mucho menor resistencia a la corriente eléctrica que los clips para fusibles, conexiones atornilladas y conexiones articuladas en un dispositivo para fusibles, con una menor pérdida por calentamiento, con el consiguiente ahorro en gastos de corriente.

**PROTECCION CONTRA OPERACION MONOFASICA:** Una falla o sobrecarga en cualquier fase abre todos los polos del interruptor, reduciendo a su mínimo la posibilidad de que los motores polifásicos trabajen monofásicamente.

**ELEMENTOS DE PROTECCION DOBLE:** Los elementos térmicos bimetalicos protegen contra sobrecarga cuando la desconexión a tiempo inverso es deseable y los elementos magnéticos disparan el interruptor instantáneamente en caso de fallas de corriente peligrosas.

**MAXIMO DE SEGURIDAD:** Los interruptores en caja moldeada son completamente de frente muerto; por lo tanto, el personal no queda expuesto a partes "vivas".

**A PRUEBA DE ALTERACIONES.** El interruptor completo, o la unidad de disparo es sellada en la fábrica para evitar intervenciones indebidas o alteraciones en su capacidad.

## CONSTRUCCION DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS NORMALES Y DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA.

Los interruptores termomagnéticos proporcionan al mismo tiempo dilación en la sobrecarga y protección instantánea contra cortocircuito y se componen de tres elementos: (1) unidad de disparo, (2) mecanismo del interruptor y (3) cámara de arco.

Un interruptor termomagnético es esencialmente un interruptor de carga con elementos repetitivos de protección. El mecanismo del interruptor se puede operar manualmente, usando la manija o automáticamente con la liberación de un gatillo de disparo accionado por la unidad de disparo. Las características siguientes son las específicas de la construcción de los Interruptores Termomagnéticos en Caja Moldeada Federal Pacific.

**TOTALMENTE ENCERRADOS EN UNA CAJA MOLDEADA:** Las cajas de resina fenolica proveen gran resistencia al impacto y alta fuerza dieléctrica, proporcionando una caja robusta que contiene el mecanismo de operación.

**MANIJA ROTATORIA DE CUATRO POSICIONES:** La posición de la manija rotatoria da una indicación positiva del interruptor cuando esté "Conectado", "Desconectado" o en posición de "Disparo" aun viéndola a distancia. También hay una cuarta posición de "Restablecer", para indicar la debida operación para restablecer o reconectar el circuito después de un disparo o desconexión automática.

**COJINETES RESISTENTES A LA CORROSION:** Los cojinetes de diferentes metales proporcionan una operación suave, de baja fricción. El templado y el acabado a prueba de corrosión de todas las partes móviles también aseguran una larga vida del interruptor.

**CALIBRACION SELLADA POR LA FABRICA:** Cada interruptor termomagnético se calibra, sella y prueba en sobrecargas para asegurar su operación adecuada y su capacidad eléctrica invariable. En los marcos NM y HM, las unidades de disparo se sellan y se prueban individualmente, siendo intercambiables con la simple remoción de la cubierta del interruptor.

**PROTECCION ADECUADA Y EXACTA:** Todas las partes del dispositivo de disparo tienen superficies esmeriladas y pulidas y son tratadas térmicamente para evitar distorsiones. Los bimetales son tratados térmicamente reteniendo su calibración en forma permanente.

**ZAPATAS MECANICAS DE PRESION SIN SOLDADURA:** Normalmente se usan zapatas mecánicas de presión sin soldadura, con todos los interruptores para lograr conexiones firmes y duraderas.

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja de Dimensiones

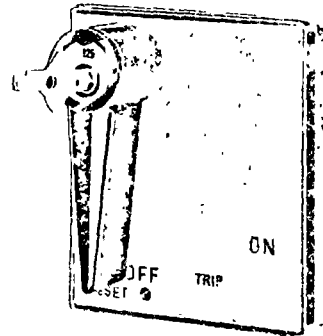
rapidez. La manija robusta de tamaño adecuado a la mano de un hombre, ofrece la ventaja de seguridad y la facilidad de ver sus diferentes posiciones a distancia.

**CIERRE:** Todos los interruptores termomagnéticos de manija rotatoria incluyen un anillo de cierre retráctil que acepta hasta 3 candados para lograr un máximo de seguridad.

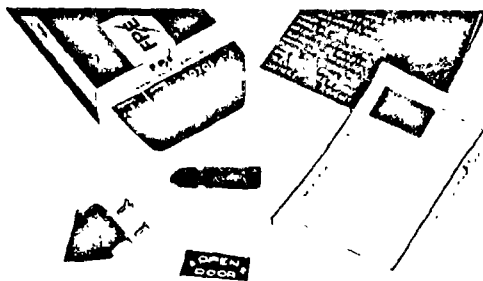
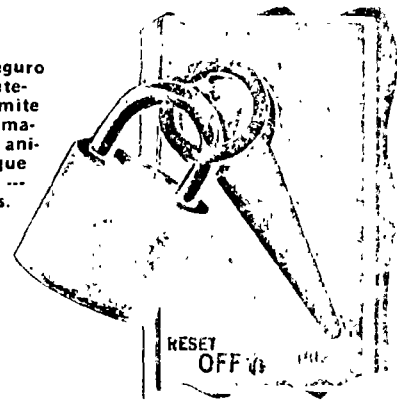
**MANIJA INTEGRAL (TIPO ROTATORIO):** La manija rotatoria forma parte del mecanismo del interruptor.

Este diseño elimina los mecanismos externos de la manija de extensión, que ofrece muchos inconvenientes. Cuando los interruptores de manija rotatoria se colocan en un gabinete provisto de puerta, sólo se requiere un simple corte adecuado en la puerta.

**BLOQUEO MECANICO DE PUERTA (Tipo de Manija Rotatoria):** La barra y el tope de enclavamiento se pueden proporcionar, son de montaje fácil en el interruptor para bloquearlo con la puerta. Una junta alrededor del corte de la puerta proporciona un sello que protege contra el polvo y el aceite. Una barra de enclavamiento se desliza dentro de una ranura del interruptor y queda asegurada en el interruptor. El entrelace mecánico de la puerta evita que se abra sin autorización cuando el interruptor está en la posición de "Cerrado". El entrelace mecánico puede ser librado por el personal autorizado.



Dispositivo de seguro exclusivo para interruptor, que permite el bloqueo de la manija mediante su anillo retractable que puede acomodar --- hasta 3 candados.



El Juego del entrelace mecánico consiste de un junta, una barra de enclavamiento, un tope --- inmovilizador y una placa de "puerta abierta"

**TABLA 1 - DATOS PARA SELECCION**

Tipo	Polos	Capacidad en amperes.	TENSION (Volts)		U.L. CAPACIDADES INTERRUPTIVAS ASIMETRICAS-AMPERES RCM					Ajuste del disparo magnético	Unidad de disparo intercamb.
			C.A.	C.C.	U.L. Valores simétricos entre ( )						
					C. A.						
					120	240	480	600	C. C.		
<b>INTERRUPTORES NORMALES</b>											
NB (NBH)	1	15-50	120/240	—	+5M(10M)	—	—	—	—	—	—
	2	15-100	120/240	—	+5M(10M)	—	—	—	—	—	
	3	15-100	240	—	—	+5M(10M)	—	—	—	—	
NEF	2	10-100	480	125/250	—	20M (18M)	15M (14M)	—	10M	—	
	3	10-100	480	125/250	—	20M (18M)	15M (14M)	—	10M	—	
NFJ	2,3	70-225	600	250	—	25 (22)	20 (18)	15M (14M)	10M	Sí	
NJL	2,3	70-500	600	250	—	50M (42M)	35M (30M)	25M (22M)	20M	Sí	
NM	2,3	125-1000	600	250	—	50M (42M)	35M (30M)	25M (22M)	20M	Sí	
<b>INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA.</b>											
HEF	2,3	15-100	600	250	—	75M (65M)	30M (25M)	20M (18M)	10M	—	
HFJ	2,3	70-225	600	250	—	75M (65M)	30M (25M)	20M (18M)	10M	Sí	
HJL	2,3	70-500	600	250	—	75M (65M)	40M (35M)	30M (25M)	20M	Consultar con la fábrica.	
HM	2,3	125-1000	600	250	—	75M (65M)	40M (35M)	30M (25M)	20M	Sí	

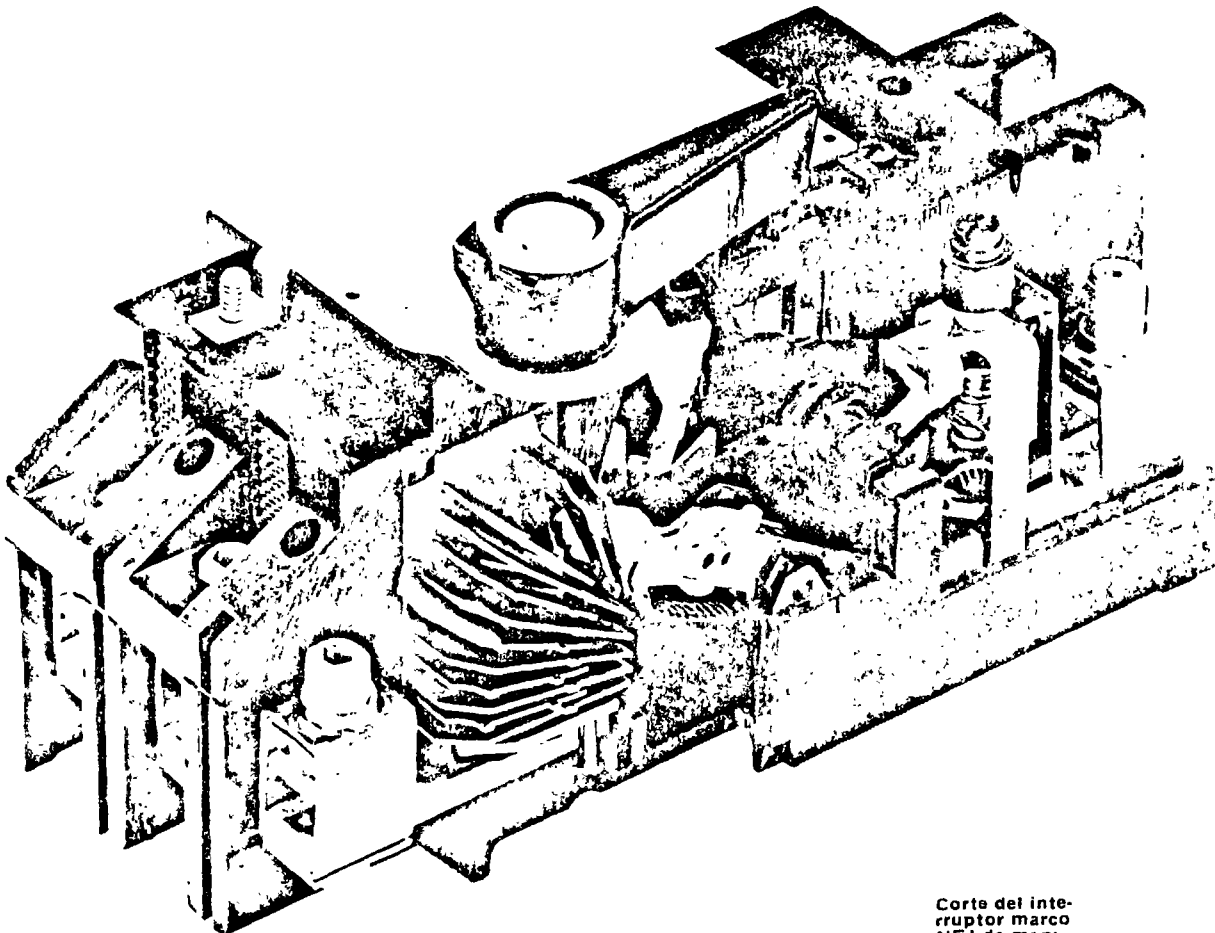
+ Los valores simétricos son iguales a los valores asimétricos.



# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja descriptiva



Corte del interruptor marco NFJ de manija rotatoria.

## CIRCUITOS DE MOTORES Y SELECCION DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Aunque los interruptores se pueden aplicar para protección de sobrecorriente de motores, cuando se cumple con los requerimientos del Artículo 430 del N.E.C., esas aplicaciones no son recomendables para interruptores del Tipo AB. Por lo tanto, las siguientes recomendaciones están limitadas al uso de un interruptor, como protector de un circuito.

Para la mayoría de las aplicaciones, especialmente aquellas donde el comportamiento de arranque del motor no se conoce, las reglas máximas del N.E.C. se deben seguir.

Ocasionalmente se pueden usar interruptores de más baja capacidad con buenos resultados, cuando las características del motor son bien conocidas.

Los requerimientos del interruptor termomagnético va-

rían, dependiendo de si hay uno o varios motores en el circuito.

**CIRCUITO CON UN SOLO MOTOR:** El interruptor debe tener una capacidad continua de no menos de 115% de la corriente a plena carga del motor. Sección N.E.C. 4347.) Antes de aplicar un interruptor de una capacidad igual o cercana al 115% de la carga completa del motor, revise para determinar el efecto de cualesquiera de las siguientes condiciones: alta temperatura ambiental, calentamiento dentro de la cubierta del interruptor debido al agrupamiento de dispositivos que consumen corriente, arranque frecuente de motores y aceleración de los motores durante un periodo largo. Los motores con letras de código que no sean las letras de la "A" a la "J", pueden ocasionar disparos magnéticos instantáneos del interruptor cuando se seleccione con la norma de 115%, por lo tanto se deben consultar las curvas del interruptor para evitar esos disparos innecesarios.

# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja descriptiva

TABLA 2

AMPERES A PLENA CARGA DEL MOTOR  
Valores promedio para todas las velocidades y frecuencias.

HP	Monofásico C.A.			Polifásico C.A. (tipo de inducción) jaula de ardilla y rotor devanado								Corriente directa		
	115 volts	230 volts	440 volts	110 volts		220 volts		440 volts		550 volts		115 volts	230 volts	550 volts
				3-F	2-F 4 hilos	3-F	2-F 4 hilos	3-F	2-F 4 hilos	3-F	2-F 4 hilos			
1/6*	3.2	1.6												
1/4*	4.5	2.3												
1/2*	7.4	3.7												
3/4*	10.2	5.1												
1	13	6.5		4	4	2	2	1	1	.8	.8	4.6	2.3	1.4
1 1/2	18.4	9.2		5.6	4.8	2.8	2.4	1.4	1.2	1.1	1	6.6	3.3	1.8
2	24	12		7	6.4	3.5	3.2	1.8	1.6	1.4	1.3	8.6	4.3	2.6
3	34	17		10	8.8	5	4.4	2.5	2.2	2	1.8	12.6	6.3	3.4
5	56	28		13	11.2	6.5	5.6	3.3	2.8	2.6	2.2	16.4	8.2	5
7 1/2	80	40	21											
10	100	50	26											
15						15	13	8	7	6	6	40	20	12
20						22	19	11	9	8	7	58	29	16
25						27	24	14	12	11	10	76	38	23
30						40	34	20	17	16	14	112	56	31
40						52	45	26	23	21	18	148	74	38
50						64	55	32	28	26	22	184	92	46
60						78	67	39	34	31	27	220	110	61
75						104	88	52	44	41	35	292	146	75
						125	108	63	54	50	43	360	180	90
						150	129	75	65	60	52	430	215	111
						185	158	93	79	74	63	536	268	136

Estos valores de corriente de carga plena son para motores trabajando a velocidades usuales para motores con bandas y motores con características de par normal. Los motores contruidos para velocidades especialmente bajas o de alto par pueden requerir corrientes normales más altas, en este caso se debe considerar la corriente indicada en la placa.

\* Para proteger motores de un caballo o menos, ver Sección 430-32 NEC. La corriente en el conductor común de un sistema de 2 fases, 3 hilos, será de 1.41 veces el valor dado. Para las corrientes a carga plena de motores de 208 a 200 volts, aumente la corriente a carga plena del motor a 220 volts en un 6 ó 10% respectivamente. Para corrientes a carga plena de motores a 208 y 200 volts, aumente la corriente a carga plena del motor a 230 volts en un 10 y 15% respectivamente.

TABLA 3

CAPACIDADES DEL INTERRUPTOR AB PARA CIRCUITOS DERIVADOS DE MOTORES

Tipo de motor y método de arranque	Capacidad máxima del interruptor en porcentaje de la corriente del motor a plena carga para selección del interruptor.	Seleccione la capacidad del interruptor de la tabla No. 4 - Ver la columna:
<b>Para motores marcados con la letra de código</b>		
Todos los motores monofásicos C.A. y los polifásicos de tipo jaula de ardilla y sincronicos, con arranque a voltaje pleno con resistencia o reactor:		
Letra de código A	150	1
Letras de código B a E	200	2
Letras de código F a V	250	3
Todos los motores de C.A. del tipo de jaula de ardilla y sincronicos de arranque con autotransformador:		
Letra de código A	150	1
Letras de código B a E	200	2
Letras de código F a V	200	2
<b>Para motores que no están marcados con letra de código</b>		
Monofasicos de todos los tipos.		
Motores tipo jaula de ardilla y sincronicos (arranque a tensión plena con resistor y reactor)	250	3
Motores tipo jaula de ardilla y sincronicos (arranque con autotransformador)	250	3
	200	2
Tipo jaula de ardilla de alta reactancia:		
no más de 30 amps	250	3
mas de 30 amps	200	2
Rotor Devanado	150	1
Corriente Directa	150	1

Las tolerancias anteriores se pueden aumentar hasta un 400 o/o de la corriente del motor de carga plena si se encuentra que no son satisfactorias para el arranque. A menudo se pueden usar valores más bajos, hasta llegar a un mínimo de 115 o/o de la carga plena del motor.

TABLA 4

CAPACIDADES MAXIMAS DE INTERRUPTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES.

Corriente a plena carga del motor (Amp.)	Corriente máxima del interruptor del motor ( amperes )		
	Columna:		
	150 o/o	200 o/o	250 o/o
1 a 6	15	15	15
7	15	15	20
8	15	20	20
9, 10	15	20	30
11, 12	20	30	30
13	20	30	40
14, 15	30	30	40
16	30	40	40
17 a 20	30	40	50
22, 24	40	50	70
26	40	70	70
28	50	70	70
30, 32	50	70	100
34	70	70	100
36 a 40	70	100	100
42 a 46	70	100	125
48, 50	100	100	125
52 a 60	100	125	150
62	100	125	175
64, 66	100	150	175
68, 70	125	150	175
72, 74	125	150	200
76 a 80	125	175	200
82	125	175	225
84, 86	150	175	225
88, 90	150	200	225
92 a 100	150	200	250
105, 110	175	225	300
115	175	250	300
120	200	250	300
125	200	250	350
130	200	300	350
135, 140	225	300	350
145, 150	225	300	400
155, 160	250	350	400
165	250	350	500
170, 175	300	350	500
180 a 200	300	400	500
210 a 230	350	500	600
240	400	500	600
250	400	500	
260	400	600	
270 a 300	500	600	
320	500		
340 a 400	600		

CALIBRE DE LAS ZAPATAS

Interruptor tipo.	Rango en Amperes.	Calibre máximo del conductor
NB	15-70	No. 14- No. 4
	100	No. 6- No. 1/0
NEF, HEF	10-50	No. 4
	70-100	No. 1/0
NFJ, HFJ	10-50	No. 1/0
	70-225	No. 4/0
NJL	70-225	350MCM
	250-350	600MCM
	500	1-250MCM 1-500MCM
NM HM	125A-400A	1-600MCM
	500-600A	2-500MCM
	700-1000A	3-500 MCM





**INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA**

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja descriptiva

**RAZONES POR LAS CUALES LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA NO SE CLASIFICAN EN CABALLOS**

A diferencia de los interruptores de navajas los interruptores termomagnéticos no se clasifican por el número de caballos que son capaces de maniobrar, porque pueden interrumpir con toda seguridad corrientes que exceden en mucho el valor a rotor bloqueado de cualquier motor al que se apliquen. Esta característica ha sido demostrada por las pruebas de los Underwriters' descritas en boletín Clase 1400, página 3. Un interruptor debe pasar una prueba de sobrecarga preparada por los Underwriters' Laboratories, Inc. que consiste en una apertura de corriente de 600 o/o de su valor nominal 50 veces. Como las capacidades de los interruptores para derivación de motores, generalmente son del 125 o/o — 250 o/o de las corrientes del motor a carga plena, esta prueba establece la capacidad del interruptor para interrumpir corrientes con rotor bloqueado.

Después de la prueba de sobrecarga y de otras que se hacen, se exige al interruptor que interrumpa satisfactoriamente su corriente nominal de corto circuito, de acuerdo con su tamaño. Debido a que por su propia definición un interruptor debe "abrir en condiciones anormales... sin dañarse", el interruptor debe continuar en condiciones de operar después de la prueba.

**ESPECIFICACIONES TIPICAS DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA DE TIPO NORMAL Y DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA**

Los circuitos eléctricos serán protegidos por interruptores termomagnéticos en caja moldeada, como los fabricados por Federal Pacific Electric (o aprobados como iguales). Cada interruptor proporcionará protección contra sobrecarga a tiempo inverso e instantáneo contra cortocircuitos por medio de un elemento termomagnético.

Cuando se usa en centros de control, la manija del interruptor será saliente, proyectándose a través de la puerta y ninguna palanca operadora externa de manija se aplicará. Los interruptores de dos o tres polos tendrán un dispositivo que permita el uso de candados, hasta candados en la posición de "Abierto" o en la de "Cerrado", con puerta "Abierta" o "Cerrada" y tendrá un dispositivo para interconexión con la puerta, de modo que dicha puerta no pueda ser abierta cuando el interruptor está en la posición de "Cerrado" a menos que se libere el bloqueo.

Los interruptores termomagnéticos deben ser de cierre y apertura ultra rápida, con disparo mecánico libre de modo que los contactos no puedan mantenerse "Cerrados" en caso de una sobrecarga o de un corto circuito. El disparo será indicado por medio de la manija en su posición de "Disparado". Los interruptores termomagnéticos serán totalmente cubiertos por una caja moldeada y la parte del interruptor que cubre los elementos calibrados de protección serán sellados en la fábrica para evitar que los toquen personas no autorizadas. La capacidad en amperes será visible claramente al frente del interruptor. Los contactos serán de aleación de plata no fundibles.

**APLICACION DE LOS INTERRUPTORES EN CAJA MOLDEADA EN SERIE CON FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE "ECONOLIM" FEDERAL PACIFIC**

Si el cálculo de la corriente de falla demuestra que dicha corriente excede la capacidad de los interruptores normales, los interruptores Línea "H" de alta capacidad y los Interruptores Fusematic, los cuales coordinan el mecanismo del interruptor con los limitadores de corriente, se debe considerar la conveniencia de aplicar Fusibles Limitadores de Corriente Econolim en serie con interruptores normales en caja moldeada.

La aplicación de fusibles limitadores de corriente mon-

taños en serie con interruptores del tipo normal o Línea "H" (de alta capacidad interruptiva) no debe confundirse con la instalación de Interruptores en Caja Moldeada FPE Fusematic.

Los fusibles limitadores de corriente Econolim se han diseñado sobre la base de un principio enteramente nuevo que permite una reacción extremadamente corta a corrientes de falla muy altas. Debido a la velocidad a la que operan los Fusibles Econolim, se limita la magnitud y la duración de la corriente de falla a una fracción de su posible valor. Esta característica permite el uso de fusibles y de interruptores en combinaciones, cuando las corrientes de falla pueden llegar hasta 100,000 amperes simétricos. R.C.M.

Los tamaños mínimos de los fusibles son aquellos cuya curva característica no cruza la curva del interruptor en un punto donde los fusibles se quemarían frecuentemente en forma repetitiva convirtiéndose en una molestia innecesaria.

La Tabla N° 6 muestra las capacidades máximas de limitación para los lados de línea y de carga. El limitador del lado de la línea nunca debe colocarse en el lado de carga del interruptor. A veces es posible agrupar varios interruptores con un solo juego de limitadores. En ningún caso, el limitador puede ser mayor que:

1. El limitador máximo del lado de línea del interruptor de más baja capacidad en el grupo, ni tampoco
2. El limitador máximo que se puede instalar en el lado de carga del interruptor que controla el grupo.

El total de carga del circuito en un grupo, incluyendo el factor de diversidad, no debe exceder la capacidad del limitador. Los limitadores instalados en el lado de la línea se deben acompañar de un desconectador para la reposición de limitadores.

Más de un limitador usualmente funcionan en fallas elevadas de 3 fases, aunque no siempre es éste el caso. En la mayoría de las veces la energía de de la corriente de fuga es suficiente para operar el interruptor, evitando la operación monofásica, sin embargo, es posible que el interruptor no se abra.

Para evitar operaciones innecesarias de los limitadores, se recomienda usar el máximo de capacidades que se muestran en la página 12.

**ESPECIFICACIONES TIPICAS PARA USO DE FUSIBLES ECONOLIM EN SERIE CON INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA**

En los casos en que las corrientes de falla calculadas excedan a las capacidades de los Interruptores normales o de alta capacidad Línea "H", se instalarán Fusibles Limitadores de Corriente Econolim de la Federal Pacific, en serie con los interruptores termomagnéticos Federal Pacific con capacidades interruptivas de 100,000 amperes simétricos R.C.M. Los fusibles serán de un diseño que evite la sustitución por diferentes capacidades en el futuro.

Los fusibles cumplirán con todos los requerimientos de NEMA, Pub. — FU-1-1959. Los Interruptores termomagnéticos normales y de alta capacidad Línea "H" en caja moldeada usados cumplirán con las especificaciones que aparecen en la Tabla N° 6.

**APLICACION EN CAPACITORES**

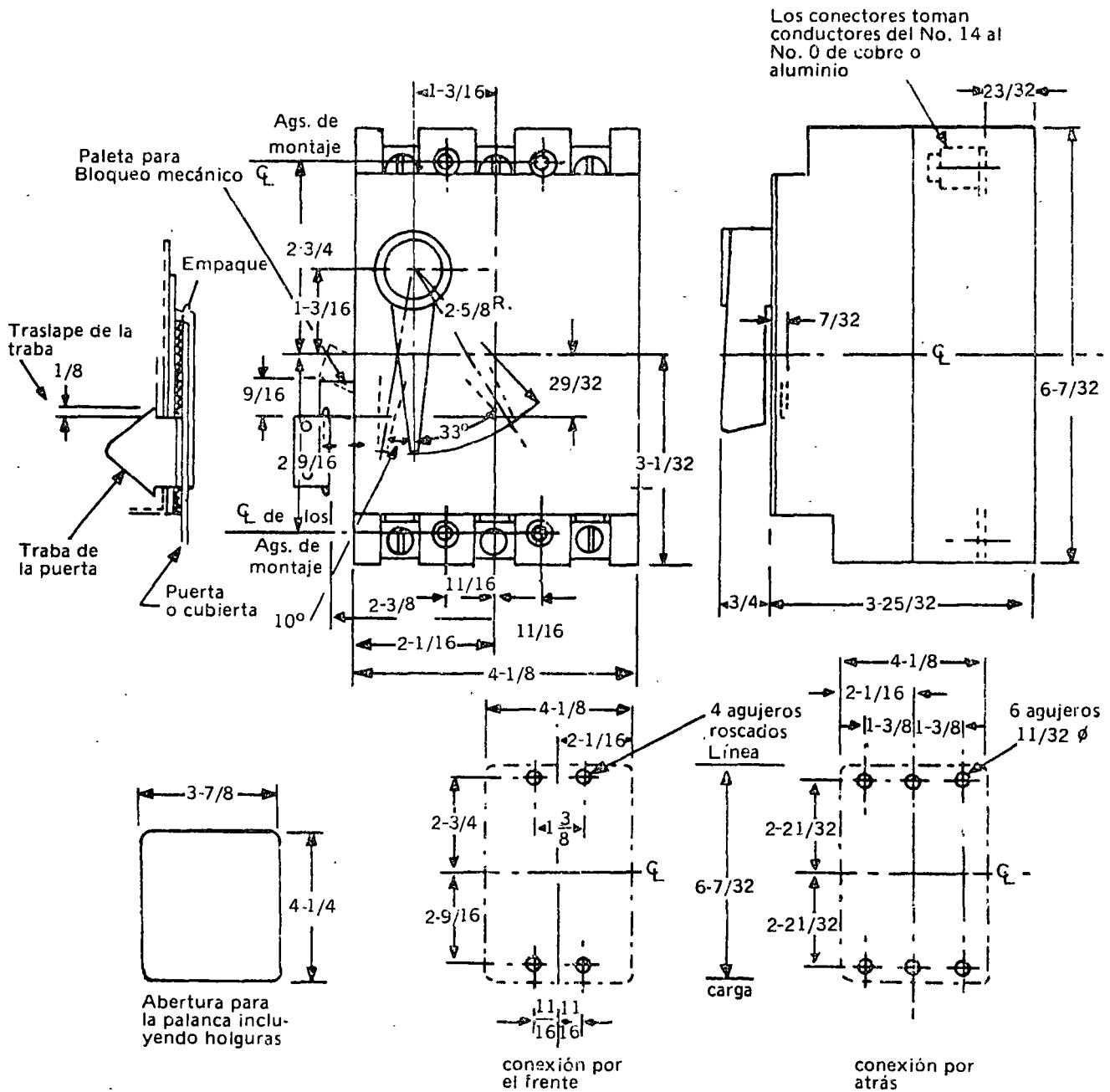
Para aplicaciones normales en capacitores el interruptor con capacidad 150 o/o mayor que la capacidad de corriente del capacitor será el que se recomiende. Este factor permite las sobrecorrientes armónicas y otros factores similares. Esta selección cumple con los requerimientos del N.E.C. 460-8 que establece que el desconectador debe ser de no menos de 135 o/o de la capacidad del capacitor. Debido a componentes armónicas, las corrientes de operación pueden exceder de 135 o/o, en cuyo caso se hará necesario el uso de un interruptor de mayor capacidad. La temperatura ambiente también se debe tomar en consideración para la selección.



# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos NEF y HEF (Rotatorio), 3 Polos, 15-100 Amp. 480 V. C-A, 125/250 V. C-C

Hoja de Dimensiones



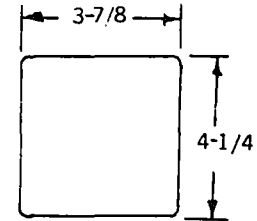
# INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos NJL y HJL (Rotatorio), 2 y 3 Polos, 70-500 Amp. 600 V. C-A, 250 V. C-C

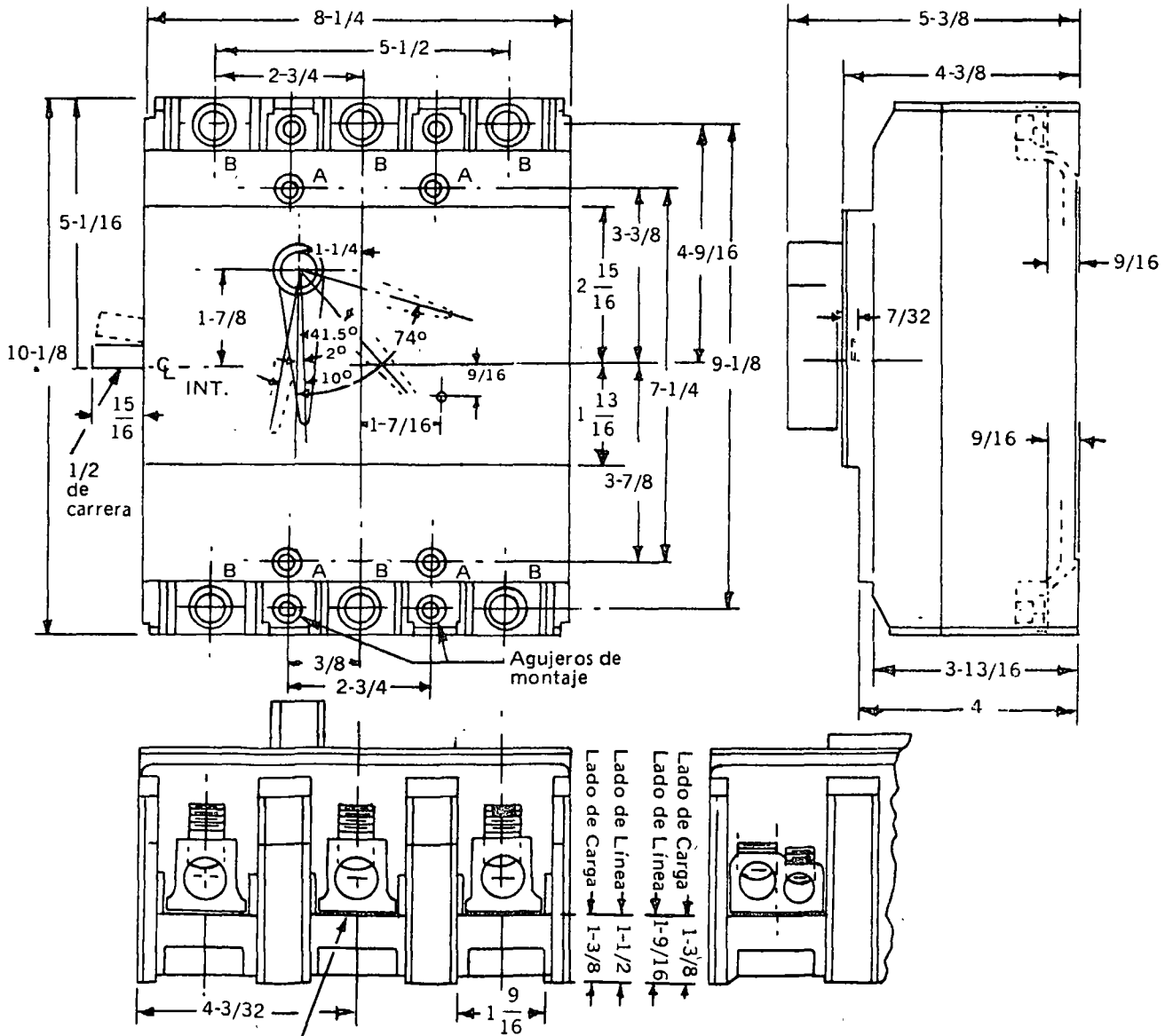
Hoja de Dimensiones

Para montajes del interruptor con conexión por el frente, taládrese haciendo coincidir los agujeros con los marcados "A" (4) ags. 6/16". El interruptor deberá conectarse a tierra mediante el conector provisto.

Para montar el interruptor con conexión posterior, taládrese haciendo coincidir los agujeros con los marcados "B" 9/16" de diámetro, para 70 a 225A y 13/16" de diámetro para capacidades arriba de 225A.



Dimensiones de aberturas para la palanca incluyendo holguras.



Dimensiones sujetas a cambio sin previo aviso.



## I) EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Los efectos biológicos de la electricidad son primariamente una función del amperaje aplicado y no del voltaje.

Efectos de una corriente eléctrica de 60 hertz en el ser humano promedio al atravesar el tronco del cuerpo.

Intensidad de la corriente, mA - (contacto de 1 - segundo)	Efecto fisiológico
1	Umbral de la percepción
5	Máxima intensidad de corriente - - aceptada como inofensiva
10-20	Contracciones musculares involuntarias; a intensidades de corriente más altas empiezan las contracciones musculares sostenidas.
50	Dolor, agotamiento y posible des--fallecimiento. Las funciones del corazón y del aparato respiratorio continúan.
100-300	Empieza la fibrilación ventricu--lar, pero las funciones respirato--rias se mantienen intactas.
6000	Contracción sostenida del miocardio seguida por ritmo normal del cora--zón. Parálisis respiratoria temp--oral. Quemaduras si la densidad de corriente es alta.

Como nos muestra la tabla anterior a medida que la co--rriente que circula por el cuerpo humano alcanza valores mayo--res a 1 mA aparecen el dolor y las contracciones musculares --involuntarias; a valores de 100 mA la fibrilación cardiaca pue--de ocurrir. Es interesante hacer notar, sin embargo, que con--corrientes mayores a 100 mA, hay una tendencia a que las con--tracciones musculares sean tan rápidas y violentas que la per--sona es involuntariamente arrojada lejos del contacto con la --fuente de energía eléctrica.

A su paso por el cuerpo humano, la corriente tomará cami--no por los tejidos de más baja resistividad, siendo éstos los más afectados naturalmente. La resistencia total de ese cami--no puede variar desde valores ligeramente menores a 1000 ohms, hasta valores alrededor de 100,000 ohms, dependiendo princi--palmente de la presencia de humedad en mayor o menor grado.

Lo anterior nos da una idea del grave peligro que afronta un individuo que, con piel, ropa o zapatos mojados, entra en contacto, voluntaria o accidentalmente, con dos o más puntos de un sistema eléctrico (conductores, bastidores, corazas, tierras, etc.) entre los que existe una diferencia de potencial mayor de 75 volts.

## II) SISTEMAS DE DISTRIBUCION

El término sistema aislado de tierra se usa para identificar un sistema en el cual no hay conexión intencional entre los conductores del sistema y la tierra. Sin embargo, existe un acoplamiento capacitivo entre los conductores del sistema y la tierra.

Cuando el neutro de un sistema no está conectado a tierra es posible que aparezcan sobrevoltajes transitorios, de varias veces el normal, durante las maniobras normales de los interruptores del circuito, al ocurrir una falla de línea a tierra.

Ventajas del sistema conectado a tierra:

- 1.- Reducción de gastos de operación y mantenimiento:
  - a) Reducción en magnitud de los sobrevoltajes transitorios.
  - b) Mejora en la protección contra descargas atmosféricas.
  - c) Simplificación de localización de fallas a tierra.
  - d) Mejora de la protección contra fallas del sistema y del equipo.
- 2.- Mejora de la confiabilidad del servicio.
- 3.- Más seguridad para el personal y el equipo.

## III) EQUIPO CONECTADO A TIERRA

La puesta a tierra del equipo de un sistema consiste en conectar a tierra las partes metálicas (que no llevan corriente) del alambrado y aparatos conectados al sistema.

El objetivo principal de esta conexión a tierra es limitar la diferencia de potencial entre las partes metálicas del sistema, que no llevan corriente y entre estas partes y tierra, a un valor seguro bajo cualquier condición de operación, normal o anormal, del sistema.

Para lograr este objetivo es necesario construir un sistema de tierra, que mantenga un potencial uniforme en todas las partes metálicas de estructuras y aparatos, y que permita al personal estar siempre al mismo potencial.

El segundo objetivo de la conexión a tierra del equipo es proporcionar un retorno de baja impedancia para la corriente de falla a tierra.

El peligro al personal existe al tiempo que ocurre una falla a tierra. El forzar a la corriente a circular a través de una conexión de alta impedancia puede crear una diferencia de potencial peligrosa.

La importancia de un circuito continuo metálico de baja impedancia en el paso de retorno de la corriente de tierra, se ilustra en la Figura 1.

La Figura 1 muestra un sistema monofásico 120/240 con el neutro del transformador conectado a tierra a través de un electrodo de tierra, el cual tiene una resistencia a tierra de 10 ohms. El tubo conduit está conectado a tierra a través de un electrodo de tierra separado, el cual mide 20 ohms a tierra. Una falla ocurre entre el conductor B y el conduit; la corriente de falla será igual a:

$$I = \frac{120}{20 + 10} = 4 \text{ amp.}$$

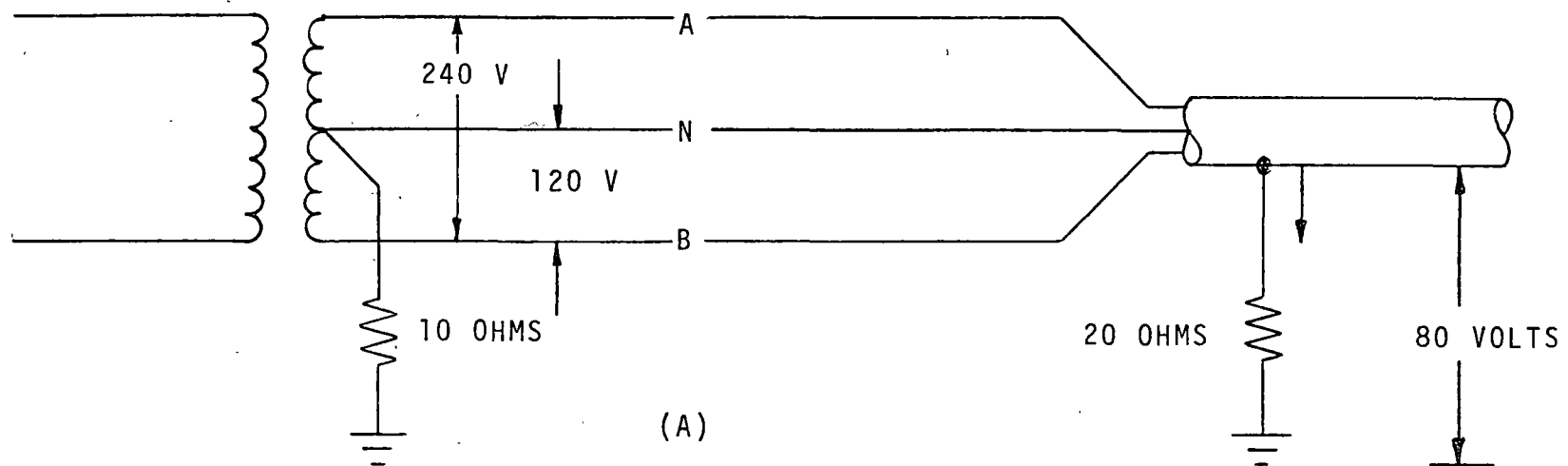
Diferencia de potencial entre el conduit y tierra:

$$V = 4 \times 20 = 80 \text{ volts}$$

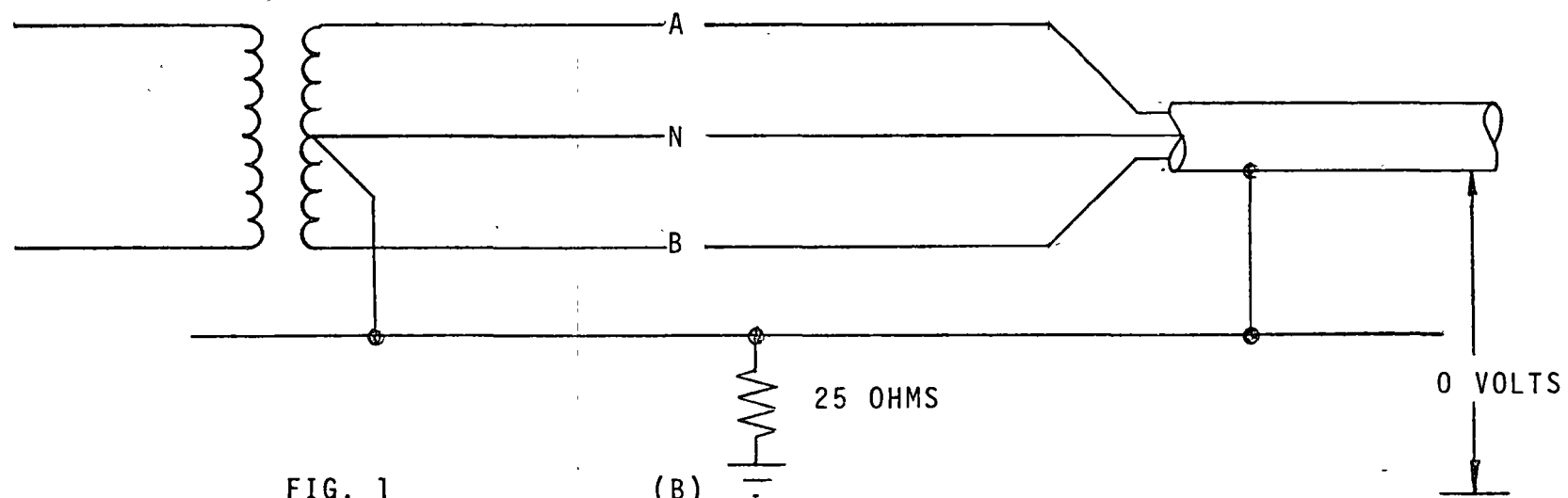
Este voltaje no es necesariamente fatal.

La figura 1-b muestra el mismo sistema con un circuito continuo metálico. La corriente de falla tendrá un valor muy elevado debido al paso de baja impedancia, lo cual causa que operen los dispositivos de protección. Por la resistencia de 25 ohms circula una corriente muy pequeña y el potencial del tubo conduit se mantiene muy cercano al de tierra.

En grandes subestaciones la resistencia del bus de tierra no debe exceder de 1 ohm. En pequeñas estaciones no debe exceder de 5 ohms. En residencias la resistencia debe ser menor a 25 ohms.



(A)



(B)

FIG. 1

Importancia del paso metálico continuo de tierra de baja impedancia.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

### PLANTAS ELECTROGENAS

1. SU UTILIZACION
2. COMPONENTES
3. SELECCION

ING. SERGIO ORDOÑEZ LEZAMA

JULIO, 1978.



## I PLANTAS ELECTROGENAS

### 1.- SU UTILIZACION

De acuerdo con la forma de operar de las plantas electrógenas, éstas pueden dividirse en tres grandes grupos:

- a) Plantas de Emergencia
- b) Plantas de Servicio Continuo
- c) Sistemas de Servicio Ininterrumpible de Potencia (UPS)

#### a) 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 pongan en peligro vidas u 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 a 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.

b) PLANTAS DE SERVICIO CONTINUO

En términos generales, las plantas de servicio continuo, son aquellas que suministran energía eléctrica para:

- a) venta y distribución del fluido
- b) accionar equipos eléctricos particulares en lugares donde no existe el suministro público o éste es deficiente, insuficiente o de diferentes características a las que requieren.

Para las primeramente citadas, generalmente se requieren estudios y características muy especiales y complejos, ya que la venta y distribución de energía, están sujetos 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 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 característica 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, reparación y de la amortización del equipo, por lo que, un balance entre éstos, permite escoger aquel que dé las condiciones más económicas y funcionales.

c) SISTEMA DE SERVICIO ININTERRUMPIBLE DE POTENCIA  
(UPS)

Este es un sistema de generación eléctrica de servicio constante que combina las características de una planta de emergencia y sistema normal de suministro eléctrico.

El objetivo principal de estos sistemas es que en ningún momento desaparezca el suministro eléctrico en la carga, aún cuando falle la fuente que los abastece.

Estos requerimientos generalmente se presentan en cargas menores muy especiales como instrumental médico, aeropuertos, computadoras, plantas químicas, comunicaciones, etc.

Existen varias formas de hacerlo, dependiendo de la capacidad principalmente:

- a) CA - CD dependiente de batería (alumbrado).
- b) Sistema de M-G con volante.
- c) Sistema M-G volante y motor primo.
- d) Conversión - Batería - Inversión.
- e) Generación continua con suministro normal como Emergencia.

Posteriormente se analizan estos sistemas con mas detalle.

2.- COMPONENTES:

UNA PLANTA ELECTRICA, consta de las siguientes partes principales:

- a) Motor primo
- b) Generador
- c) Controles e Interruptor General
- d) Interruptor de Transferencia o doble tiro (Planta de Emergencia).
- 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 o 6 polos, dependiendo de la velocidad escogida para la mejor operación del motor primo.

En motores a gasolina, con potencias relativamente bajas, comunmente se usa una velocidad de operación de 3000 a 3600 r.p.m. (50 o 60 Hz, respectivamente), o sea la velocidad síncrona correspondiente a un generador de 2 polos.

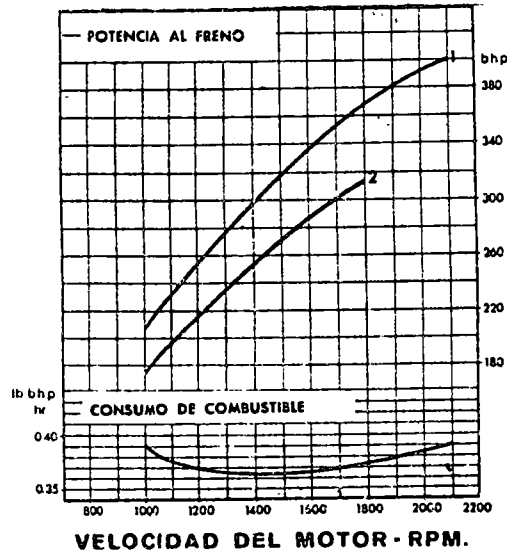
En el caso de turbinas de gases y, dada su alta velocidad de operación, también se usan generadores de 2 polos.

La potencia aquí es relativamente alta.

En aplicación para equipos de aviación, generalmente se usa frecuencia de 400 Hz o sean 2400 r.p.m. con 2 polos, 1200 r.p.m. con generadores de 4 polos, 8000 con 6 polos, etc. Esto permite el uso de equipo mas compacto.

En aplicaciones de motor diesel, la velocidad común es de 1500 - 1800 r.p.m. 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 1000 - 1200 r.p.m., 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.

## CARACTERISTICAS DE MOTORES



Por lo mismo debe tenerse especial cuidado en la selección del equipo, para que corresponda a la mejor inversión, de acuerdo con su aplicación.

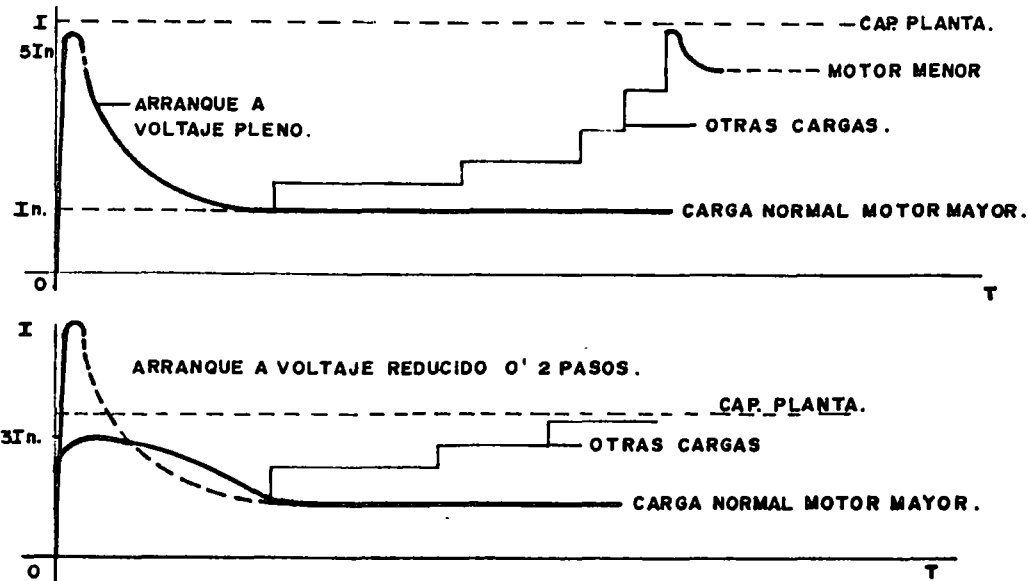
También cabe señalar que, a igualdad de velocidad, la potencia que se le puede sacar a una máquina en servicio continuo, es entre 85% y 90% de la correspondiente a aplicaciones de emergencia o con cargas intermitentes, dado que, el calentamiento y desgaste por períodos prolongados, reduce considerablemente la vida del motor.

En el caso de motores a gas, su selección depende de la potencia y de otras características, pudiendo usarse motores de ciclo Otto o sea, con encendido eléctrico por bujías, o de ciclo Diesel o sea, enriqueciendo la mezcla aire-combustible, en cuyo caso, el encendido sigue haciéndose con la inyección de combustible líquido en la cabeza de los cilindros.

## II SELECCION

El punto de partida para seleccionar un motor de combustión interna, es definir la potencia útil que se va a necesitar y en las circunstancias y condiciones del lugar de trabajo.

La potencia eléctrica que necesitaremos, a su vez es la suma de las cargas totales, más la correspondiente al arranque de motores, dependiendo ésto, del tipo de arrancador empleado.



Una vez analizado el valor y la secuencia de arranque de los motores mas grandes, se verá cual es la potencia requerida en el generador y la que comercialmente se fabrica.

Para evaluar la potencia en la flecha a partir de la potencia eléctrica (en los cables de salida), debe considerarse la eficiencia del generador, que generalmente está entre 95 y 85% y esto ya nos puede llevar a calcular la potencia requerida en la flecha del motor.

$$HP = \frac{KW}{0.85 \times 0.746}$$

A su vez, la potencia en HP en la flecha del motor puede calcularse partiendo de las curvas de comportamiento del motor y a la velocidad en que va a trabajar.

A esto deberán deducirse las pérdidas por altitud en el lugar de trabajo a razón de aproximadamente 1% por cada 100 m. sobre el nivel del mar, si es de aspiración natural, o menos, si tiene la ayuda de un turboalimentador compensador, en cuyo caso puede reducirse esta pérdida, según su propio diseño (esto a partir de 300 m.).

A esta potencia todavía debe hacerse deducciones por:

Consumo en HP del ventilador

Perdidas en el escape

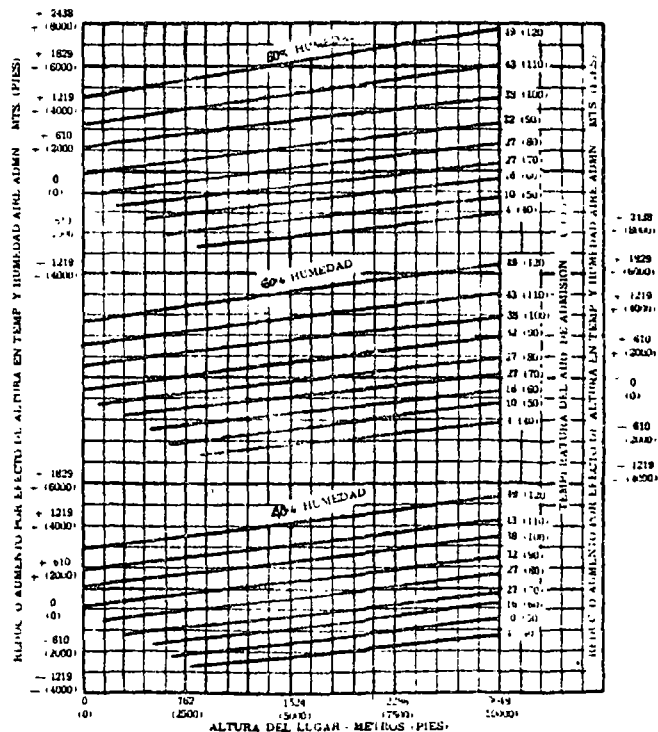
Perdidas en bombas y ventiladores u otros equipos auxiliares, como: radiador, intercambiador de calor, torre de enfriamiento, etc.

Perdida por temperatura ambiente.

Arriba de 15°C se pierden aproximadamente 1% por cada 5°C.

La humedad relativa del aire influye igualmente teniendo que recurrirse a tablas de coportamiento para su ajuste.

GRAFICA QUE ILUSTR LA CORRECCION PARA LA ALTURA EN EL LUGAR DE PRUEBA PARA OBTENER LA TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AIRE DE ADMISION



GENERADOR:

En cuanto al generador, el primer punto de partida es -  
escoger la capacidad en KVA del generador, de acuerdo -  
con la frecuencia necesaria y la velocidad y potencia en -  
KW correspondiente del motor de combustión interna.

Generalmente el factor de potencia es 0.8 que es el de di-  
seño normal.

También es necesario conocer la altitud de trabajo, ya que  
a mayor altitud se pierde ventilación o sea, disipación del  
calor motivado por las pérdidas y por lo tanto, disponibili-  
dad de potencia efectiva.

Cabe recordar que a un factor de potencia menor de 0.8 -  
puede sobrecargarse el generador sin que el motor se =  
"siente".

Ejemplo:

	HP	KW	KVA	FP	A	% Carga Eléctrica	% Efecto Joule
Normal	150	100	125	0.8	327.5	100	100
Bajo FP	150	100	200	0.5	524	160	<u>256</u>

Con 0.5 FP, siendo igual la potencia mecánica del motor  
(150 HP) la carga reactiva del generador provoca un calenta-  
miento en sus devanados de 256% o sea, con peligro de que  
mar los devanados.

Claro está que un Interruptor adecuado limitaría esa carga  
anormal, pero debe tomarse el FP en cuenta y corregirse  
en su caso.

INTERRUPTOR

Desde luego, para evitar el problema de sobrecarga, el In-  
terruptor debe ser escogido de acuerdo con la carga máxima  
del generador a FP = 0.8.

Aquí la protección contra circuito corto, debe revisarse úni-  
camente para la capacidad interruptiva, de acuerdo con la  
impedancia del sistema.



## C O N T R O L E S

Los controles de la planta pueden ser muy sencillos o - llegar a un grado de sofisticación exagerado, pero nos limitaremos a tomar en cuenta lo recomendable.

Primeramente, debe considerarse Vóltmetro, Ampérme- tro y Frecuencímetro, como unidades elementales para - conocer el funcionamiento del equipo y los límites dentro de los cuales puede trabajar, tanto la máquina generadora como el equipo eléctrico que alimenta.

Un Wattmetro no es indispensable si la máquina trabaja - individualmente, pero es esencial si se va a poner a tra- bajar en paralelo con otra máquina o con la red de sumi- nistro.

Para operación en paralelo de máquina, se requiere además, una serie de dispositivos automáticos o manuales para sin cronización como: ménsula con sincronoscopio o luces de sincronización, vóltmetros dobles, frecuencímetros dobles, y de preferencia control remoto de velocidad de motores diesel y de interruptores generales.

El Contador de Horas es necesario para llevar un control de mantenimiento del equipo.

Para la protección del motor primo, es necesario contar con indicadores visuales de presión de aceite, temperatura de la máquina y carga de baterías, pero mejor aún es con tar con dispositivos automáticos de paro del motor por fa- lla, o sea, cuando la temperatura del motor o la presión del aceite están fuera de sus límites recomendables, éstos deben actuar y dejar alguna indicación de la causa y de - ser necesario, también sonar una alarma.

En máquinas de arranque y paro automático además de lo anterior, es necesario un dispositivo programador de arran- ques de la marcha con intervalos de 4 o 5 segundos, pa ra evitar que la batería se descargue o se dañe antes de lograr el arranque.

En estos casos es necesario contar con un relé de tiempo para diferir el inicio de arranque cuando falla el suminis- tro eléctrico momentáneamente y vuelve normal.

Entre 3 y 5 segundos es tiempo suficiente para cerciorarse de ello, pero en casos especiales puede disminuirse o aumentarse.

El control que ordena el arranque de la planta de emergencia es un relé sensitivo de voltaje, preferentemente trifásico con ajustes generalmente a 80% y 115% del voltaje normal.

Para el paro de la máquina, cuando el suministro normal ha regresado, se requiere también un relé de tiempo para diferir el retorno de la carga al servicio normal y ésto puede hacerse en dos formas:

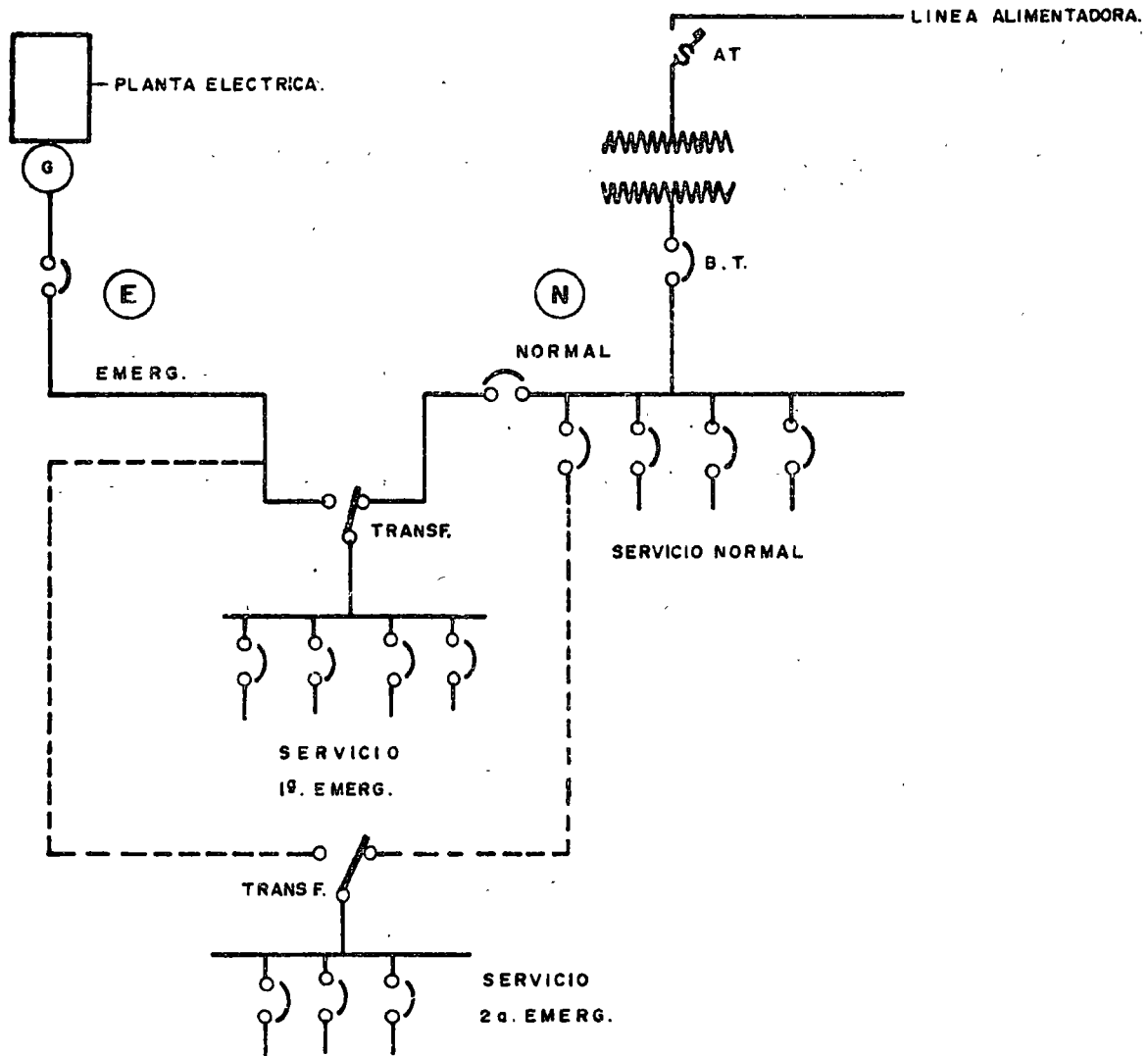
- 1a. Dejar que la máquina trabaje de 5 a 15 minutos antes de que transfiera la carga al servicio normal y pare al momento de hacerlo.

Esto además asegura que en una operación corta, la batería alcance a recargarse, si es que no existe cargador adicional, sino únicamente mantenedor de carga.

- 2a. Dejar que la máquina trabaje con carga los mismos 5 a 15 minutos aproximadamente, haga la transferencia de ésta y siga en vacío otros 5 o 10 minutos para enfriar el motor primo, principalmente cuando la carga es de 60% o más de la capacidad.

### INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA O DOBLE TIRO

Cuando una carga eléctrica se alimenta alternadamente de un suministro Normal o de Emergencia, si falla el Normal, es indispensable contar con un medio de conexión fácil, pero que, al mismo tiempo, asegure que nunca se conecte la planta de emergencia al sistema alimentador pues puede resultar altamente peligroso para los linieros cuando la línea de suministro este siendo reparada o para el equipo por quedar en circuito corto o fuera de sincronía.



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.

Existen muchos diseños de interruptores de transferencia, pero cabe señalar que es muy necesario escoger un equipo confiable y que requiera un mantenimiento mínimo, pues el 100% del tiempo permanece en uso, alimentado por servicio Normal o por Emergencia.

## ACCESORIOS

Entre los accesorios se puede hablar de muchos equipos pero los principales son:

- Radiador o intercambiador de calor
- Silenciador que no resuene a la velocidad normal
- Tubo flexible para absorber las vibraciones entre la máquina y el silenciador.
- Tubo o codo de escape con protección contra lluvia
- Protección antichispa para lugares peligrosos
- Bases flexibles para que no se transmitan las vibraciones al piso o estructura
- Tanque de dfa con nivel, válvulas de paso y desfoque, respiración
- Bomba de trasego
- Batería y cables de capacidad adecuada
- Cargador de batería o mantenedor
- Reloj programador para ejercitación semanal
- Interruptores para ejercitación y mantenimiento
- Precalentadores de aire y agua

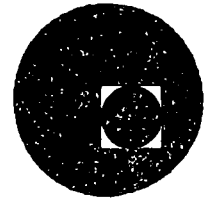
Como se vé, la selección de un equipo para generación eléctrica de servicio continuo o emergencia, no debe dejarse en manos - inexpertas y es de aconsejarse que se haga un estudio para cada caso, ya que puede considerarse que las plantas son como un - traje a la medida.

lmm.

Julio de 1978.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

MEDIOS DE CANALIZACION

ING. JOSE ANTONIO LOZANO VILLAFANA

JULIO, 1978.

CUARTA SESION.

Lunes 10 de julio.

INGENIERO JOSE ANTONIO LOZANO VILLAFANA

b) Medios de canalización.

- 1.- Elementos que integran un medio de canalización
- 2.- Conductores. Clasificación según su uso.
- 3.- Circuitos derivados.
- 4.- Circuitos alimentadores.

## CUARTA SESION

### CURSO DE INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

#### b).- Medio de canalización

Entendemos por medio de canalización al conjunto de elementos que se necesitan para llevar la energía eléctrica de un punto a otro en el interior de un edificio.

De manera ideal, el transporte de energía deberá hacerse sin pérdidas y en condiciones de absoluta seguridad tanto para las personas como para los equipos, razón por la cual los componentes seleccionados para habilitar una canalización deberán tender al logro de este objetivo.

#### 1.- Elementos que integran un medio de canalización

Un medio de canalización se integra con elementos - que cumplan las siguientes funciones:

1.1.- Una vía para el paso de la corriente eléctrica con las menores pérdidas posibles (conductor eléctrico)

1.2.- Un elemento dieléctrico para aislar el diferente potencial existente entre el conductor y el medio que le rodea, que tenga igualmente capacidad térmica para trabajar en las condiciones impuestas por la disipación de calor debido a las pérdidas del conductor.

1.3.- Un elemento que proteja y soporte mecánicamente al conductor y que eventualmente le sirva como medio de clasificación e identificación.

A continuación haremos comentarios sobre cada uno de los distintos elementos que componen una canalización:

#### 1.1.- CONDUCTORES ELECTRICOS

Como elementos conductores se han usado principalmente el cobre y el aluminio, sin embargo es mucho más extendido el uso del cobre obedeciendo su selección a las siguientes razones de conveniencia técnica económica:

- \* Disponibilidad en el mercado
- \* Alta conductividad eléctrica (base: Cu = 100%, Al = 61%, Mg = 160%)
- \* Posibilidad para permitir manufactura de alambres por procesos continuos de estirado en frío.
- \* Posibilidad de construir alambres y cables con alto índice de flexibilidad
- \* Sin características magnéticas.
- \* Compatibilidad química con los dieléctricos usuales
- \* Facilidad para hacer conexiones soldadas o por medios mecánicos
- \* Resistencia a la humedad y otros agentes propios del trabajo a la intemperie.
- \* Alta temperatura de fusión
- \* Posibilidad de obtener alambres de diversos temple por procesos continuos
- \* Alta resistencia a la ruptura por tracción.

Desde el punto de vista de las pérdidas, las que pueden ocurrir a un conductor eléctrico están relacionadas con la impedancia del circuito que forma, con la tensión de servicio y con el gradiente dieléctrico del aislamiento.

#### Pérdidas relacionadas con la impedancia.

Las pérdidas relacionadas con la impedancia se conocen como pérdidas por efecto Joule, las cuales se cuantifican de la siguiente manera:

$$\text{Pérdidas por efecto Joule} = W = ZI^2 \text{ (medidas en Watts)}$$

Donde:

Z es la impedancia total del circuito (medida en ohms)

I es la corriente (medida en amperes)

Como sabemos, a la frecuencia comercial de 60 cps, la componente más significativa del valor de la impedancia (medida en ohms) es la resistencia eléctrica cuyo valor depende directamente del metal conductor, de la temperatura de funcionamiento del cable, de la forma de la sección transversal del conductor, de su proximidad con otros conductores vecinos corriendo en trayectorias paralelas y de la frecuencia del sistema, aunque como se verá más adelante, los parámetros más significativos son la resistividad del metal y la temperatura de funcionamiento del sistema.



### 1.1.14- CALCULO DE LA RESISTENCIA

#### Resistencia de un conductor

Como es conocido, la resistencia de un conductor está dada por la fórmula fundamental:

$$R_{20} = \rho_{20} \frac{l}{A} \quad \rightarrow \textcircled{1}$$

Donde:  $\rho_{20}$  = Resistividad del conductor en ohms mm<sup>2</sup>/Km  
(Para el cobre, a 20 °C,  $\rho_{20} = 17.74$  ohms mm<sup>2</sup>/Km.)  
 $l$  = Longitud del conductor en Km.  
 $A$  = Sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup>

#### Aumento de resistencia con la temperatura

Para temperaturas superiores a 20 °C, la resistencia varía de acuerdo con la siguiente expresión:

$$R_T = R_{20} [1 + \alpha_{20} (T-20)] \quad \rightarrow \textcircled{2}$$

Donde:  $R_T$  = Resistencia en ohms a la temperatura T  
 $\alpha_{20}$  = Coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura.  
(Para el cobre,  $\alpha_{20} = 0.0039$ )

#### Resistencia óhmica de un cable a la C.D.

De las fórmulas 1 y 2, y tomando en cuenta que si el conductor es un cable formado por varios hilos, obtendremos:

$$R_{CD_T} = \frac{\rho_{20}}{A_R} [1 + \alpha_{20} (T-20)] (1 + K_c) \quad \rightarrow \textcircled{3}$$

Donde:  $A_R$  = Sección real del conductor que corresponde a la suma de las secciones de los hilos elementales que lo constituyen (en mm<sup>2</sup>)  
 $K_c$  = Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de calentamiento y que varía de 0.015 para cuerdas rígidas hasta 0.04 para cuerdas flexibles.

... (3) el valor teórico de  $\rho_{20}$  ...  
 ...  $\alpha_{20} = 0.02$  ...  
 ... (para conductor de cobre) ...

$$R_{cd} = \frac{17.24}{A_p} \left[ 1 + 0.02 \left( \frac{T-20}{5} \right) \right] (1+k_c) \quad \text{--- (4)}$$

NOTA

En esta fórmula estamos considerando que la conductividad del cobre es del 100%. En caso de utilizar materiales con otro valor de conductividad, el valor de  $\rho_{20}$  se debe modificar de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\rho_{20} = 17.24 \frac{100}{\text{conductividad real}}$$

Resistencia óhmica de un cable a la corriente alterna

La resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente alterna es mayor que la que ofrece al paso de la corriente directa. Este aumento de resistencia es debido a dos causas:

a).- El efecto piel; que consiste en un adensamiento de la corriente hacia la superficie externa del conductor debido al campo electromagnético que se establece en torno al eje del conductor mismo.

b).- El efecto de proximidad, que consiste en un adensamiento de la corriente en la parte del conductor vecina a otro conductor que -- transporta corriente en sentido contrario, debido a la sobreposición de los campos magnéticos existentes en torno a cada uno de los dos conductores considerados.

EFEECTO PIEL

El incremento de resistencia debido al efecto piel está dado por

$$\Delta R_o = R_{cd} \cdot F(x_o) \quad \text{--- (5)}$$

Donde:  $F(x_o)$  es el valor de la función  $F(x)$  para el caso que  $x = x_o$ , siendo

$$x_o = 0.0504 \sqrt{\frac{f \cdot k_o}{R_{cd}}} \quad \text{--- (6)}$$

$f(x)$  = Función de Bessel, en CFS

$K_c$  = coeficiente que depende de la construcción del conductor  
(ver Tabla 2).

Cuando el cálculo de  $f(x)$  implica funciones de Bessel y resulta tedioso efectuarlo cada vez, ya se han calculado ciertos valores que se reproducen en la TABLA 1.

### EFFECTO DE PROXIMIDAD

El efecto de proximidad puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$\Delta R_i = R_{CD_T} \cdot f(x_1) \cdot \left(\frac{dc}{A}\right)^2 \cdot \left[ \frac{1.18}{f(x_1) + 0.27} + 0.312 \left(\frac{dc}{A}\right)^2 \right] \quad \text{--- (7)}$$

Donde:  $f(x_1)$  = valor de  $f(x)$  para  $x = x_1$

$dc$  = Diámetro del conductor

$A$  = Distancia interaxial entre conductores

(Distancia media geométrica)

$$x_1 = 0.0504 \sqrt{\frac{f \cdot K_c}{R_{CD}}} \quad \text{--- (8)}$$

(ver Tabla 2 para el valor de  $K_c$ )

TABLA 1

VALORES DE LA FUNCION  $f(x)$

$x$	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75
$f(x)$	0.0000	0.0000	0.0003	0.0017	0.0052	0.0126	0.0253	0.0470
$x$	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75
$f(x)$	0.0732	0.1207	0.1754	0.2417	0.3131	0.4124	0.4920	0.5345
$x$	4.00	4.25	4.50	5.00				
$f(x)$	0.6779	0.7703	0.8628	1.0427				

Para valores de  $x$  mayores de 5, tendremos que:

$$f(x) = \frac{x}{2\sqrt{2}} \left(1 + \frac{3}{8x^2}\right) - \frac{3}{4}$$

TABLA 2 VALORES DE  $k_0$  Y  $k_1$

TIPO DE CONDUCTOR	$k_0$	$k_1$
Cuerda redonda normal	1.0	0.3
Cuerda redonda compacta	1.0	0.6
Cuerda redonda segmental(4 segmentos)	0.435	0.37
Cuerda sectoral compacta	1.0	ver nota

NOTA:

Considerar un efecto de proximidad igual a 1/2 del que resulte para un conductor a cuerda redonda compacta de igual sección.

TABLA 3 DIAMETROS DE LOS CONDUCTORES

ALAMBRES

Calibre AWG ó MCM	Diámetro s/cobre (mm.)	Sección de cobre (mm <sup>2</sup> )	Diámetro sobre aislamiento (mm.)	
			TW y EHS	TLSW
14	1.63	2.08	3.25	2.74
12	2.05	3.31	3.68	3.17
10	2.59	5.26	4.22	3.96
8	3.26	8.37	5.72	5.19

CABLES

14	1.84	2.08	3.48	2.96
12	2.32	3.31	3.96	3.44
10	2.95	5.26	4.57	4.32
8	3.71	8.37	6.15	5.64
6	3.91	13.30	7.92	6.60
4	5.89	21.15	9.14	8.38
2	7.42	33.63	10.67	9.91
1/0	9.47	53.48	13.54	12.54
2/0	10.64	67.43	14.70	13.71
3/0	11.94	85.03	16.00	15.00
4/0	13.41	107.20	17.48	16.40
250	14.61	126.90	19.50	18.24
300	16.00	152.20	20.90	19.63
400	18.49	202.60	23.40	22.12
500	20.65	253.10	25.60	24.28

EJEMPLO

Calcular la resistencia óhmica de un conductor de cobre cuerda redonda normal calibre 2/0 AWG. Corro 1% para 60°C a 160°C

con una longitud de 250 mm, y un diámetro de 1.0 mm. El tubo es  
 balanceado, instalado en tubo coaxial.

$$R_{20} = \rho_{20} \frac{l}{A}$$

Donde:  $\rho_{20} = 17.24$

$l = 0.25$

$A = 69.43 \text{ mm}^2$  (Tabla 3)

Sustituyendo:

$$R_{20} = 0.0639 \text{ ohms}$$

Corrigiendo por aumento de temperatura:

$$R_{60} = 0.0639 [1 + 0.0039 (60 - 20)]$$

Haciendo operaciones

$$R_{60} = 0.0739$$

Tomando en cuenta el valor de  $K_c$  (ec. 4) para cuerdas rígidas = 0.015, tendremos que el valor corregido de  $R_{60}$  será:

Efecto piel:  $\alpha_0 = 0.0504 \sqrt{\frac{60 \times 1.0}{0.075}} = 1.425$

De la tabla 1, :  $f(\alpha_0) = 0.006$

Por lo tanto :  $\Delta R_0 = 0.0739 \times 0.006 = 0.00045 \text{ ohms}$

Efecto de proximidad:

$$\alpha_1 = 0.0504 \sqrt{\frac{60 \times 0.8}{0.075}} = 1.275$$

de la Tabla 1 :  $f(\alpha_1) = 0.02$

de = 10.64 mm :  $D = \sqrt[3]{(14.7)^3} = 14.7 \text{ mm}$

De donde:  $\Delta R_i = 0.075 \times 0.02 \times \left(\frac{10.64}{14.7}\right)^2 \left[ \frac{1.18}{0.02 + 0.27} + 0.312 \left(\frac{10.64}{14.7}\right)^2 \right]$

Haciendo operaciones:

$$\Delta R_i = 0.0033 \text{ ohms}$$

Por lo anterior, el valor de la resistencia en las condiciones de operación descritas en el problema será de:

$$R_{\text{real}} = 0.0739 + 0.00045 + 0.0033 = 0.07765 \text{ ohms}$$

Como se aprecia de este ejemplo, el aumento de resistencia por efecto piel y por efecto de proximidad (mismos que son función

nes dependientes de la frecuencia) puede ser despreciado para fines prácticos, debido a que la frecuencia de operación de los sistemas de potencia, que es de 60 Hz, no influye de manera decisiva en la modificación de los parámetros.

### Pérdidas relacionadas con la tensión de servicio y el gradiente dieléctrico del aislamiento

Estas pérdidas solamente son apreciables en cables que operan a tensiones mayores de 5 KV, sobre todo aquellos que están provistos de una pantalla electrostática metálica continua y aterrizada en ambos extremos del propio cable.

La potencia activa disipada en el dieléctrico, en forma de calor, vale:

$$W_d = \omega \cdot C \cdot (KV)^2 \cot \varphi \times 10^{-3} \quad \text{watts/m}$$

Donde:  $\omega = 2\pi f$

C = Capacidad en  $\mu F/km$

KV = Kilovolts de ejercicio entre conductor y pantalla

= KV entre fases /  $\sqrt{3}$  si el sistema es trifásico.

$\cot \varphi$  = Factor de potencia del dieléctrico

## 1.2.- DIELECTRICOS

Para fines prácticos, los parámetros que nos importa tener bajo control en un dieléctrico son:

- a.- la rigidez dieléctrica
- b.- La clasificación térmica

Desde el punto de vista de la rigidez dieléctrica, debemos de considerar para tensiones de servicio en fuerza y alumbrado, que por regla general son del orden de 220/127 V. y mas escasamente de 440/257 V. que basta con la selección de conductores cuya clasificación dieléctrica sea de 600 V, lo cual nos ha de garantizar una operación satisfactoria siempre y cuando se haya tenido cuidado de no deteriorar los aislamientos durante la instalación de los conductores.

Para tensiones de distribución, superiores a 5KV y hasta 34.5 KV, es importante después de instalar los cables hacer las -

cruciales de recepción recomendadas por el fabricante.

Desde el punto de vista térmico, debemos tomar en cuenta que a mayor densidad de corriente sobre una línea determinada, mayor será la temperatura de operación de esa línea debido al efecto de las pérdidas comentado con anterioridad.

En este caso, para selección de aislamiento se presenta un compromiso entre la calidad del aislamiento y la sección transversal de cobre del conductor, pues a una sección dada de cobre le corresponderá mayor temperatura de funcionamiento cuando se le aplique mayor corriente, fenómeno que exigirá el uso de aislamientos de mayor calidad térmica.

Por otro lado, si a misma corriente se utilizan conductores de sección diferente, el de mayor sección operará mas frío y por lo tanto requerirá de un aislamiento de menor clasificación térmica y por lo tanto de costo menor.

Por las razones anteriores, para cada caso será necesario establecer un estudio comparativo que nos permita seleccionar la solución de costo menor.

Colaborando a elevar la temperatura de funcionamiento, aparte de las pérdidas, se encuentra el agrupamiento excesivo de cables, la temperatura ambiente reinante y el método escogido para la instalación de los conductores, pues a mayor libertad de disipación de calor en las tuberías u otros medios de soporte, se podrá hacer un mejor aprovechamiento del cobre.

### 1.3.- ELEMENTOS DE SOPORTE Y PROTECCION

Los elementos de soporte y protección de los conductores eléctricos influyen decisivamente en la vida de una canalización eléctrica, tanto por razones de seguridad mecánica como por razones de incremento de temperatura en los conductores conforme se comenta en el párrafo anterior. Por ser motivo de exposición en la 6a. sesión del curso, no se ampliarán los comentarios sobre estos elementos.

## CIRCUITOS DERIVADOS Y CIRCUITOS ALIMENTADORES.

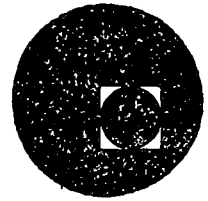
La diferencia entre circuitos alimentadores y derivados solamente puede establecerse en un diagrama unifilar según sea la posición relativa del circuito dentro del diagrama, lo importante es tomar en cuenta que a ambos tipos de circuito se les debe dar un tratamiento similar tanto en su cálculo como en su construcción con la única diferencia que las densidades de corriente y por lo tanto los calibres o secciones transversales de cobre serán mayores en los circuitos alimentadores que en los circuitos derivados.

Otro punto importante entre circuitos alimentadores y derivados, lo constituye el correcto encadenamiento de protecciones eléctricas, que será motivo de exposición en otra sesión del curso.





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO

ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO

JULIO, 1978.

## 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.

### COMITE:

ING. RODRIGO GUERRERO ESCOLANO.  
ING. ENRIQUE VENEGAS SANDOVAL  
ING. EDMUNDO MORALES SILVA  
ING. ABEL GARCIA OROPEZA  
DIRECTOR DE DEBATES DE LA MESA REDONDA  
ING. OCTAVIO SANCHEZ HIDALGO B.

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 consiguientes 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 otra 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 brillantez (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en por ciento.

De esos factores se sacaron los valores apropiados de brillantez (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 divisor 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 más 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 del I.E.S. 99% son iguales, significa que es el valor mismo 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. CALLES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS | 8. ALUMBRADO DE TRASPORTES.   |

# 1 EDIFICIOS INDUSTRIALES

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%		I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
ACERO (Véase Hierro y Acero)			EMPACADORAS DE CARNE		
ACUMULADORES, MANUFACTURA DE			Matadero (Rastro,	300	200
Moldeado celdas	500	300	Limpio, desazado cocido, molendas, en-		
ARCILLA Y CEMENTOS, PRODUCTOS DE			latado y empaqueo	1000	600
Molienda, prensa filtrado, hornos de secado,			ENCUADERNACION		
vaciado y devastado	300	200	Doblado, ensambado empaste, cortado, pun-		
Esmaltado, pintura y vidriado (Trabajo burdo)	1000	600	zonado y cocido	700	400
Pintura y vidriado (Trabajo fino)	3000a	1700a	Grabado en realce e inspección	2000a	1100a
AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE			ENLATADORAS DE CONSERVAS		
Ensamblado bastidor	500	300	Clasificación inicial		
Ensamblado Chasis	1000	600	Jitomates	1000	600
Ensamblea final e inspección	2000a	1100a	Otras muestras	500	300
Manufactura carrocería:			Clasificación por color (cuartos de cortado)	2000a	1100a
Ensamblado	1000	600	Preparación		
Partes	700	400	Selección preliminar		
Acabado e inspección	2000a	1100a	Chavacanos y duraznos	500	300
AVIONES, MANUFACTURA DE			Jitomates	1000	600
Partes:			Aceitunas	1500	900
Producción	1000	600	Cortado y picado	1000	600
Inspección	2000a	1100a	Selección final	1000	600
Acabado de piezas:			Enlatado:		
Taladrado, remachado y apretado de torni-			Enlatado en bandas, sin fin	1000	600
llos	700	400	Enlatado estacionario	1000	600
CUARTO PINTURA	1000	600	Empacado a mano	500	300
Trazado sobre aluminio, formado partes pe-			Aceitunas	1000	600
queñas del fuselaje y alas	1000	600	Inspección de muestras enlatadas	2000a	1100a
Soldadura:			Manejo de envases		
Iluminación general	500	300	Inspección	2000a	1100a
ILUMINACION LOCALIZADA	10000	6000	Etiquetado y empaqueo	300	200
Subensamblado:			ENSAMBLADO		
Tren de aterrizaje fuselaje, secciones, alas			Tosco, fácil de ver	300	200
y otras partes grandes	1000	600	Tosco, difícil de ver	500	300
ENSAMBLADO FINAL			Medio	1000	600
Colocación de motores, hélices, secciones ala			Fino	5000	3000
y tren de aterrizaje	1000	600	Extrafino	10000	6000
Inspección de la nave ensamblada y su equipo	1000	600	ENSAYOS O PRUEBAS		
Reparación con máquinas herramientas	1000	600	General	500	300
ASERRADEROS			Instrumentos, extrafinos, escalas, etc.	2000a	1100a
Clasificación de la madera	2000	1700	EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA DE		
AZUCAR, REFINERIAS DE			Impregnado	500	300
Clasificación	500	300	Aislado, embobinado	1000	600
Inspección color	2000	1100	Pruebas	1000	600
CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA DE			EXTRUCTURAS DE ACERO, MANUFACTURA	500	300
Area general de manufactura	500	300	EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE	300	200
CARBON, VERTEDORES DE			FORJADO, TALLERES DE	500	300
Quebradoras, cernidos y limpiado	100	60	FUNDICIONES		
Selección	3000a	1700a	Templado (Hornos)	300	200
CARPINTERIAS			Limpio	300	200
Trabajo burdo de banco y sierra	300	200	Hechura de corazones		
Encolado, cepillado, lijado, trabajo de me-			Finos	1000	600
diana calidad en máquinas y banco	500	300	Medianos	500	300
Trabajo fino de máquina y banco, lijado y			Inspección		
acabado fino	1000	600	Fina	5000a	3000a
CERVECERAS, INDUSTRIAS			Mediana	1000	600
Elaboración y lavado de barriles	300	200	Moldeo:		
Llenado (de botellas latas, barriles)	500	300	Mediano	1000	600
CUARTOS DE CONTROL (Véase Plantas Ge-			Grande	500	300
neradoras)			Colado	500	300
DULCES INDUSTRIAS			Selección	500	300
Departamento de Chocolate:			Cubilote	200	100
Descascarado, selección, extracción, de acei-			Desmolde	300	200
te, quebrado y refinación, alimentación	500	300	GALVANOPLASTIA	300	200
Limpieza del grano, selección inmersión,			GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES		
empaquetado y envoltura	500	300	Taller de Servicio:		
Molienda	1000	600	Reparaciones	1000	600
Elaboración de crema:			Areas activas de tráfico	200	100
Mezclado, cocción y moldeado	500	300	Garages para estacionamiento		
Pastillas de goma y jaleas	500	300	Entrada	500	300
Decoración a mano	1000	600	Espacio para circulación	100	100
Caramelos:			Espacio para estacionamiento	50	50
Mezclado, cocción y moldeado	500	300	GRANJAS		
Corte y selección	1000	600	Establo y Galinero	100	100
Elaboración de pesos y envoltura	1000	600	GRABADO (CERA)	2000a	1100a

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%		I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
<b>GUANTES, MANUFACTURA DE</b>			<b>LAVADO Y PLANCHADO INDUSTRIAS DE.</b>		
Planchado y corte	3000a	2000a	Checado y selección	500	300
Tejido y clasificación	1000	600	Lavado en seco, húmedo y vaporizado	500	300
Cosido e inspección	5000a	3000a	Inspección y desmanchado	5000a	3000a
<b>HANGARES</b>			Composturas y modificaciones	2000a	1100a
Servicio de reparación únicamente	1000	600	Planchado	1500	900
<b>HIELO, FABRICAS DE</b>			<b>LAVANDERIAS</b>		
Cuarto de compresores y máquinas	200	100	Lavado	300	200
<b>HIERRO Y ACERO, MANUFACTURA DE</b>			Planchado de blancos, pesado, hacer listas, marcado	500	300
Hornos de hogar abierto:			Planchado a máquina y selección	700	400
Patio de almacenaje	100	60	Planchado fino a mano	1000	600
Piso de carga	200	100	<b>LLANTAS DE HULE Y CAMARAS:</b>		
Resbaladera de escada:			<b>MANUFACTURA DE</b>		
Fosos de escora	200	100	Preparación materia prima:		
Plataformas de control	300	200	Plasticación, molienda y Banbury	300	200
Patio de molinos	50	30	Prensado en calandra	500	300
Cosido	300	200	Preparación de la Tela:		
Almacenamiento de cilindros	100	60	Cortado y construcción de cajas	500	300
Bodega de pesco	100	60	Máquinas para las cámaras y recubierta	500	300
Reparaciones	300	200	Construcción de llantas:		
Patio de desmoldo	200	100	Llantas sólidas	300	200
Patio de Chatarra	100	60	Llantas neumáticas	500	300
Edificio de mezcla	300	200	Departamento de vulcanización:		
Edificio de Colocación	100	60	Cámaras y llantas	700	400
Bombas rompedoras	100	60	Inspección final	2000a	1100a
Molinos de laminación de:			Envoltura	500	300
Lingote, planchas, soleras y láminas en caliente	300	200	<b>MOLINOS DE HARINA</b>		
Laminación en frío de placas	300	200	Rodillos, cerridores, purificadores	500	300
Tubo, varilla elevación	500	300	Empacado	300	200
Fierro estructural y planchas	300	200	Control de producción	1000	600
Molinos de laminación de hojalata:			Limpiado, cargadores, andenes, tolvas	300	200
Estañado y galvanizado	500	300	<b>PAN, INDUSTRIAS DE</b>		
Laminación en frío	500	300	Cuarto de mezclado	500	300
Cuarto de motores y máquinas	300	200	Cuarto de fermentado	300	200
Inspección:			Formado:		
Rebabeo de tiras negra, lingotes y billetes	1000	600	Pan blanco	300	200
Hojalata y otras superficies brillantes	1000j	600j	Pastillitos y pan dulce	500	300
<b>HULE, PRODUCCION DE</b>			Cuartos de hornos	300	200
Preparación de la materia prima:			Relleno y otros ingredientes	500	300
Plasticación, molienda y Banbury	300	200	Decorado:		
Prensado en calandra	500	300	Mecánico	500	300
Preparación de la masa:			Manual	1000	600
Cortado y usos flexibles	500	300	Básculas y termómetros	500	300
Productos por extrusión	500	300	Envoltura	300	200
Productos moldeados y vulcanización	500	300	<b>PAPEL MANUFACTURA DE</b>		
Inspección	2000a	1100a	Bastidores, molinos, calandras	300	200
<b>JABONES, MANUFACTURA DE</b>			Acabado, cortado, recorte y máquinas para hacer el papel	500	300
Paño, corte, escamas de jabón y detergentes en polvo	300	200	Cortado a mano, lado húmedo de al máquina de papel	700	400
Troquelado, envasado y empaque, llenado y detergentes en polvo	500	300	Carrete máquina de papel, inspección y laboratorio	1000	600
<b>LACTEOS, PRODUCTOS</b>			Enrollado	1500	900
Industria líquida:			<b>PIEL, MANUFACTURA DE (TENERIAS)</b>		
Cuarto motores y almacén botellas	300	200	Limpiado, curido y estrado, peiles	300	200
Borelias	500	300	Cortado, descarnado y secado	500	300
Lavadoras baseias	f	f	Acabado	1000	500
Lavadores azas	300	200	<b>PIEL, TRABAJO SOBRE</b>		
Equipo refrigeración	300	200	Planchado, arenado y barnizado	2000	1100
Lienado: inspección	1000	600	Clasificación, igualado, cortado y cosido	3000	1700
Manómetros y taberos de medidores (sobre carátulas)	500	300	<b>PIEDRA, TRITURADO Y CERNIDO DE</b>		
Laboratorios	1000	600	Transportadores de bandas, espacios de descargo del tiro, cuarto de tolvas, interior de los depósitos	100	60
Pasteurizadores	300	200	Cuarto de quebradoras primarias, quebradoras auxiliares debajo de los depósitos	100	60
Separadores y quesos refrigerados	300	200	Cerridores	200	100
Tanques, culas	500	300	<b>PINTURAS, MANUFACTURA DE</b>		
Termómetro sobre carátula)	500	300	Illuminación general	300	200
Cuarto para pesar (iluminación gral)	300	200	Comparación de las mezclas con las muestras o patrones	2000j	1100j
Básculas	700	400	<b>PINTURAS, TALLERES DE</b>		
<b>LAMINA DE FERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:</b>			Pintura por inmersión o baño con pistola de aire, esmalte a fuego	500	600
Prensas, galvaniza, troqueladoras trabajo mediano de banco	500	300			
Punzadoras y retezado	500	300			
Inspección estañado y galvanizado	2000j	1100j			
Trazado	2000j	1100j			

	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 pinturas a mano	1000	600
Trabajo extra fino (carrocerías, pianos)	3000a	1700a
<b>PLANTAS GENERADORES</b>		
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
Plataformas 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
Cuartos 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" viéndose desde cualquier ángulo	300	200
Pupitre de distribución (nivel horizontal)	500	300
Áreas 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 bióxido de carbono	200	100
Laboratorio químico	500	300
Precipitadores	100	60
Casa de rejillas	200	100
Plataforma sopladores de hollín 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
Sub-sótano (parte inferior turbina)	200	100
Cuarto de turbinas	300	200
Área para tratamiento de agua	200	100
Plataforma para visitantes	200	100
<b>PULIDORAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA</b>		
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, decolorado	300	200
Tanques para cocción, extractores, coladores, nitradoras, celdas electrolíticas	300	200
<b>SOMBREROS, MANUFACTURA DE</b>		
Teñido, tensado, galoneado, limpiado y refinado	1000	600
Formado, calibrado, realzado, terminado y planchado	2000a	1100a
Cosido	5000a	3000a
<b>SOLDADURA</b>		
Iluminación general	500	300
Soldadura Manual de precisión con arco	10000a	6000a

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
<b>TABACO, PRODUCTOS DE</b>		
Secado, desmondamiento (iluminación general)	300	200
Clasificación y selección	2000a	1100a
<b>TALLERES MECANICOS</b>		
Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, pulido mediano	1000	600
Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	2000a	1000a
Trabajo extra fino de maquinaria y esmerilado fino	3000a	1600a
<b>TALLERES TEXTILES, ALGODON</b>		
Abridoras, mezcladoras, batientes	300	200
Cardas y estradoras	500	300
Pabiladoras, veloces, tróviles y cañoneros	500	300
Enrolladores y Engomadores:		
Telas crudas	500	300
Mez lillas	1500	900
Inspección		
Telas crudas (volteadas a mano)	1000	600
Atado automático	1500a	900a
Telares	1000	600
Repaso y atado a mano	2000a	1100a
<b>TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE</b>		
Abridoras, mezcladoras y batientes	300	200
Clasificación	1000a	600a
Cardado, peinado y repeinado	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)	2000a	1700a
Tejido:		
Telas blancas	1000	600
Telas de color	2000	1100
Cuarto de telas crudas		
Quitar nudos de la tela	1500a	900a
Cosido	1000a	1700a
Doblado	700	400
Acabado húmedo	500	300
Teñido	1000a	600a
Acabado en seco:		
Despeluzado, acondicionamiento y planchado	700	400
Cortado	1000	600
Inspección	2000a	1100a
Doblado	700	400
<b>TALLERES TEXTILES SEDA Y SINTETICOS</b>		
<b>Manufactura</b>		
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 estirado, finales de carrera, devanadora, lanzadera y plegadora	1000	600
Repaso en lisos y en el peine	2000a	1100a
Tejido	1000	600
<b>TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUEBLES, ETC.</b>		
	1000	600

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
<b>TELA, PRODUCTOS DE</b>		
Inspección tela	20000a	10000a
Corrado	3000a	2000a
Costura	500a	3000a
Planchado	3000a	2000a
<b>TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS</b>		
Fundición de tipo:		
Manufactura matrices, acabado de tipos	1000	600
Preparación de tipos, selección	500	300
Función	500	300
Impresión:		
Inspección de colores	2000a	1100a
Linotipos y cajistas	1000	600
Prensas	700	400
Mesa de formación	1500	900
Corrección de pruebas	1500	900
Electrotipia:		
Moldeado, rauteado, acabado, nivelado, moldes y recortado	1000	600
Galvanoplastia	500	300
Fotografado:		
Grabado al ácido y montado	500	300
Rauteado, acabado, pruebas, entintado	1000	600
<b>VIDRIO, FABRICAS DE</b>		
Cuarto de Hornos y mezcladoras, prensado, máquinas sopladoras y templado	300	200
Esmerilado, cortado, plateado	500	300
Esmerilado fino, biselado, pulido	1000	600
Inspección, greado y decoración	2000a	1100a
<b>ZAPATOS DE HULE, MANUFACTURA DE</b>		
Lavado, recubrimiento, molinos de ingredientes	300	200
Barnizado, vulcanizado, calandras, cortado parte superior y suelas	500	300
Redillos de suelas, procesos de hechura y acabado	1000	600
<b>ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE</b>		
Cortado y costura		
Tablas de cortado	3000a	1700a
Mercado, alacá, adelgazado, selección, remendada y contadores	3000a	1700a
Costado:		
Materiales claros	500	300
Materiales oscuros	3000a	2000a
Hechura y acabado	2000	1100

## 2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS

<b>AUDITORIOS</b>		
Para exhibiciones	300	200
Para asambleas	150	100
Para actividades sociales	50	50
<b>BANCOS</b>		
Vestíbulo (iluminación general)	500	300
Pagadores, contadores y recibidores	1500	900
Gerencia y Correspondencia	1500	900
<b>BIBLIOTECAS</b>		
Sala de lectura	700	400
Anequeles	300	200
Reparación de libros	500	300
Archiveros y catalogar	700	400
Mesa checadora de salidas y entregas de libros.	700	400
<b>CENTRAL DE BOMBEROS (Véase Edificios Municipales)</b>		
<b>CLUBES</b>		
Salas de descanso y de lectura	300	200
<b>CORREOS</b>		
Vestíbulos, sobre mesas	300	200
Correspondencia, selección, etc.	1000	600
<b>CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES)</b>		
Áreas de asientos (público)	300	200
Áreas de actividades propias de la corte	700	400

## EDIFICIOS MUNICIPALES,

### BOMBEROS Y POLICIA

<b>Policía:</b>		
Archivos de identificación	1500	900
Celdas y cuartos para interrogatorios	300	200
<b>Bomberos:</b>		
Dormitorios	200	100
Sala recreativa	300	200
Garage carros bomba	300	200
<b>ESCUELAS</b>		
Salones de clase	700	400
Salones de dibujo (sobre rastreador)	1000a	600a
Lectura de movimientos de tablas (sordo-mudos), pizarrones, costura	1500a	900a
<b>GALERIAS DE ARTE</b>		
Iluminación general	300	200
Sobre pinturas (localizado)	300b	200b
Sobre estatuas y otras exhibiciones	1000c	600c
<b>IGLESIAS</b>		
Altar, retablos	1000e	600e
Coro (D) y presbiterio	300e	200e
Púlpito (iluminación adicional)	500e	300e
Nave principal de la iglesia (iluminación general)	150e	100e
<b>Ventanales- emplomados:</b>		
Color blanco	500	300
Color mediano	1000	600
Color oscuro	5000	3000
Ventanal muy denso	10000	6000

### MERCADOS

<b>Bodegas y Cuartos de Almacenamiento.</b>		
Activos	200	100
Inactivos	50	50
<b>Carnicerías, Barbacoa, Pescaderías</b>	500	300
<b>Cocinas (Áreas de trabajo)</b>	500	300
<b>Comedores</b>	300	200
<b>Cuartos de máquinas</b>	300	200
<b>Ferreterías y Accesorios eléctricos</b>	500	300
<b>Lavadoras para verduras y varios</b>	500	300
<b>Mercerías, vestidos y zapaterías</b>	500	300
<b>Mueblerías y artículos para el hogar</b>	500	300
<b>Papelерías, libros y juguetes</b>	200	100
<b>Plataformas de descarga</b>	100	100
<b>Sanitarios y baños</b>	500	300
<b>Verduras, frutas, flores y plantas</b>	500	300
<b>MUSEOS (Véase Galerías de Arte)</b>		

### OFICINAS

Proyectos y diseños	2000	1100
Contabilidad, auditoría, máquinas de contabilidad	1500	900
Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia, archivado activo o continuo	1000	600
Archivado interminente o discontinuado	700	400
Sala de conferencias, entrevistas, salas de descanso, archivos de poco uso o sean las áreas en las cuales no se exige la fijación de la vista en forma prolongada	300	200
<b>PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA</b>	1000	600
<b>TEATROS Y CINES</b>		
Sala de espectáculos.		
Durante intermedios	50	50
Durante exhibición	1	1
Vestíbulo	200	100
Sala de descanso (foyer)	50	30
<b>TERMINALES Y ESTACIONES</b>		
Salas de espera	300	200
Oficina de boletos	1000	600
Oficina de chocar equipaje	500	300
Vestíbulo	100	60
Andenes y Plataformas	200	100

## 3. HOSPITALES

Sala de preparación y anestesia	300	200
<b>Autopsia y Anfiteatro:</b>		
Mesa de autopsia	25000	14000
Sala de autopsia (iluminación general)	1000	600

	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 obscuro	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 obscuro	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	25000	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
Area para desequilibrados mentales	100	60
Tratamiento con isótopos radioactivos:		
Laboratorio radioquímico	300	200
Mesa de reconocimiento	500	300
Cirugía.		
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

#### 4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS

	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
<b>4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS</b>		
<b>AUTOMOVILES, SALAS DE EXHIBICION</b>		
(Véase tiendas)		
<b>CASAS (Véase residencias)</b>		
<b>Alumbrado nocturno:</b>		
<b>Zonas comerciales principales:</b>		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
<b>Zonas comerciales secundarias:</b>		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
<b>COCINAS (Véase restaurantes o residencias)</b>		
<b>ESCAPARATES. (o)</b>		
<b>Alumbrado diurno</b>		
General	1000	600
Atracciones principales	5000	3000
<b>GASOLINERAS</b>		
Area de servicio	300	200
Cuarto de ventas	500	300
Estantes	1000	600
<b>HOTELES</b>		
<b>Recámaras</b>		
Iluminación general	100	60
Para lectura y escritura	300h	200h
Administración	500	300
Vestíbulo		
Areas de trabajo y lectura	300	200
Iluminación general	100	200
Marquesina	500	300
<b>JOYERIA Y RELOJES, MANUFACTURA DE</b>		
<b>RESIDENCIAS</b>		
<b>Tareas visuales específicas (1):</b>		
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
<b>Iluminación general.</b>		
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
<b>RESTAURANTES Y CAFETERIAS</b>		
<b>Area de comedor.</b>		
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		
<b>Cocina:</b>		
Inspección, etiquetado y precio	700	400
Otras áreas	300	200
<b>SALONES DE BAILES</b>		
<b>TIENDAS (o)</b>		
Areas de circulación	300	200
Areas 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. 95%
Atracciones principales.		
Con servicio de vendedoras	5000	3000
Autoservicio	10000	6000
<b>5. AREAS COMUNES</b>		
<b>BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO</b>		
Inactivas	50	30
Activas:		
Piezas toscas	100	60
Piezas medianas	200	100
Piezas finas	500	300
ELEVADORES DE CARGA Y PASAJEROS	200	100
ESCALERAS	200	100
PASILLOS Y CORREDORES	200	100
BAÑOS Y TOCADORES		
Iluminación general	100	60
Espejo	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. LUXES
<b>6. ALUMBRADO EXTERIOR</b>	
<b>ALUMBRADO DE PROTECCION</b>	
Alrededores de áreas activas de embarque	50
Alrededores de edificios	10
Areas de almacenamiento activas	200
Areas de almacenamiento inactivas	10
Entradas:	
Activas (peatones y/o transportes)	50
Inactivas (normalmente cerradas, no usadas con frecuencia)	10
Límites de propiedad:	
Deslumbramiento por medio de la técnica de protección (Reflectores de dentro hacia afuera)	1.5
Técnica de iluminación general	2
Iluminación general áreas inactivas	2
Plataformas de carga y descarga	200
Ubicaciones y estructuras de importancia	50
<b>ASTILLEROS</b>	
Iluminación general	50
Caminos, sendas	100
Area de construcción	300
<b>BANDERAS, ILUMINACION CON PROYECTORES</b> (Véase Tableros para boletines y Carteles)	
<b>CALLES</b>	9
<b>CAMINOS</b>	9
<b>CANTERAS</b>	50
<b>CARBON, PATIOS PARA (de protección)</b>	2
<b>CARRETERAS</b>	9
<b>DRAGADO</b>	20
<b>EDIFICIOS</b>	
Construcción general	100
Trabajos de excavación	20
<b>ESTACIONAMIENTOS</b>	50
<b>FACHADAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS</b>	
Iluminación con proyectores:	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	150
Superficies medio claras	200
Superficies medio oscuras	300
Superficies oscuras:	500
Alrededores oscuros:	
Superficies claras	50
Superficies medias claras	100
Superficies medio oscuras	150
Superficies oscuras	200

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
<b>FERROCARRIL, PATIOS DE</b>	
De recepción	2
Clasificación	3
<b>GASOLINERAS:</b>	
Alrededores brillantes:	
Acceso	30
Calzada para coches	50
Areas bombas de gasolina	300
Fachadas edificios (de vidrio)	300r
Area de servicio	70
Alrededores oscuros:	
Acceso	15
Calzadas para coches	15
Area bombas de gasolina	200
Fachadas edificio (de vidrio)	100r
Area de Servicio	30
<b>JARDINES (p)</b>	
Iluminación general	5
Senderos, escalones, lejanos de la casa	10
Parte posterior de la casa, bardas, paredes, árboles, arbustos	20
Floras, jardines entro rocas	50
Arboles y arbustos, cuando se quieren hacer destacar	50
<b>MADERAS PARA CONSTRUCCION, PATIOS DE MUELLES</b>	200
<b>PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)</b>	200
<b>PLANTAS GENERADORAS</b>	
Pasarelas	20
Tiradero de ceniza	1
Descarga de carbon:	
Rampa (Zona de carga y descarga)	50
Area almacenamiento chalana	5
Vaciador de carros	50
Volcador	50
Area 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
<b>PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA</b>	200
Interior de los furgones	100
<b>PRESIDIO, PATIOS DE</b>	50
<b>TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS</b>	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	500
Superficies oscuras	1000
Alrededores Oscuros:	
Superficies claras	200
Superficies oscuras	500

## 7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS

<b>ALBERCA</b>	
Iluminación general desde la planta alta	100
Bajo el agua:	
Exterior	1
Interior	1



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

IES  
SMII  
LUXES

ARQUERIA		
Blanco		
Torneo		100r
Recreativo		50r
Línea de tiro		
Torneo		100
Recreativo		50
BADMINTON		
Torneo		300
Club		200
Recreativo		100
BASEBALL	Jardines	Cuadro
Ligas mayores	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 jgo.		50
BASKETBALL	Jardines	Cuadro
Universitario y profesional		500
Dentro de Colegios y Secundarias, con espectadores		300
Sin espectadores		200
Recreativo (exterior)		100
BILLARES (sobre mesa)		
Torneo		500
Recreativo		300
Area general		100
BOLICHES		
Mesas		
Torneo		200
Recreativo		100
Pinos.		
Torneo		500r
Recreativo		300r
BOX O LUCHA (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
Perros		300
CROQUET		
Torneo		100
Recreativo		50
FRONTENIS		
Profesional		1000
Aficionados		750
Sobre asientos		50
FRONTON O CESTA		
Profesional		1500
Aficionados		1000
Sobre asientos		100
FRONTON A MANO		
Torneo		300
Club		200
Recreativo		100
FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO		
(Índice. Distancia de la línea de banda a fila más alejada 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 alumbrado 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 dá 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
Bailes		50
Regaderas y vestidores		100
GOLF, CAMPOS DE PRACTICA		
Iluminación general sobre los "Tees"		100
A 185 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, palcos, 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

## B. ALUMBRADO DE TRASPORTES.

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

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

## 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.
- 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 cantos y el medio semiobsuro que lo rodea. Es esencial un diseño cuidadoso para evitar brillantes 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 uno 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 estas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme

n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos.

o. (A) Los valores recomendados con 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

p. 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

q. 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	8	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. 600 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.

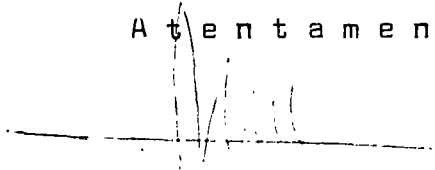
ANEXO A LAS NOTAS DE  
LA SESION "MEDIOS DE  
CANALIZACION"

A LOS ASISTENTES AL CURSO  
"INSTALACIONES ELECTRICAS  
PARA EDIFICIOS"

C I R C U L A R

En relación a las preguntas que se formularon a la D.G.E. durante el desarrollo de la última sesión del curso, relativas a la diferente capacidad de las tuberías conduit, al aplicar el "factor de relleno" de acuerdo con el artículo 17-5 del R.O e l.E en vigor, a la sección transversal nominal, o real de dichas tuberías; y de acuerdo con la conclusión establecida, anexo encontrarán la tabla correspondiente a las capacidades de las tuberías, calculadas de acuerdo a la sección nominal, que complementará las notas sustituyendo la tabla de capacidades calculadas de acuerdo a la sección real, que aparece en las notas de la sesión referida.

A t e n t a m e n t e



Ing. Ignacio D. González C.  
Margaritas 49  
México 20, D.F.

c.c. Sr. Ing. Guillermo Aguilar C.  
Coordinador del Curso.

TABLA PARA DETERMINAR EL NUMERO  
 TW O VINANEL 900 QUE OCUPAN EL  
 CILINDRICO.

CALIBRE. A.W.G. M.C.M.	NUMERO DE CONDUC					
	1	2	3	4	5	6
18	4.13	8.26	12.39	16.52	20.65	24.78
16	5.15	10.30	15.45	20.60	25.75	30.90
14	8.12	16.24	24.36	32.48	40.60	48.72
12	10.41	20.82	31.23	41.64	52.05	62.46
10	13.69	27.39	41.08	54.77	68.46	82.15
8	25.03	50.07	75.10	100.13	125.16	150.19
6	41.75	83.50	125.25	167.00	208.75	250.50
14	9.25	18.51	27.76	37.01	46.26	55.51
12	12.02	24.05	36.07	48.09	60.11	72.13
10	16.06	32.12	48.18	64.24	80.30	96.36
8	29.07	58.14	87.21	116.28	145.35	174.42
6	48.25	96.50	144.75	193.00	241.25	289.50
4	64.45	128.90	193.35	257.80	322.25	386.70
2	88.21	176.42	264.83	352.84	441.05	529.26
1/0	141.61	283.23	424.84	566.45	708.06	849.67
2/0	167.36	334.73	502.09	669.45	836.81	1004.17
3/0	198.75	397.51	596.26	795.01	993.76	1192.51
4/0	236.91	473.82	710.73	947.64	1184.55	1421.46
250	294.92	589.84	884.76	1179.68	1474.60	1769.62
300	338.62	677.24	1015.86	1354.48	1693.10	2031.72
350	382.17	764.35	1146.52	1528.69	1910.86	2293.03
400	424.77	849.55	1274.32	1699.09	2123.86	2548.63
500	507.46	1014.93	1522.39	2029.85	2537.31	3044.71
750	757.76	1515.52	2273.28	3031.04	3788.80	4546.56
1000	962.10	1924.20	2886.30	3848.40	4810.50	5772.6

DE CONDUCTORES CON AISLAMIENTO  
40% DEL AREA DE UN TUBO CONDUIT

T U B O S .					TUBO CONDUIT CILINDRICO		
7	8	9	10	DIAM. mm.	AREA mm <sup>2</sup>	40% DE AREA.	
29.91	33.04	37.17	41.30	13	132.73	53.09	
36.00	41.20	46.35	51.50	19	283.59	113.41	
56.84	64.96	73.08	81.20	25	490.87	196.35	
72.57	83.28	93.69	104.10	32	804.24	321.699	
95.84	109.53	123.22	136.90	38	1134.11	453.651	
175.22	200.25	225.28	250.30	51	2042.82	817.13	
292.25	334.00	375.75	417.50	63	3117.25	1246.90	
64.76	74.01	83.26	92.51	76	4536.47	1814.58	
84.15	96.17	108.19	120.21	90	6361.74	2544.69	
112.42	128.48	144.54	160.60	100	7854.00	3141.60	
203.49	232.56	261.63	290.70	127	12667.71	5067.08	
337.75	386.00	434.25	482.50	150	17671.50	7068.60	
451.15	515.60	580.05	644.50	200	31416.00	12566.40	
617.47	705.68	793.89	882.10				
991.28	1132.89	1274.5	1416.11				
1171.53	1338.89	1506.25	1673.61				
1391.26	1590.00	1788.76	1987.51				
1658.57	1895.28	2132.19	2369.10				
2064.44	2359.36	2654.28	2949.20				
2370.34	2708.96	3047.58	3386.20				
2675.20	3057.37	3439.54	3821.71				
2973.40	3396.17	3822.94	4247.71				
3552.23	4059.69	4567.15	5074.61				
5304.32	6062.08	6819.84	7577.60				
6734.70	7696.80	8658.90	9621.00				
				CABLE DESNUDO			
				CAL.	SECC. (mm <sup>2</sup> )		
				14	2.08		
				12	3.31		
				10	5.26		
				8	8.7		
				6	21.15		
				4	26.67		
				2	33.63		
				1/0	53.48		
				2/0	67.43		
				3/0	85.03		
				4/0	107.		
				250	126.		
				300	152.0		
				350	177.35		
				400	202.69		
				500	253.36		
				750	380.04		
				1000	506.71		

DIRECTORIO DE ALUMNOS DEL CURSO: "INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS"  
3 DE JULIO AL 2 DE AGOSTO DE 1978.

1. ING. ROBERTO AGUILAR MERCADO  
CONSTANTINO No. 47  
COL. EX-HIPODROMA DE PERALVILLO  
MEXICO 2, D. F.  
TEL. 583-13-21  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
INSTRUCTOR COORDINADOR NACIONAL  
PLAZA DE LA REPUBLICA No. 26  
3- AL 9- PISO  
COL. TABACALERA  
MEXICO 4, D. F.  
TEL. 546-24-21
2. SR. JUAN BADILLO Y ROSAS  
CALLE 5-35-32  
COL. COYOACAN  
MEXICO 12, D. F.  
AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES  
JEFE DE SECCION EN PROYECTOS  
OFICINAS GENERALES DE ASA  
AEROPUERTO CD. DE MEXICO  
COL. ARAGON  
MEXICO 9, D. F.  
TEL. 762-79-44 EXT. 137-138
3. ING. DANIEL BÉCERRIL ALBARRAN  
HDA. DE LA CONDESA No. 85  
COL. PRADOS ROSARIO  
EDO. DE MEXICO  
TEL. 352-45-97  
CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S. A.  
INGENIERO PROYECTOS TABLEROS  
AV. DIVISION DEL NORTE No. 3105  
COL. ROSEDAL  
MEXICO 21, D. F.  
TEL. 549-36-88
4. SR. GABRIEL BUSSEY SAUCEDO  
CALLE 657 No. 78  
COL. UNIDAD ARAGON  
MEXICO 14, D. F.  
TEL. 760-10-67  
INDUSTRIA Y POTENCIA, S. A.  
JEFE DEPTO. TECNICO  
NAZAS No. 136 - 3- PISO  
COL. CUAUHTEMOC  
TEL. 533-54-25
5. SR. SIMEON CAMARA PRIETO  
MAR DE LOS HUMORES No. 48  
COL. CD. BRISA  
EDO. DE MEXICO  
I.N.F.O.N.A.V.I.T.  
ANALISTA DE INSTALACIONES  
BARRANCA DEL MUERTO No. 280  
COL. GUADALUPE INN  
MEXICO 20, D. F.
6. ING. GABRIEL CARVALLO JIMENEZ  
PLAYA AZUL No. 294  
COL. REF. IZTACCIHUATL  
MEXICO 13, D. F.  
SIEMENS, S. A.  
INGENIERO EN VENTAS  
PONIENTE 116 No. 590  
COL. IND. VALLEJO  
MEXICO 15, D. F.  
TEL. 567-07-22 EXT. 233
7. ING. RICARDO CONTRA CACERES  
TEBAS No. 245  
COL. CLAVERIA  
MEXICO 16, D. F.  
TEL. 561-82-41  
SERVICIOS INDUSTRIALES NACOBRE, S. C.  
INGENIERO RESIDENTE  
PONIENTE 134 No. 719  
COL. IND. VALLEJO  
TEL. 567-11-44 EXT 243

8. SR. CRISTOBAL CORONA ASCENCIO  
FILIPINAS No. 327  
COL. PORTALES  
MEXICO 13, D. F.  
TEL. 539-14-20
9. ING. WIFREDO CRESPO PEREZ  
MARQUEZ STERLING No. 11 - 1  
MEXICO 1, D. F.  
TEL. 518-47-67
10. SR. GUSTAVO DE ALBA VAZQUEZ  
AV. INSURGENTES NORTE No. 130-9  
COL. STA. MARIA LA RIVERA  
MEXICO 4, D. F.
11. SR. JOSE EDUARDO DE LLANO CASTILLO  
A. GORGIA No. 18  
COL. VISTA ALEGRE  
ÉDO. DE MEXICO  
TEL. 519-14-04
12. ARQ. CARLOS MANUEL DIAZ ROSAS  
FELIX BERENGUER No. 126- 1- PISO  
COL. LOMAS VIRREYES  
MEXICO 10, D. F.  
TEL. 540-72-20
13. SR. ARTURO ESQUIVEL JIMENEZ  
ANDADOR 30 DEL TEMOLUCO  
CASA 43-2  
COL. ACUEDUCTO DE GUADALUPE  
MEXICO 14, D. F.  
Tel. 392-91-76
14. SR. ADOLFO EQUIHUA  
EDUARDO RUIZ No. 22  
PARACHO, MICH.
15. SR. IGNACIO FRANCO SANCHEZ  
DR. E. GONZALEZ MTEZ. No. 13-8  
COL. STA. MA. DE LA RIVERA  
MEXICO 4, D. F.
- INMOBILIARIA HABITACIONAL, S. A.  
GERENTE TECNICO  
CANDELARIA No. 33  
COL. COYOACAN  
MEXICO 20, D. F.  
TEL. 544-75-09
- SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS  
ANALISTA DE PRECIOS UNITARIOS Y  
PRESUPUESTOS  
MIGUEL LAURENT No. 840 = 8° PISO  
COL. VERTIS NARVARTE  
MEXICO 13, D. F.  
TEL. 559-26-31
- S.C.T.  
DEPTO. INSTALACIONES Y SERVICIOS  
INSURGENTES SUR No. 465  
COL. ROMA  
MEXICO 11, D. F.  
TEL. 584-68-22
- INARCO, S. A.  
VICEPRESIDENTE
- HOBARD Y BOURLON, S. A.  
SUPERVISOR DE OBRAS  
ALABAMA No. 80  
COL. NAPOLES  
MEXICO 18, D. F.  
TEL. 523-63-12
- SANTALO ESTUDIOS Y PROYECTOS, S. A.  
JEFE DEL DEPTO. ELECTRICO  
TINTORETO No. 32  
COL. MIXCOAC  
TEL. 563-58-00 EXT. 41 - 44



16. SR. FERNANDO FREGOSO ARIAS  
MALVON No. 22-B  
COL. NUEVA STA. MARIA  
MEXICO 16, D. F.

KRAFT FOODS DE MEXICO, S.A. DE C.V.  
JEFE DE PROYECTOS  
PINO No. 459  
COL. STA. MARIA INSURG.  
MEXICO 4, D. F.  
TEL. 541-30-60

17. SR. EMILIO GALVAN ORTIZ  
AMERICA No. 320 DEPTO. 302  
COL. ROSEDAL COYOACAN

C.A.P.E.C.E.  
PROYECTISTA "D"  
VITTO ALESIO ROBLES No. 380  
COL. TECOYOTITLA  
MEXICO 20, D. F.  
TEL. 554-61-05 EXT. 119-120

18. ING. MANUEL GARCIA MEDINA  
ANAXAGORAS No. 519  
COL. NARVARTE  
MEXICO 12, D. F.  
TEL. 543-02-48

ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA  
DEL CONCRETO PREMERCADO  
GERENTE TECNICO  
ADOLFO LOPEZ MATEOS No. 1135  
COL. SN. PEDRO DE LOS PINOS  
MEXICO 19, D. F.  
TEL. 516-09-02

19. SR. BALTAZAR GARCIA NATAREN  
CALLE 2 DE LEONARDO CHAVEZ # 66  
COL. U. HAB. VICENTE GUERRERO  
MEXICO 13, D. F.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO  
JEFE DEPTO. ELECTRICO (CONSERVACION)  
AV. UNIVERSIDAD No. 3500  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
MEXICO 20, D. F.  
TEL. 552-81-77 EXT. 4768  
550-52-15 4405

20. SR. JUAN VICENTE GOMEZ FUSTER  
PISCO No. 574  
COL. LINDAVISTA  
MEXICO 14, D. F.  
TEL. 567-99-47

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS  
Y OBRAS PUBLICAS  
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO ELECTRICO  
REFORMA No. 77 - 9- PISO  
MEXICO 1, D. F.  
TEL. 535-50-75

21. SR. HUGO GUTIERREZ BRAVO  
EDIF. 41 ENT. B # 402  
UNIDAD LINDAVISTA  
MEXICO 14, D. F.  
TEL. 587-29-87

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y  
TRANSPORTES  
INGENIERO  
INSURGENTES SUR No. 435  
MEXICO, D. F.  
TEL. 564-76-68

22. ING. JAVIER GUTIERREZ Y LERDO  
PILARES No. 61  
COL. DEL VALLE  
MEXICO 12, D. F.  
TEL. 575-88-05

GUTIERREZ TELLO Y CIA., S. A.  
INGENIERO SUPERVISOR DE OBRA  
DAKOTA No. 423  
COL. NAPOLES  
MEXICO 18, D. F.  
TEL. 536-77-09

23. HENRY H. HARTJEN DIEGO DE ARRIBAS  
RECIBE No. 594  
COL. LINDAVISTA  
MEXICO 14, D. F.  
TEL. 586-39-96
24. SR. LUIS HERNANDEZ SENISSON  
ALPES No. 545  
COL. LOMAS DE CHAPULTEPEC  
MEXICO 10, D. F.  
TEL. 520-31-55
25. SR. JESUS HERNANDEZ SOTO  
CALLE COAHUILA No. 38 MANZ. 99  
COL. PROVIDENCIA
26. ING. JAVIER HERNANDEZ VEGA  
AV. ING. EDUARDO MOLINA # 387  
COL. 20 DE NOVIEMBRE  
MEXICO 2, D. F.  
TEL. 789-71-22
27. SR. ANGEL PAUL HERRERA MESINA  
UXMAL No. 314 - 2  
COL. NARVARTE  
MEXICO 12, D. F.  
TEL. 523-77-87
28. SR. MANUEL HUERTA GALVAN  
VERMONT No. 66 DEPTO. 6  
COL. NAPOLES  
MEXICO 18, D. F.
29. SR. LISANDRO JIMENEZ L.  
TUXTLA GTZ. CHIAPAS.
30. ING. ROBERTO A. LOPEZ ALVAREZ  
TEPALCATES LOTE 488 MANZA. 44  
COL. STA. ISABEL TOLA  
MEXICO 14, D. F.
- PROYECTOS INSTALACIONES Y CONSTRUC-  
CIONES HACNA, S. A.  
ZACATECAS No. 213-201  
COL. ROMA  
MEXICO 7, D. F.  
TEL. 584-83-91 - 584-32-08
- KODAK MEXICANA, S.A. DE C.V.  
AUXILIAR DE MANTENIMIENTO  
CALZ. DE TLALPAN No. 2980  
COL. ESPARTACO  
MEXICO 22, D. F.  
TEL. 677-32-44
- ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFE-  
SIONALES CUATITLAN  
JEFE DE MANTENIMIENTO  
CUAUTITLAN IZCALLI
- S.A.R.H.  
PROYECTISTA  
REFORMA No. 20  
COL. JUAREZ  
MEXICO 5, D. F.  
TEL. 591-14-61
- DIRECC. GRAL. DE OBRAS MARITIMAS, S.C.T.  
JEFE DE LA OFICINA DE INSTALACIONES ELEC-  
TRICAS  
INSURGENTES SUR No. 461  
COL. ROMA SUR  
MEXICO 11, D. F.  
TEL. 584-68-92
- UNIVERSIDAD DE CHIAPAS  
CATEDRATICO  
BLVD. BELISARIO DOMINGUEZ 1051
- COM. DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO.  
JEFE DE OFICINA  
BALDERAS No. 55 - 3º PISO  
MEXICO 1, D. F.  
TEL. 585-50-66 EXT. 316

31. SR. VICENTE G.MO. LOPEZ FERNANDEZ  
 AV. TALLER RET. 15 # 54  
 COL. JARDIN BALBUENA  
 MEXICO 9, D. F.  
 TEL. 552-00-99

32. SR. ARTURO LOPEZ MAZO  
 EBANO No. 121  
 COL. PETROLERA  
 MEXICO 16, D. F.  
 TEL. 561-24-61

33. ING. JOSE LUIS LUJAN H.  
 RET. 9 DE FCO. DEL PASO Y  
 TRONCOSO  
 COL. JARDIN BALBUENA  
 MEXICO 9, D. F.  
 TEL. 552-78-63

34. GPE. HUMBERTO MARIN PACHECO  
 UNIDAD 1-126  
 COL. JARDIN BALBUENA  
 MEXICO 9, D. F.  
 TEL. 571-78-98

35. SR. JESUS ALBERTO MIRANDA VERDUGO  
 ANGEL FLORES No. 1146 OTE.  
 COL. LAS QUINTAS  
 CULIACAN, SIN.  
 TEL. 296.98

36. ING. LUIS M. NAVA VELAZQUEZ  
 EDIF.45-A-8 DR. NICOLAS LEON  
 COL. JARDIN BALBUENA  
 MEXICO 9, D. F.  
 TEL. 552-64-83

37. SR. RAFAEL OROZCO PANTOJAS  
 HAMBURGO No. 10-5  
 COL. ALBERT  
 MEXICO 13, D. F.  
 TEL. 761-26-51

38. SR. JOSE JULIO ORTIGOZA BLANCO  
 RET. 11 No. 21-C DE I. ZARAGOZA  
 COL. JARDIN BALBUENA  
 MEXICO 9, D. F.  
 TEL. 571-17-64

FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM  
 PROFESOR  
 CIUDAD UNIVERSITARIA

CI.A DE LYZ Y FUERZA DEL CENTRO  
 AYUDANTE DE INGENIERO  
 MELCHOR OCAMPO ESQ. MARINA NACIONAL  
 TEL. 566-42-68

S.C.T. DIRECC. GRAL DE OBRAS MARITIMAS  
 SUBJEFE DE INSTALACIONES Y SERVICIOS  
 AV. INSURGENTES SUR No. 465 8- PISO  
 COL. ROMA SUR  
 MEXICO 11, D. F.  
 TEL. 584-68-92

S.A.R.H. COMISION DE AGUAS DEL VALLE  
 DE MEXICO  
 PROYECTISTA  
 BALDERAS No. 55  
 MEXICO 1, D. F.  
 TEL. 585-50-66 EXT. 314

SERSI, S. A.  
 GERENTE GENERAL.  
 OBREGON 173 SUR  
 CULIACAN, SIN.  
 TEL. 352-55 342-55

COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO  
 ING. DE PROYECTOS  
 BALDRAS No. 55 - 3- PISO  
 MEXICO 1, D. F.  
 TEL. 585-50-66

DIRECC. DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO  
 NACIONAL  
 JEFE SECCION ELECTROMECANICA  
 AV. SAN ANTONIO ABAD No. 124  
 COL. TRANSITO  
 MEXICO 8, D. F.  
 TEL. 578-62-00 EXT. 166

S.A.H.O.P.  
 PROYECTISTA  
 MIGUEL LAURENT No. 840 - 7- PISO  
 COL. DEL VALLE  
 MEXICO 13, D. F.  
 TEL. 559-17-61

39. SR. RUBEN PACHECO CRUZ  
NARANJO No. 95  
COL. STA. MA. LA RIVERA  
MEXICO 4, D. F.  
TEL. 541-02-03
40. SR. EDUARDO PAZ GARCIA  
ACORDADA No. 51-2  
COL. SN. JOSE INSURG.  
MEXICO 19, D. F.  
TEL. 598-26-28
41. SR. MOISES PONCE ESPINOSA;  
NORTE 68 No. 3726  
COL. RIO BLANCO  
MEXICO 14, D. F.  
TEL. 551-61-00
42. SR. KUAN ALBERTO QUIJANO DELGADO.  
FINAL DE DOMINGO S/N  
COL. DEL EMPLEADO  
CUERNAVACA, MOR  
TEL. 330-39
43. SR. ERNESTO SIMEON ROCCA GARCIA  
RIO GANGES No. 84-6  
COL. CUAUHEMOC  
MEXICO 5, D. F.
44. SR. JUAN ENRIQUE RAMOS BUELNA  
DR. BALMIS No. 222-203  
COL. DOCTORES  
MEXICO 7, D. F.  
TEL. 588-80-20
45. SR. RAMIRO RAYA VERDUZCO  
EL MARCO EDIF. #54 -303  
COL. RINCONADA DEL SUR  
MEXICO 23, D. F.
46. MARTIN RIVERA CONTRERAS  
ALVA IXTLIXOCHITL No. 147  
COL. OBRERA  
MEXICO 8, D. F.
- COMPANIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO .A.  
SECC. PROYECTOS DE ALUMBRADO Y FUERZA  
MELCHOR OCAMPO No. 171-400  
COL. ANAHUA C  
TEL. 566-42-68
- INGENIERIA PANAMERICANA, S. A.  
JEFE DE ESTIMACION Y CONTROL DE  
OBRA Y COSTOS  
AV. UNIVERSIDAD No. 2219  
COL. COPILCO, UNIV.  
MEXICO 21, D. F.  
TEL. 550-00-11
- AEROPUERTOS Y SERVICIOS NAUXILIARES  
JEFE DE SECCION, OFICINA INSTALACIONES  
ELECTROMECANICAS  
AV. 602- s/n  
COL. ARAGON  
MEXICO 14, D. F.  
TEL. 762-79-44 EXT. 138
- C.F.E. DIVISION CENTRO  
AYUDANTE DE INGENIERO  
MELCHOR OCAMPO No. 171  
COL. STA. JULIA  
MEXICO 17, D. F.  
TEL. 566-09-23 - 535-78-65
- COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO  
S.A.R.H.  
INGENIERO PROYECTISTA  
BALDERAS No. 55  
MEXICO 1, D. F.  
TEL. 585-50-66 EXT. 309-315-317
- DIRAC (DISEÑO Y SUPERVISION)  
CALCULISTA  
EMPRESA No. 136 - 5° PISO  
COL. INSURGENTES MIXCOAC  
MEXICO 19, D. F.
- D.E.S.F.I.  
COLABORADOR  
C.U.

47. SR. ISAAC RIVERA GONZALEZ  
CALLE STA. CECILIA No. 42  
SAN BARTOLO TENAYUCA  
TLANEPANTLA  
M  
PANIFICACION BIMBO, S. A.  
ING. PROYECTOS  
MIMOSAS No. 117  
COL. STA. MA. INSURGENTES  
MEXICO 19, D. F.  
TEL. 547-50-80
48. SR. ALFONSO RIVERO DURAN  
EDIF. 51 ENT. C DEPTO. 501  
MEXICO 14, D. F.  
CENTRO DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS  
AVANZADOS DEL I.P.N.  
ENCARGADO DEL MANTENIMIENTO ELECT.  
ZACATENCO  
MEXICO 14, D. F.  
TEL. 754-02-00 EXT. 223
49. SR. RODOLFO ROMERO PEREZ  
SUR 22 No. 195  
COL. AGRICOLA ORIENTAL  
MEXICO 9, D. F.  
TEL. 763-31-04  
S.A.H.O.P.  
PROYECTISTA  
REFORMA No. 77 - 9° PISO  
COL. SAN RAFAEL  
TEL. 535-89-73
50. SR. SERVANDO SANCHEZ GARCIA  
AV. FCO. DEL PASO Y TRONCOSO-  
No. 435-302  
MEXICO 9, D. F.  
TEL. 768-38-08  
S.A.R.H. COMISION DE AGUAS DEL  
VALLE DE MEXICO  
INGENIERO PROYECTISTA  
BALDERAS No. 55 - 3- PISO  
MEXICO 1, D. F.  
TEL. 585-50-66 EXT. 304-309-314
51. SR. JESUS SALOMON SANCHEZ LOPEZ  
COAHUILA No. 130-1  
COL. ROMA  
MEXICO 7, D. F.  
DIRECC. GRAL DE OBRAS MARITIMAS  
PROYECTISTA DE INSTS. ELECTRICAS  
INSURGENTE SUR No. 465  
COL. HIP. CONDESA  
MEXICO 11, D. F.  
TEL. 584-68-92
52. SR. GERADO SANCHEZ MEZA  
CALLE 619 No. 185  
COL. SAN JUAN DE ARAGON  
MEXICO 14, D. F.  
ASA. (AEROPUERTOS Y SERVICIOS ESP.)  
JEFE OFICINA INSTALACIONES  
AV. 602- S/N  
COL. ARAGON  
MEXICO 14, D. F.  
TEL. 762.79-44 EXT. 138
53. SR. HECTOR SANCHEZ LOPEZ  
JUAN DE LA BARRERA No. 84-A  
COL. CONDESA  
MEXICO, D. F.
54. SR. ROBERTO SANCHEZ SILVA  
CONSTITUCION No. 39 OTE.  
COL. ALMADA  
CULIACAN, SIN.

55. SR. MARIO ALBERTO SANCIO HERNANDEZ  
ENRIQUE VALLON No. 427 DEPTO. 3  
COL. POLANCO  
MEXICO 5, D. F.
56. SR. CARLOS SILVA ALMAZO  
CALLE "B" No. 19 MANZ. IV  
COL. EDUCACION  
MEXICO 21, D. F.  
TEL. 544-68-71
57. SR. JOSE MARIO TIENDA RIVERA  
DURANGO No. 1 BIS INT. 4  
COL. ROMA  
MEXICO, D. F.  
TEL. 514-07-52
58. SR. RAUL URIBE GARCIA  
MIGUEL ANGEL No. 148  
COL. MIXCOAC  
MEXICO 19, D. F.  
TEL. 563-32-68
59. SR. ANASTACIO ZAMORA CHAVEZ  
AV. MEXICO No. 45  
COL. XOCHIMILCO  
MEXICO 23, D. F.
60. SR. SATURNINO ZAPIEN SOLARES  
AV. 6 No. 209  
COL. I. ZARAGOZA  
MEXICO 9, D. F.  
TEL. 571-64-97
- VIDRIERA "LOS REYES", S. A.  
JEFE PROYECTOS ELECTROMECHANICOS  
KM. 12 1/2 CARR. AZCAPOTZALCO  
EDO. DE MEXICO
- D.D.F. D.GO.P. SUBDIRECCION EDIF.  
Y MONUMENTOS  
SUPERVISOR  
DELICIAS No. 36  
MEXICO 1, D. F.
- HUBARD Y BAURLON, S. A.  
SUPERVISOR DE OBRAS  
ALABAMA No. 20  
COL. NAPOLES  
MEXICO 18, D. F.  
TEL. 523-63-12
- G.A. INGENIEROS, S. A. DE C. V.  
PROYECTISTA EN INSTALACIONES  
ELECTRICAS E. H. Y S.
- CONSTRUCTORA DE OBRAS ELECTRICAS  
S. A.  
JEFE DE PROYECTOS  
LOPEZ COTILLA No. 1206  
COL. DEL VALLE  
MEXICO 12, D. F.  
TEL. 575-88-00
- VIDRIERA "LOS REYES", S. A.  
JEFE DE MANTENIMIENTO ELECTROME-  
CANICO  
KM 16 1/2 CARR. AZTCAPOTZALCO  
TLANEPANTLA.  
TEL. 565-02-11 EXT. 112