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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

CONDUCTORES
CONDICIONES DE DISEÑO

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

FEBRERO, 1982

o de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

CUADROS DE CARGA DE MOTORES.

DEBEN CONTENER AL MENOS:

- CAPACIDAD NOMINAL DEL MOTOR.
- TENSION NOMINAL.
- NUMERO DE FASES.
- CORRIENTE NOMINAL.
- TIPO DE SERVICIO Y REGIMEN DE CARGA.
- TIPO Y VALOR DE LA PROTECCION CONTRA SOBRECARGA.
- TIPO, TAMAÑO O CAPACIDAD DEL ARRANCADOR.
- TIPO, VALOR Y CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE LA PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO.
- OBSERVACIONES VARIAS.

PUBLICACION MT-23/EN

C O N T E N I D O

Resistencia del conductor = *oposición al paso de la corriente*

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

ρ = *resistividad del material* = 17.24 $\frac{ohm\text{-}mm^2}{Km}$ *a 20°C para el cobre*

= 28.26 *para el aluminio*

$$R_{t°C\ CD} = R_{20°C\ CD}\left[1 + \alpha\,(T-20)\right]$$

α = 0.004 *para cobre y aluminio*
T = Temp. en °C
k_1 = Factor de efecto piel
k_2 = Factor de efecto superficial
$k_1 . k_2 \cong 1.02$ a 1.04

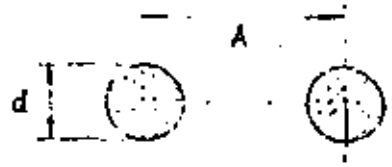
$$R_{CA} = R_{CD} \cdot k_1 \cdot k_2$$

INDUCTANCIA

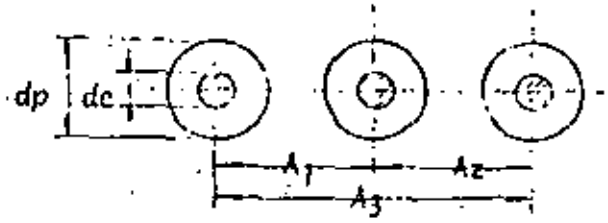
Cuando en un conductor circula una corriente variable se crea un flujo magnético variable

$$L = \frac{\phi}{I}$$

La inductancia de un cable es la suma de la inductancia propia o interna más la mutua



$$L = \underset{(int)}{0.05} + \underset{(ext)}{0.46 \ln \frac{2A}{d}} \quad mH/Km$$



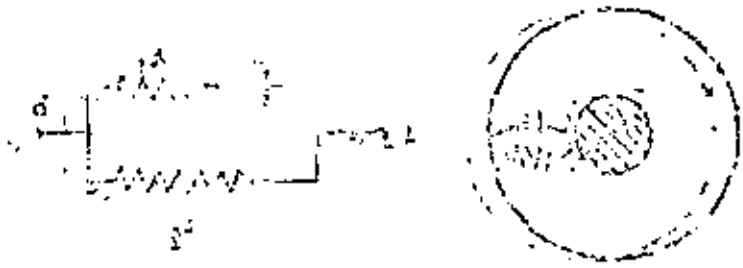
$$\begin{cases} L\ cond = 0.05 + 0.46 \log \frac{2A}{dc}\ ;\ A = \sqrt[3]{A_1 A_2 A_3} \\ L\ pant = 0.46 \log \frac{2A}{dp} \end{cases}$$

Reactancia inductiva

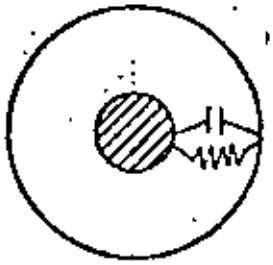
oposición al paso de la corriente por el flujo magnético cambiante

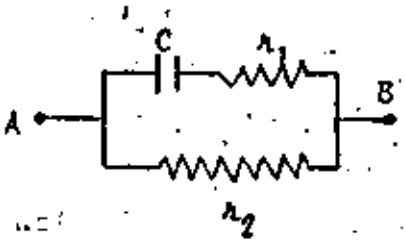
$$X_L = 2\pi f . L \quad ohm/Km \qquad si \quad L \text{ en } mH/Km$$

f = *frecuencia en ciclos/seg.*



Representacion gráfica del dieléctrico de un cable





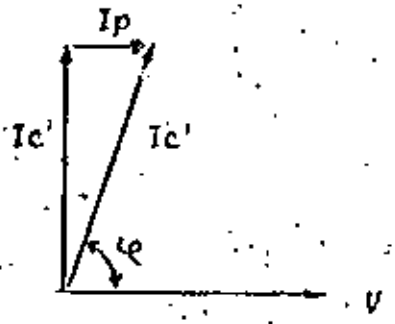
Circuito A - B consta de dos ramas en paralelo

La primera representa la capacitancia y las pérdidas del dieléctrico

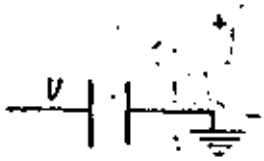
La segunda representa la componente de fuga (resistencia de aislamiento)

En un dieléctrico perfecto: $r_1 = 0$ $r_2 = \infty$

Representación vectorial del dieléctrico de un cable



Capacitancia

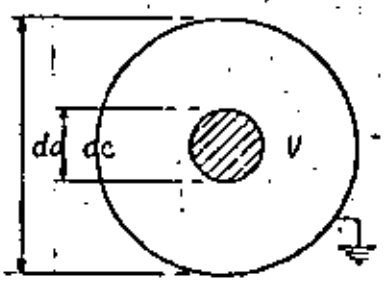


Almacenamiento de energía eléctrica de dos electrodos entre los cuales se intercala un dieléctrico, cuando hay diferencia de potencial entre los electrodos

$$C = \frac{0.024\ \varepsilon}{\log \frac{da}{dc}}$$

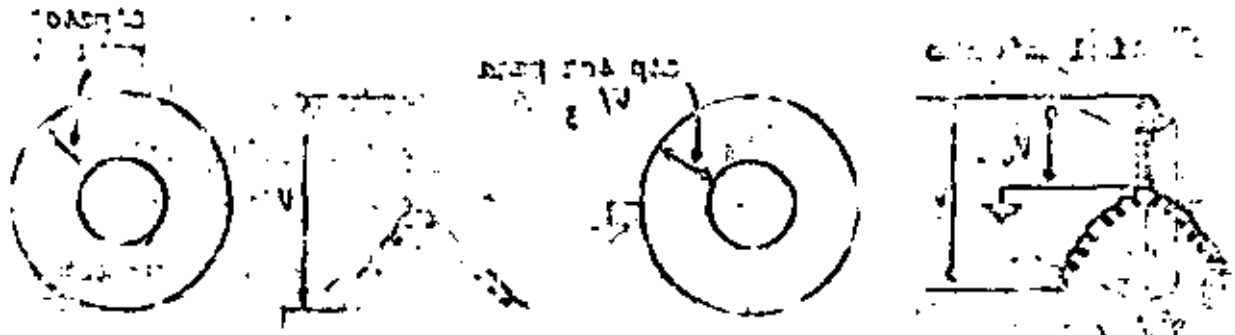
ε = *constante dieléctrica*

= *relación capacitancia condensadores con un dieléctrico dado o con vacío como dieléctrico*

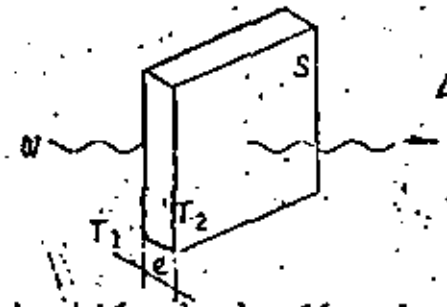


ε = 3.6 *para papel* 2.3 *para polietileno*

6.0 *para PVC*



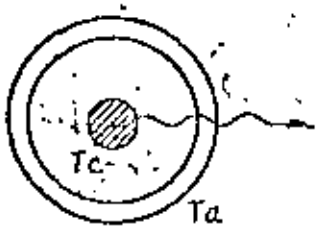
Ley de Ohm Térmica



$\Delta T = W R_t$

ΔT = caída de temp, °C
W = cant. de calor, Watts
Rt = resistencia térmica
$= \rho t \frac{e}{S} \quad \frac{°C}{W} m$ (ohm - term)

Derivación de la fórmula básica para la corriente que puede llevar un cable



$Tc - Ta = (Rc\ I^2) \Sigma Rt \therefore I = \sqrt{\frac{Tc - Ta}{Rc\ I^2}}$ amps

$Wc = RcI^2$ (considerando sólo pérdidas en el conductor)

ΣRt = suma resistencias térmicas del dieléctrico cubierta medio externo

Fórmula general para calcular la corriente de un cable
(Considerando pérdidas totales en cable de n conductores)

$$I = \sqrt{\frac{Tc - Ta - \Delta Td}{n\left[Rc\ Rtd + (Rc + \Delta R)(Rt_{cub} + Rt_{ext})\right]}} \text{ amp}$$

$\Delta Td = Rtd \left(Wc + \frac{Wd}{2}\right)$

Tc = temp cond en °C
n = número de cond
Ta = temp ambiente en °C
Rc = resist. cond en ohm/Km
Rtd, Rt_{cub}, Rt_{ext} = resistencias térmicas dieléctrico, cubierta, ext. en $\frac{°C}{W} m$

Temperatura del conductor

En la fórmula anterior Tc es la temperatura máxima a la que puede trabajar el conductor sin afectar las propiedades del aislamiento

Tc = 90 °C para aislam de EP o XLP
= 75 °C para polietileno
= 85 °C para papel

(consúltense las especificaciones de los cables)

Corto circuitos

Considerar que en el brevísimo tiempo del corto circuito el calor producido no tiene tiempo de disiparse:

Calor producido = *Calor absorvido*

$dq = w dt$ $\qquad$ $dq = c\,V\,dt$

V = *Volumen*

c = *Capacidad térmica*

$$Icc = \frac{330 \cdot S}{\sqrt{t}} \sqrt{Log \frac{234.5 + T_2}{234.5 + T_1}}$$

S = *sección del cond* mm^2

t = *duración del cc en seg*

T_2 = *Temp. max. del cond durante al cc (de 160 °C a 250°C dependiendo del aislamiento)*

T_1 = *Temp inicial del cond en °C*

CONDUMEX, S.A.	GRAFICAS DE APLICACION DE LOS CONCEPTOS ANTERIORES CORRIENTE DE OPERACION NORMAL	DIRECCION DIVISION POTENCIA

Principios Básicos

a) El calor generado por efecto Joule en el conductor debe dispersarse al exterior del cable venciendo las resistencias térmicas que presentan el aislamiento, la cubierta y el medio que rodea el cable.

b) Varios cables juntos ejercen un calentamiento mutuo y limitan la corriente que puede llevar cada cable.

c) En cables subterráneos el terreno no se calienta a la misma velocidad que el cable por lo que el cable puede admitir corrientes mayores si la carga es variable.

Ecuación Básica (Derivada de la Ley de Ohm Térmica)

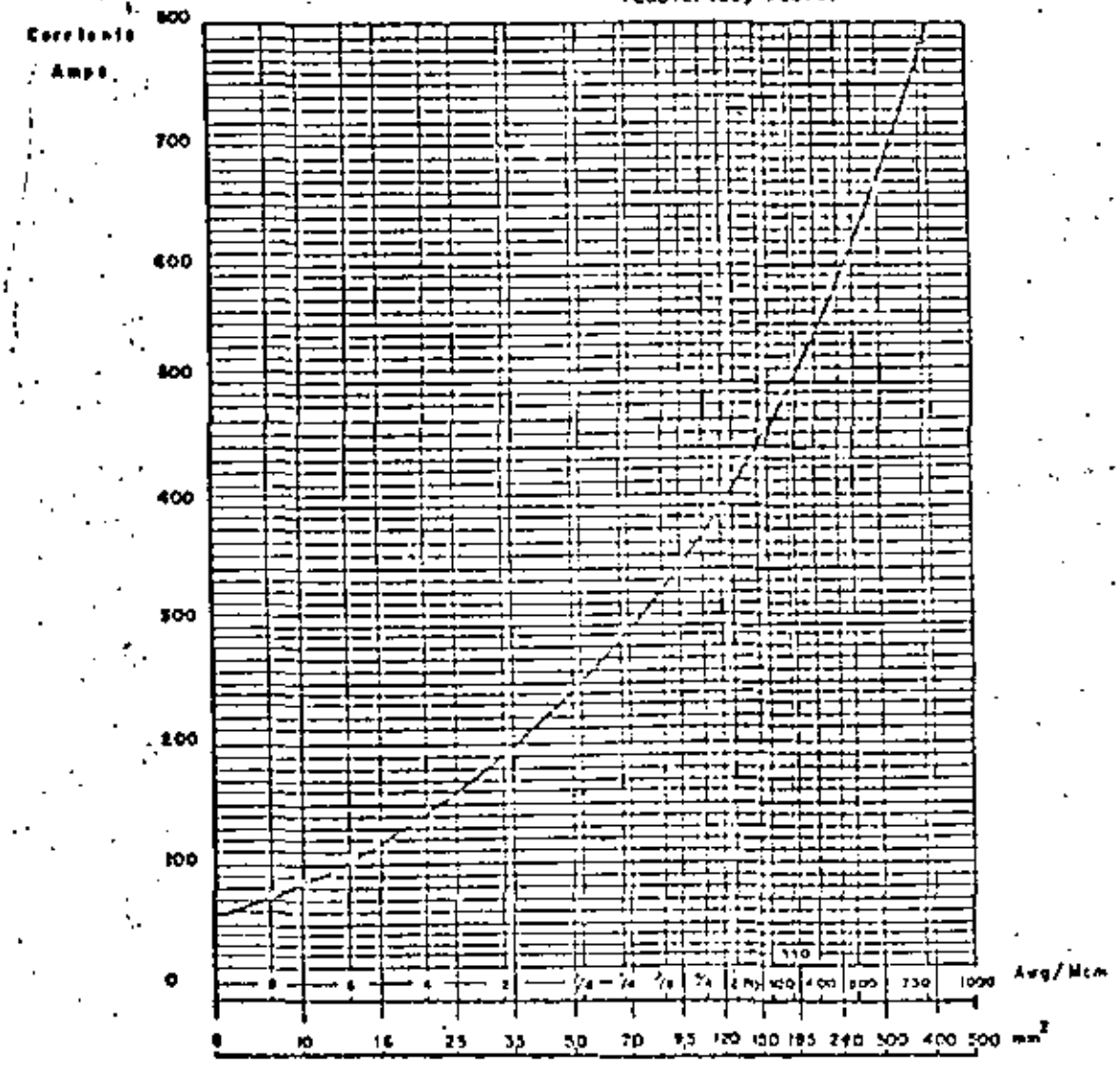
$$I = \frac{T_c - T_a}{R_c + R_t}$$

T_c = Temperatura del conductor

T_a = Temperatura ambiente

R_c = Resistencia eléctrica del conductor

R_t = Suma resistencias térmicas aislamiento, cubiertas, medio.



Condiciones supuestas en la gráfica

a) Temperaturas: En cables subterráneos T_c = 75°C, T_a = 25°C, $T_c - T_a$ = 50°C

En cables aéreos T_c = 75°C, T_a = 35°C, $T_c - T_a$ = 40°C

b) Número de conductores: 1

c) Factor de Carga: 100%

d) Instalación: Cables subterráneos : enterrados

Cables aéreos : a la sombra

Calibre a escala

Factores de corrección para condiciones diversas

Si $T_c - T_a$ = 60°C factor 1.33

= 40°C 0.90

= 30°C 0.80

Si $T_c - T_a$ = 50°C 1.12

= 30°C 0.87

= 20°C 0.70

Si 3 conductores en contacto: 0.85 Si 3 cond. sep: 0.90

6 " " 6 0.80

9 " " 9 0.75

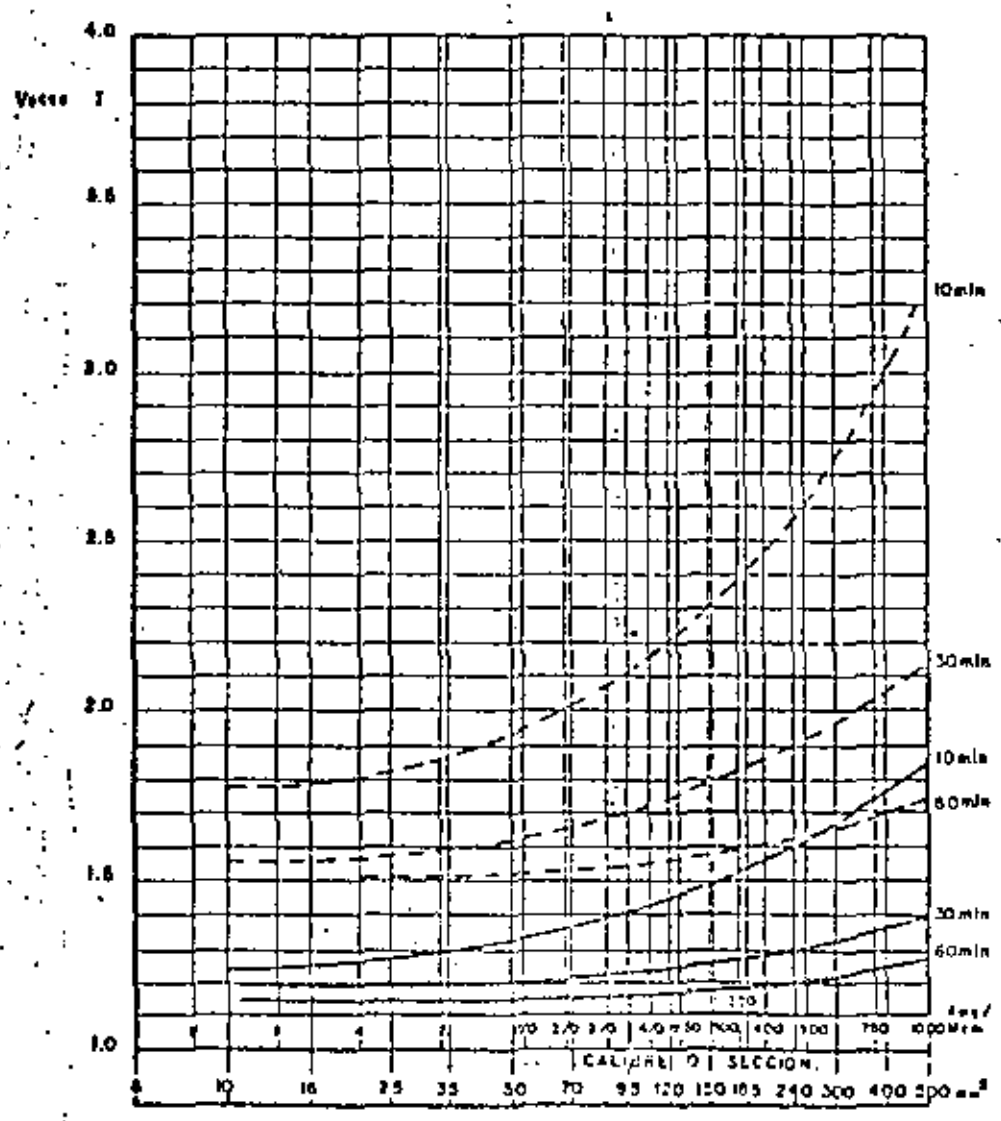
Si en ductos, factor 0.35 Si al sol, factor 0.70

FECHA:	SUSTITUYE A:	PREPARO:	REVISO:	APROBO:	PAG.: 11
FEBRERO 1980	ABRIL 1979	Ing. Francisco Hawley			DE: 22

Principios Básicos

a) Existe un tiempo de transición entre el momento en que se aplica una corriente al conductor y el tiempo en que se establece el flujo térmico hacia el exterior del cable. Aprovechando este transitorio se puede sobrecargar el cable durante corto tiempo

b) La corriente de sobrecarga depende de la temperatura máxima de sobrecarga que se fija para cada tipo de cable y será mayor cuantos más frío se encuentre el cable antes de iniciarse la sobrecarga.



Condiciones supuestas en la gráfica

———————— Cable caliente antes de la sobrecarga (Temp. Cond. = 75°C)

- - - - - - - - Cable frío antes de la sobrecarga (Temp. Cond. = 35°C)

Cable aéreo (sobrecarga puede ser 20% mayor en el cable subterráneo)

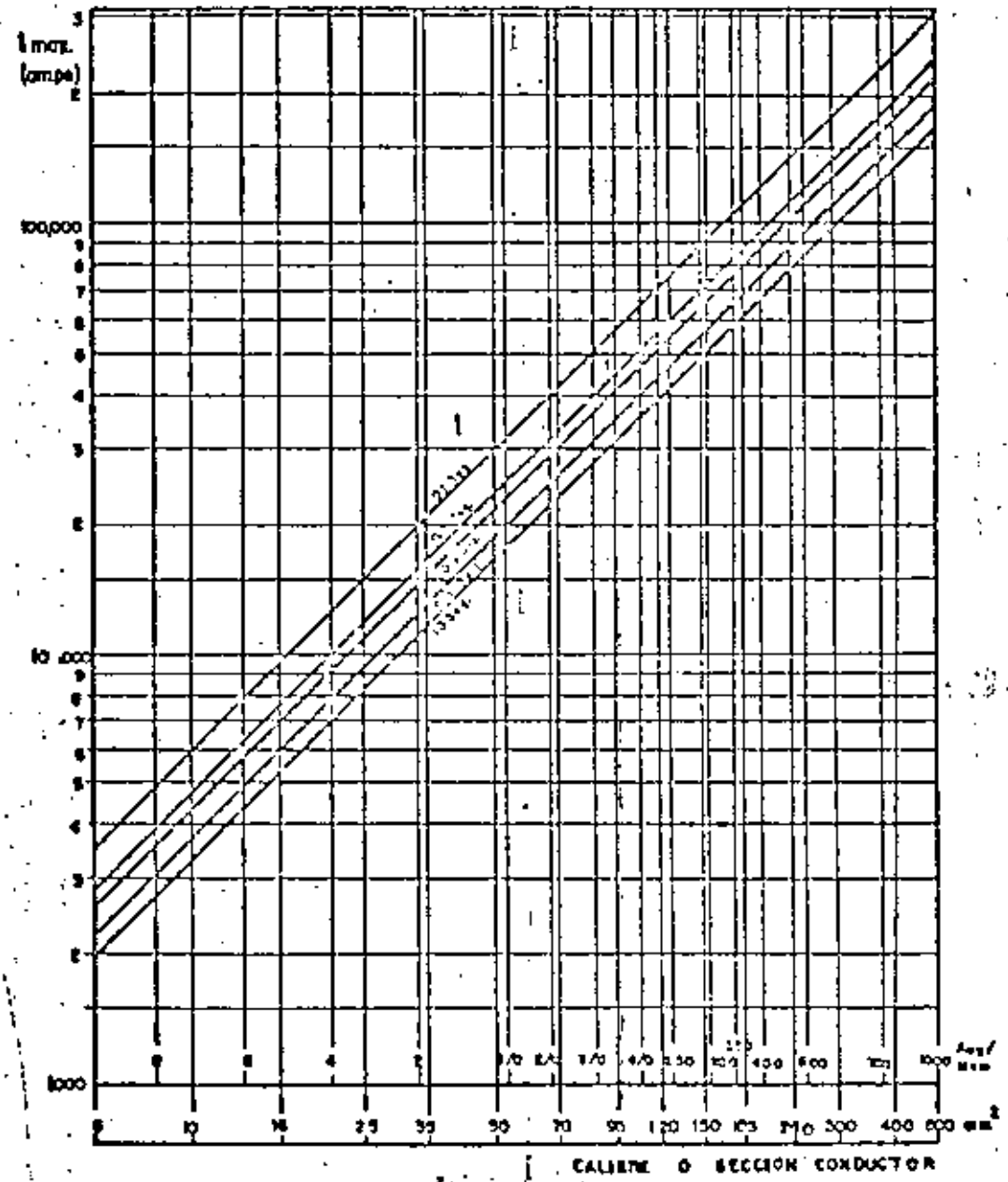
Temperatura máxima de sobrecarga 90°C (aislamiento termoplástico)

Si T máx. = 130°C (aislamiento elastomérico) factor 1.8 para cable caliente
1.2 para cable frío

Principio Básico Por brevísima duración del cortocircuito, calor generado en el conductor se absorve en el mismo conductor sin pesar a las otras partes del cable.

Ecuación Básica $I_{cc} = \frac{331\,S}{\sqrt{t}} \sqrt{\log \frac{T2 + 234.5}{T1 + 234.5}}$

Icc = corriente efectiva del c.c. en amps.
S = sección del conductor en mm2
t = tiempo del c.c. en seg.
T2 = temperatura alcanzada por el conductor durante el c.c. en °C
T1 = temperatura del conductor antes del c.c.

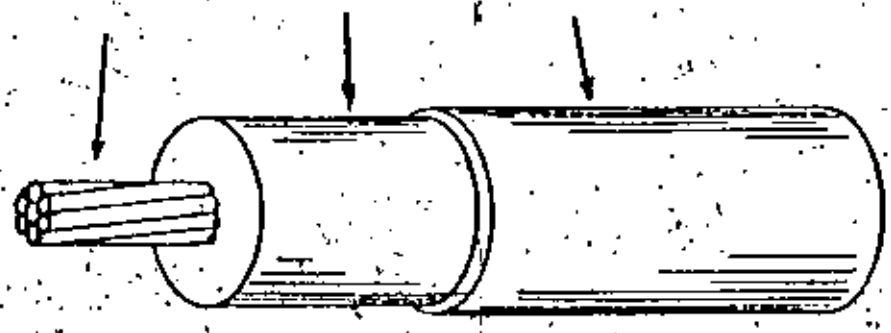


Condiciones Supuestas en la Gráfica

T2 = 160°C

T1 = 85°C

Energía = Corriente x Voltaje x Tiempo



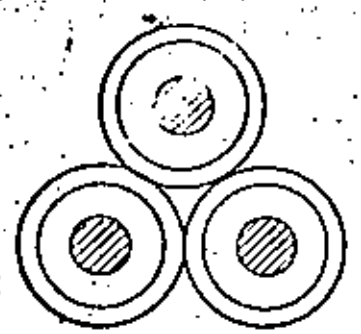
Elementos básicos de un cable unipolar

Tipos de cables empleados en Sistemas Trifásicos

Cables unipolares

Ventajas: *ligeros, fáciles de instalar, terminales sencillas*

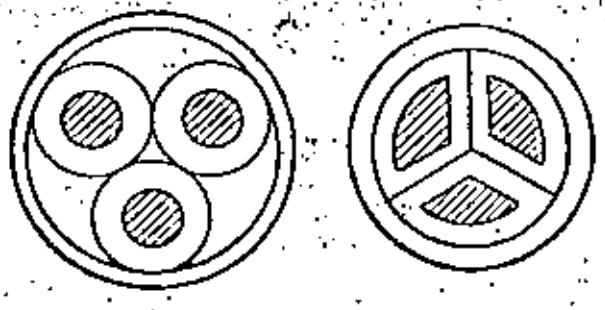
Desventajas: *campos electromagnéticos rodeando los cables interfieren con cables de comunicaciones, aumentan pérdidas, impiden el uso de armaduras magnéticas, dan lugar a corrientes circulantes en pantallas, reparto no uniforme de corrientes al usar varios cables en paralelo*



Cable triplex

Ventajas: *Más flexible que cable trifásico. Campo electromagnético balanceado, terminales sencillas*

Desventajas: *Costo ligeramente superior a tres unipolares. Mayor diámetro total que un tripolar limita longitudes de embarque*

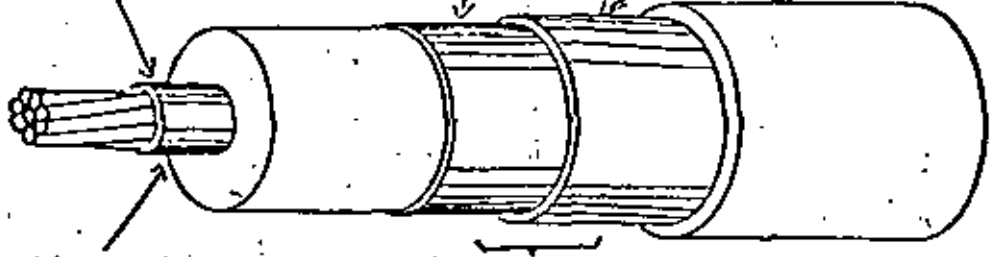


Cables tripolares

Ventajas: *Pueden usar armaduras de metales magnéticos. Campo electromagnético balanceado. Si se usan conductores sectoriale (der.) se reduce diámetro y precio*

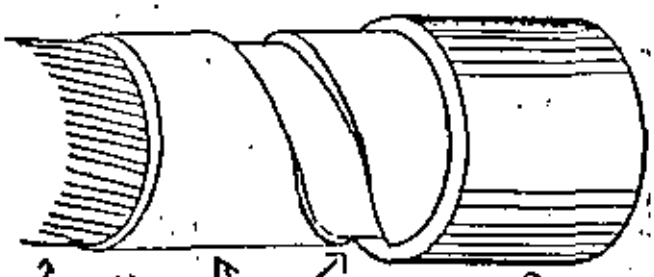
Desventajas: *Peso. Terminales complicadas*

Elementos adicionales empleados para control del campo eléctrico

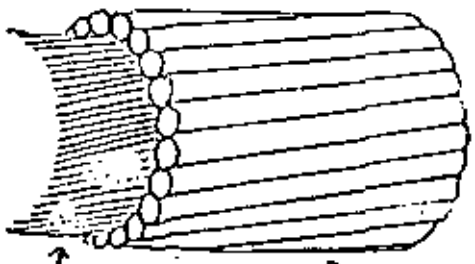


Armadura de protección empleadas en cables trifásicos

para protección mecánica



para protección mecánica y esfuerzo longitudinal



Aspectos a considerar en la selección de conductores

1) *Materiales:* Cobre 100% conductividad 2600 Kg/cm^2 tracción
17.24 ohm·mm^2/Km de resistividad
Densidad 8.9 gr/cm^3

Alum 61% conductividad 1100 Kg/cm^2 tracción
28.26 resistividad 2,7 densidad

2) *Flexibilidad:* Depende de número de hilos
Clase B cables energía normales
Clase C poco más flexibles
Clase G y H cables portátiles
Clase K y M cordones flexibles

3) *Forma:* Redondo normal (33% espacios libres)
Redondo compacto (10% espacios libres)
Sectorial (triángulos)

4) *Dimensiones:* Calibre se determina en función de capacidad de conducción de corriente y en función de caída de tensión

Aspectos a considerar en la selección de aislamiento

1) *Confiabilidad:* El aislamiento de papel impregnado ha demostrado su confiabilidad a través de muchos años de uso. Sobre otros aislamientos más nuevos no se tiene aún mucha experiencia

2) *Propiedades térmicas:* Los aislamientos elastoméricos (XLP o EP) trabajan a 90°C. El papel y los termoplásticos suelen especificarse para temperaturas del orden de 75°C.

3) *Flexibilidad:* Los cables de papel con forro de plomo y los cables aislados con XLP tienen menos flexibilidad que los aislados con EP

4) *Propiedades mecánicas:* El XLP tiene mejor resistencia a la abrasión que el EP y en baja tensión puede usarse sin cubierta adicional

Aspectos a considerar en la selección de cubiertas:

1) *Confiabilidad:* *El tubo de plomo ofrece la máxima impermeabilidad y debe usarse cuando el aislamiento es de papel o cuando se quiere proteger al cable contra la penetración de líquidos corrosivos.*

2) *Propiedades mecánicas* *XLP y Hypalon gran resistencia a la abrasión, Neopreno bastante buena Plomo mala.*

3) *Flexibilidad:* *Hypalon y Neopreno excelentes*

4) *Resistencia a la intemperie:* *Plásticos y elastómeros solo buena en color negro, conteniendo negro de humo*

5) *Resistente a agentes químicos:* *Plomo excelente PVC y polietileno buena. Neopreno y Hypalon regular.*

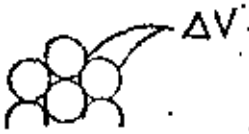
6) *Peso:* *Polietileno es el más ligero. Plomo muy pesado*

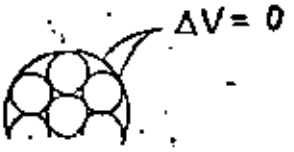
Función de la pantalla semiconductora sobre el conductor

1) *Uniformiza campo eléctrico alrededor del conductor*

sin  *con* 

2) *Evita queden espacios vacíos ionizables junto al conductor*



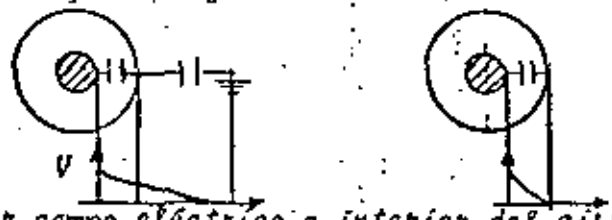


3) *Reduce energía destructiva al transferir el electrodo de mayor esfuerzo eléctrico de un metal con alta función de trabajo a un metal con baja función de trabajo.*

4) *Amortigua corrientes de impulso que tienden a viajar por la superficie del conductor*

Funciones de la pantalla sobre aislamiento

1) *Bajar voltaje superficial a cero (sólo si se conecta a tierra)*

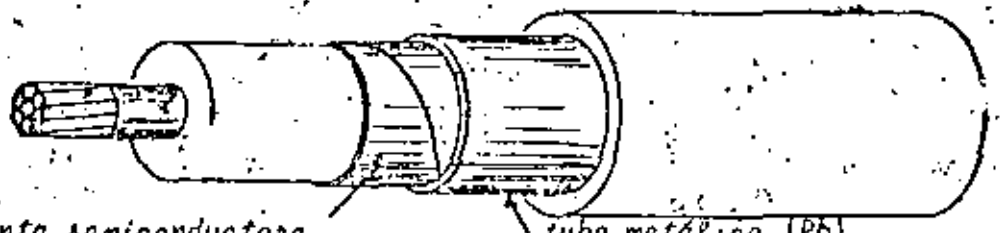


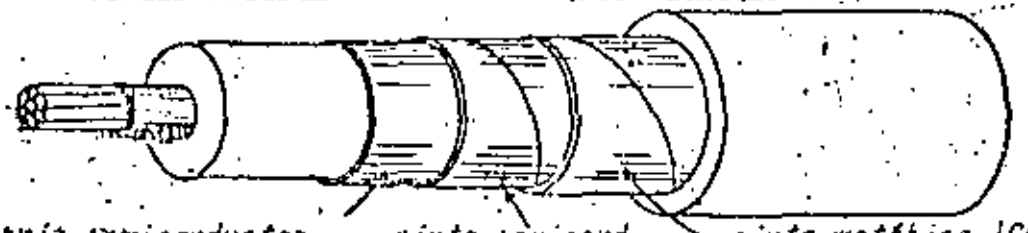
2) *Confinar campo eléctrico a interior del aislamiento y hacer que trabaje en forma radial y uniforme, eliminando esfuerzos tangenciales*

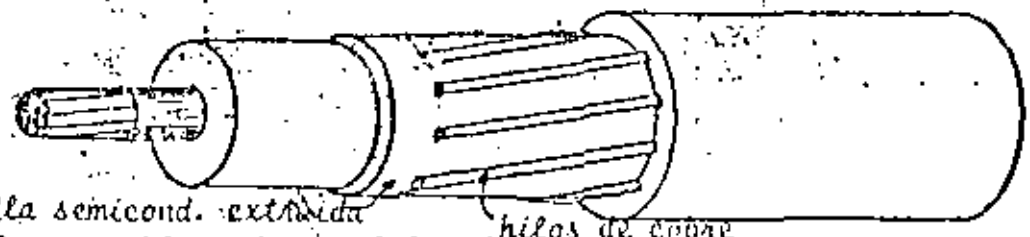
3) *Proporcionar trayectoria fija para escape de corriente de carga* $I_c = 2\ f c$

4) *Proporcionar trayectoria para corriente de cc* $I_{cc} = \frac{3305}{t} \cdot \log \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1}$

Variantes en el diseño de la pantalla sobre aislamiento



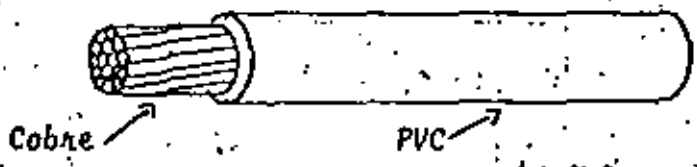




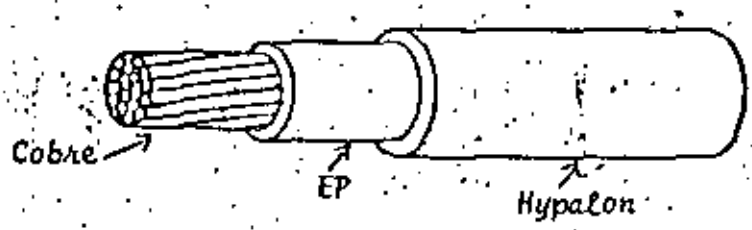
Precaución sobre el diseño de la pantalla

En cables unipolares la pantalla o cubierta metálica actúa como el secundario de un transformador. La corriente alterna que fluye por el conductor crea un campo magnético cambiante e induce una coriente en la pantalla, que será mayor mientras menor sea la resistencia de la misma pantalla. Estando la pantalla en circuito abierto, se podrá medir en su extremo el voltaje a tierra $E_o = I\ 2\ f\ L \times 10^{-3}$ *volts/Km; siendo* $L = 0.46 \log \frac{2A}{dp}$ *mH/Km*
I = corriente cond amps, A = dist media geom entre 3 conds del sistema trifásico

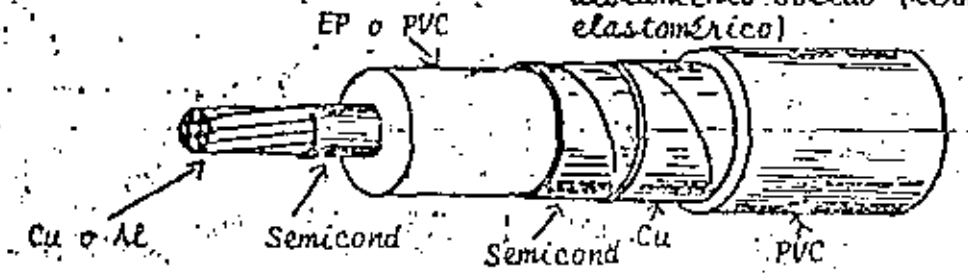
Construcciones específicas: 1) *Cable de baja tensión con aislamiento termoplástico*



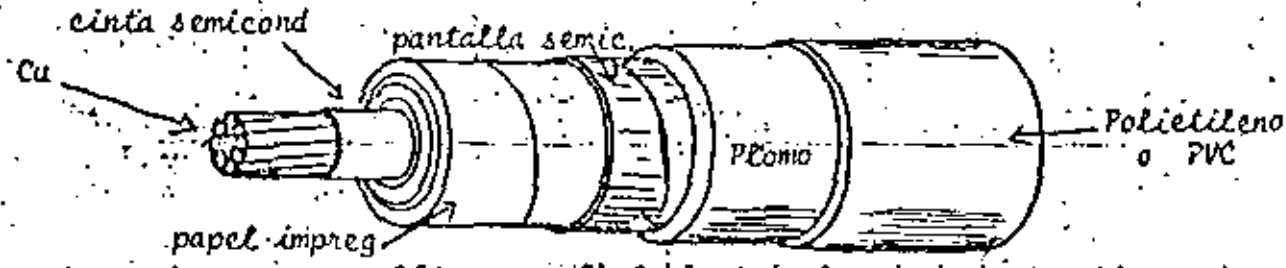
Construcciones específicas: 2) *Cable de baja tensión con aislamiento elastomérico*



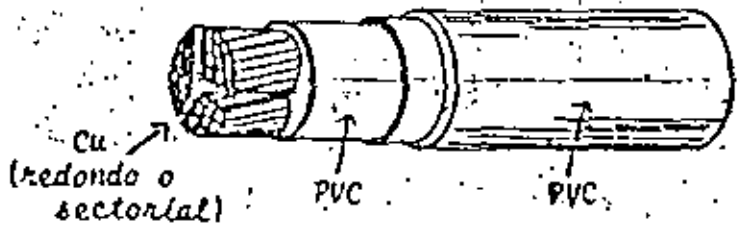
Construcciones específicas: 3) *Cable unipolar de media tensión con aislamiento sólido (termoplástico o elastomérico)*



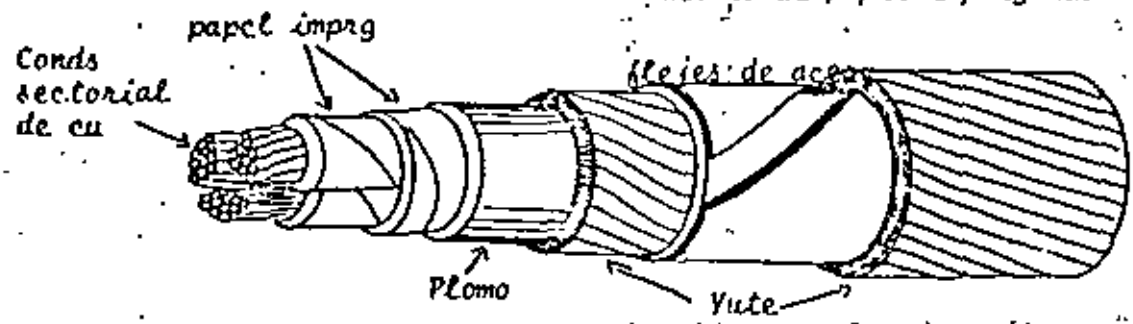
Co trucciones específicas: 4) *Cable unipolar de media tensión con aislamiento de papel impregnado*



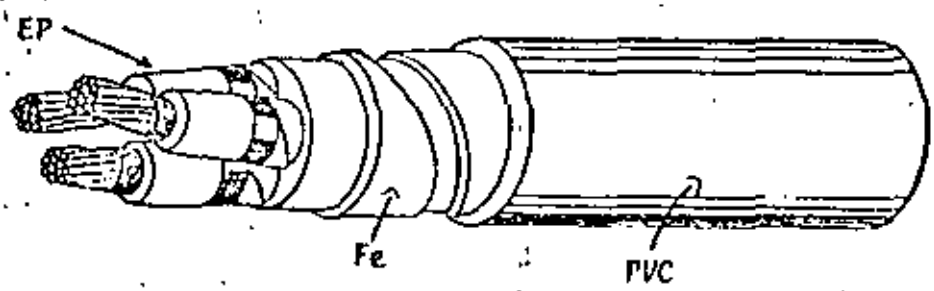
Construcciones específicas: 5) *Cable tripolar de baja tensión con aislamiento termoplástico*



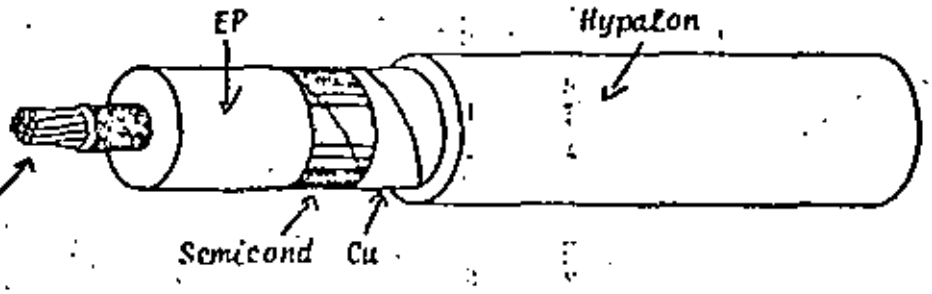
Construcciones específicas: 6) Cable tripolar de baja tensión con aislamiento de papel impregnado (tipo armado)



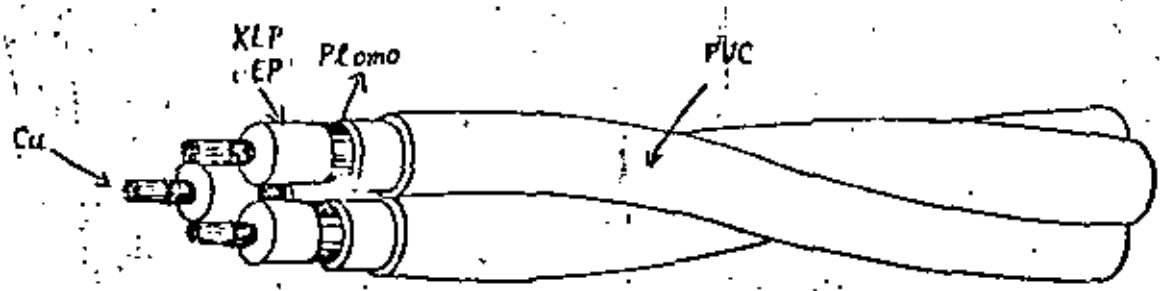
Construcciones específicas: 7) Cable tripolar de media tensión con aislamiento elastomérico (armado)



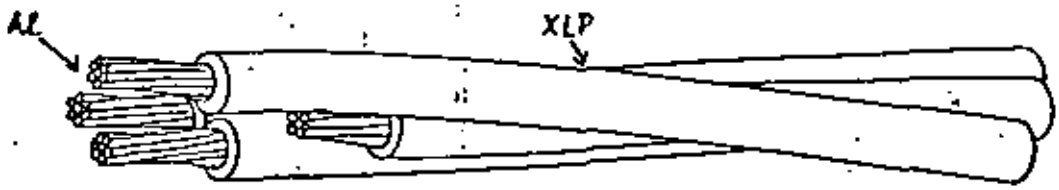
Construcciones específicas: 8) Cable unipolar de media tensión con aislamiento elastomérico para plantas generadoras



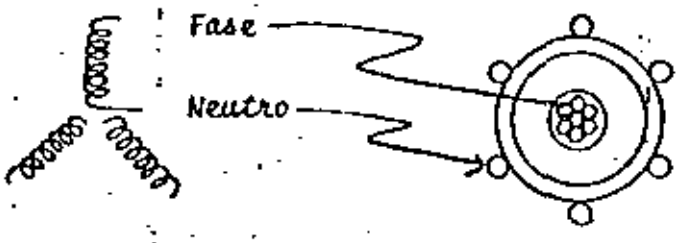
Construcciones específicas: 9) Cable triplex de media tensión para la industria petroquímica

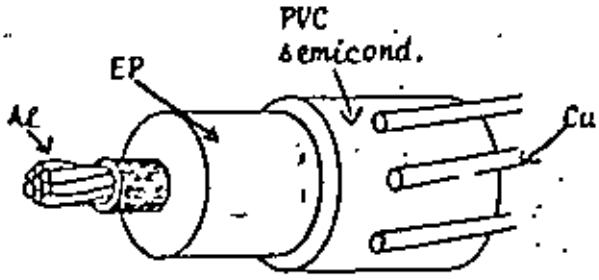


Construcciones específicas: 10) Cable de baja tensión para secundarios de redes subterráneas residenciales

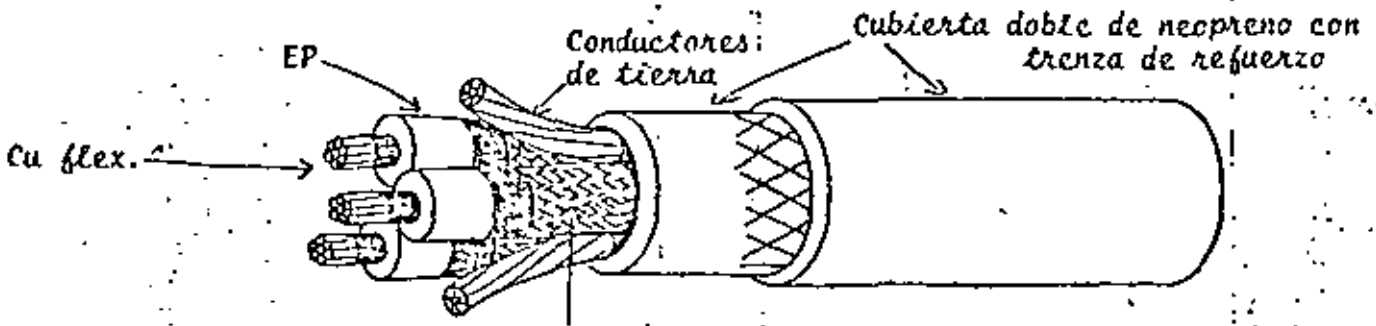


Construcciones específicas: 11) Cable de media tensión para primarios de redes subterráneas residenciales

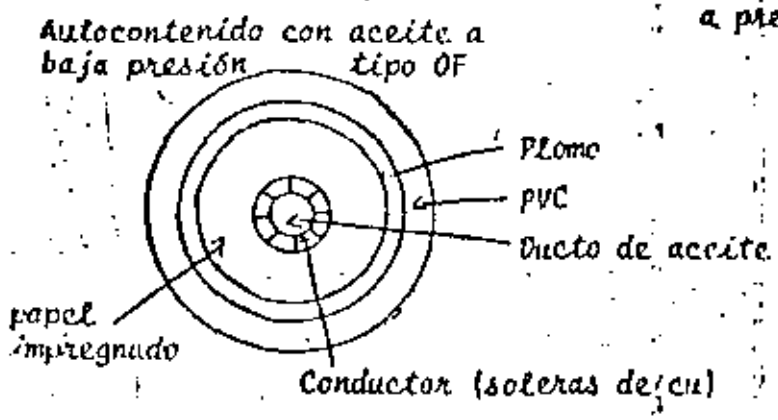


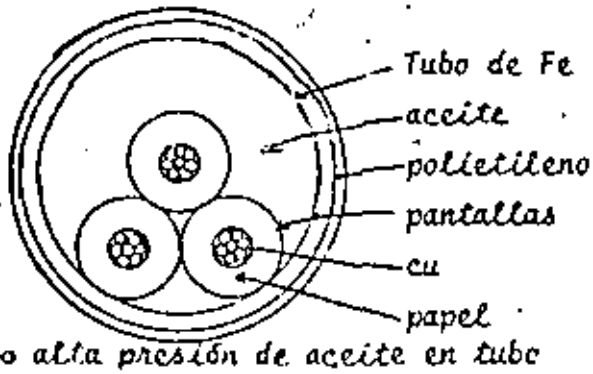


Construcciones específicas: 12) Cable tripolar de media tensión (flexible) para minas



Construcciones específicas: 13) Cables de alta tensión con aceite a presión





Tipo alta presión de aceite en tubo

$$Ri = K \log_{10} \left(\frac{D}{d} \right) \qquad (1)$$

Donde:

R_i = Resistencia de aislamiento en Megohms x Km

K = Constante de resistencia de aislamiento (ver Tabla 1)

$\log_{10}$ = Logaritmo decimal

D = Diámetro sobre aislamiento en milímetros

d = Diámetro bajo aislamiento en milímetros

TABLA 1

CONSTANTE DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

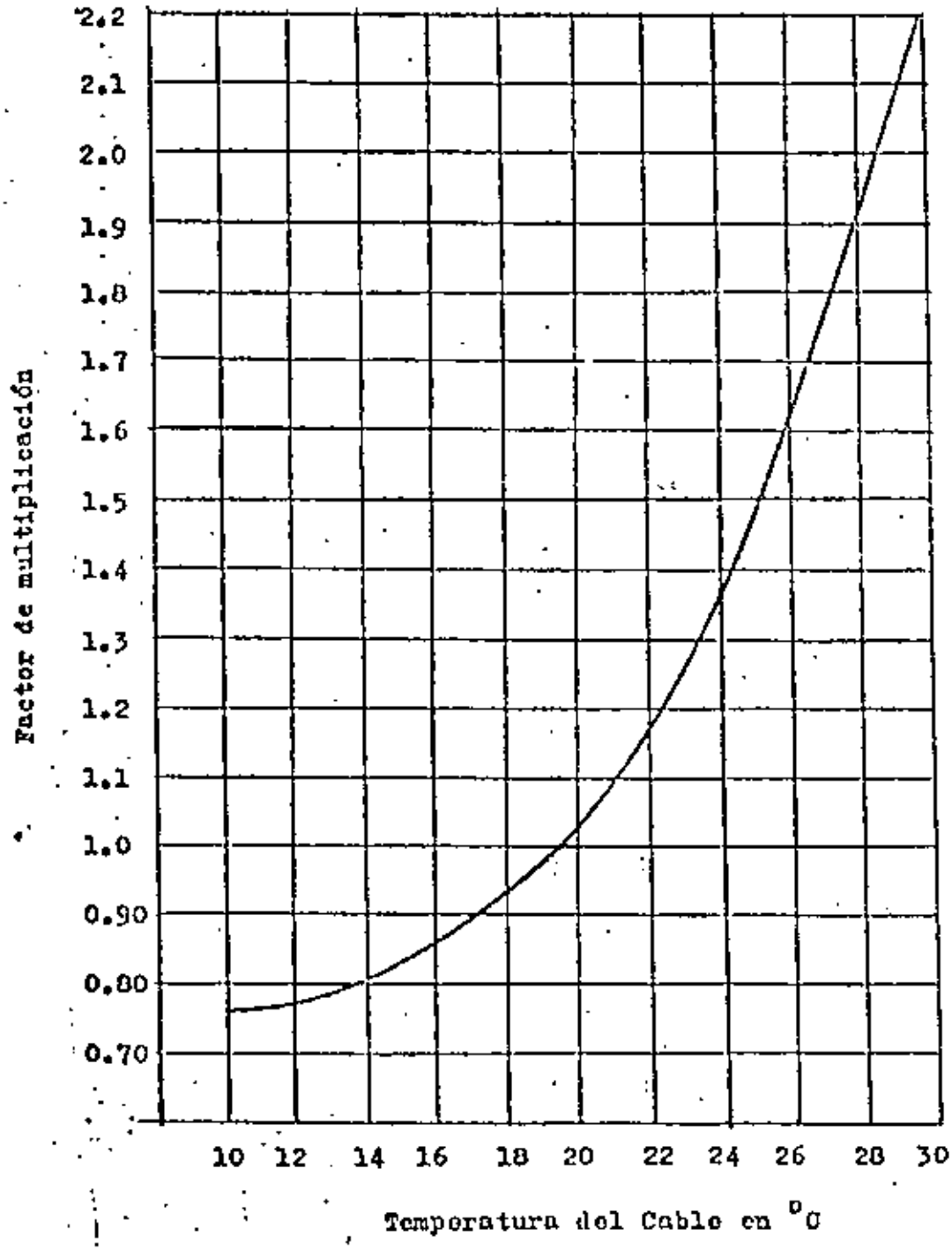
Aislamiento	K (M x Km)
Papel impregnado	3,000 a 20°C
PVC Bajo voltaje	150 a 15.6°C
PVC Alto voltaje (Sintenax)	750 a 20°C
Polietileno (normal)	15,250 a 15.6°C
Polietileno vulcanizado (XLP)	6,100 a 15.6°C
Cambray barnizado (VC)	1,000 a 15.6°C
Etileno propileno (EP)	6,100 a 15.6°C

El valor de R_i deberá corregirse por temperatura y por longitud como se ilustra en el ejemplo 1.

Enseguida se procede a probar el cable usando para ello un megger (manual ó con motor de preferencia, como se muestra en la figura 1). El borne positivo del aparato se conecta al conductor y el negativo a la pantalla ó cubierta metálica del cable, que también deberán estar conectados a tierra. Dado que

TABLA VIII

Factores de corrección por temperatura para resistencia de aislamiento en cables Sintenax



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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA INSTALACION ELECTRICA

ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

INTRODUCCION

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

OBJETIVO

PROPORCIONAR LOS CRITERIOS BASICOS NECESARIOS PARA CONOCER, PROYECTAR Y CONSTRUIR LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE UN EDIFICIO

METODOLOGIA

ANALIZAR UN PANORAMA GENERAL DE LOS CONCEPTOS MAS IMPORTANTES QUE INTERVIENEN EN:

- LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA QUE UNA INSTALACION ELECTRICA SEA ADECUADA
- LOS METODOS Y SISTEMAS USADOS EN:
  - EL DISEÑO DE UNA I.E.
  - LA CONSTRUCCCION DE UNA I.E.
- LAS CARACTERISTICAS QUE DEBEN CUMPLIR:
  - MATERIALES
  - EQUIPOS

DESCRIPCION DE CURSO

EN LA FIGURA 1 ANEXA, SE PRESENTA LA DESCRIPCION Y ORGANIZACION DE LAS SESIONES.

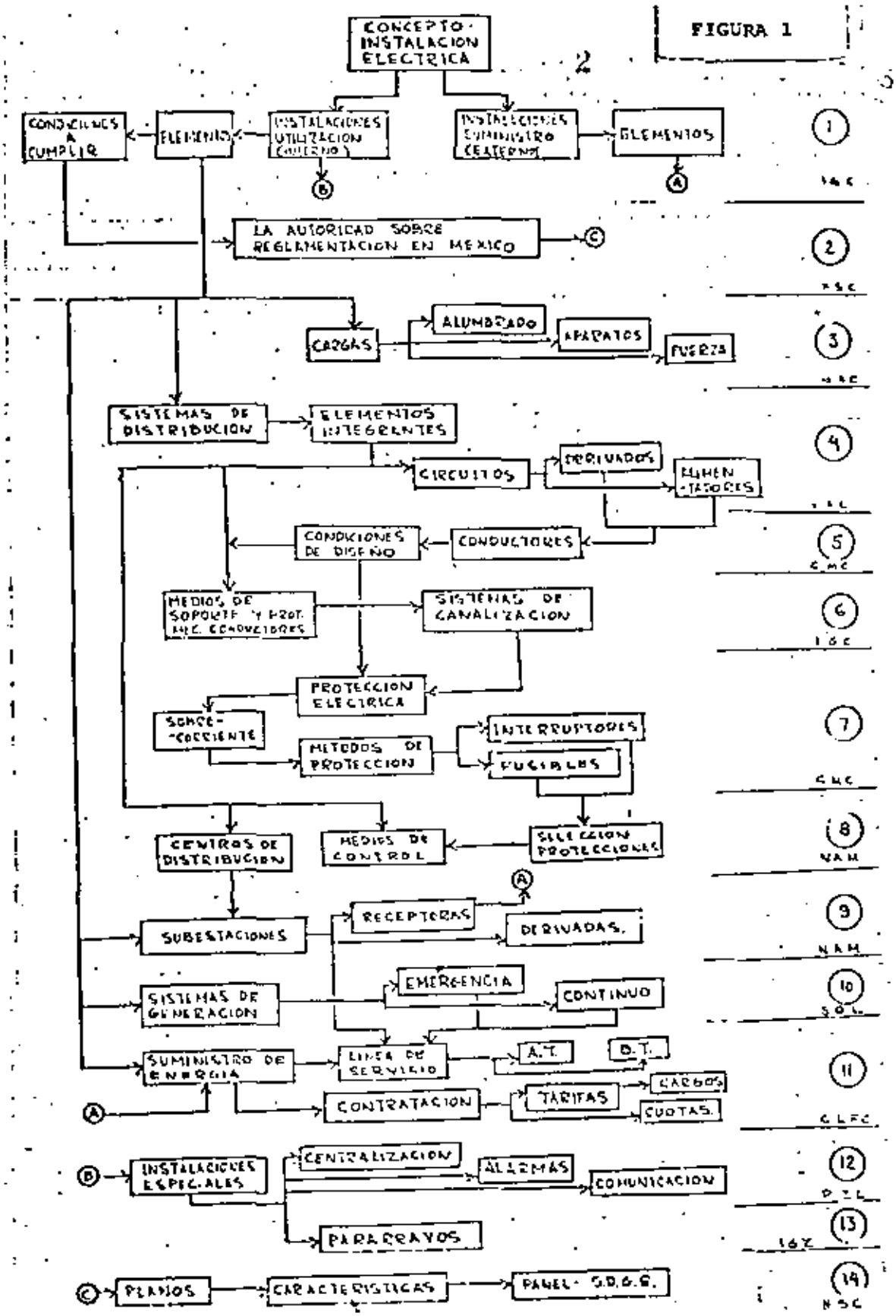


FIGURA 1
CONCEPTO INSTALACION ELECTRICA
CONDICIONES A CUMPLIR
ELEMENTOS
INSTALACIONES UTILIZACION (INTERNO)
INSTALACIONES SUMINISTRO (EXTERNO)
ELEMENTOS
LA AUTORIDAD SOBRE REGLAMENTACION EN MEXICO
CARGAS
ALUMBRADO
APARATOS
FUERZA
SISTEMAS DE DISTRIBUCION
ELEMENTOS INTEGRANTES
CIRCUITOS
DERIVADOS
ALIMENTADORES
CONDICIONES DE DISEÑO
CONDUCTORES
MEDIOS DE SOPORTE Y PROT. MEC. CONDUCTORES
SISTEMAS DE CANALIZACION
PROTECCION ELECTRICA
SOBRE-CORRIENTE
METODOS DE PROTECCION
INTERRUPTORES
FUSIBLES
CENTROS DE DISTRIBUCION
MEDIOS DE CONTROL
SELECCION PROTECCIONES
SUBESTACIONES
RECEPTORAS
DERIVADAS.
SISTEMAS DE GENERACION
EMERGENCIA
CONTINUO
SUMINISTRO DE ENERGIA
LINEA DE SERVICIO
A.T.
B.T.
CONTRATACION
TARIFAS
CARGOS
CUOTAS.
INSTALACIONES ESPECIALES
CENTRALIZACION
ALARMAS
COMUNICACION
PARARRAYOS
PLANOS
CARACTERISTICAS
PANEL - S.D.G.E.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

IGC

CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA INSTALACION ELECTRICA

ING. IGNACIO G. 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 SIGUIENTES 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

LOS ELEMENTOS INTEGRANTES DE UNA INSTALACION ELECTRICA DESDE ESTE PUNTO DE VISTA PARA EL CASO DEL SISTEMA CENTRAL DE LA RED DE LA CFE PUEDEN OBSERVARSE EN LAS FIGURAS 1, 2, 3 y 4

DESDE EL PUNTO DE VISTA INTERNO, EL CONCEPTO "INSTALACION ELECTRICA", RESTRINGE, DE TODOS LOS ELEMENTOS MENCIONADOS, ES DECIR, CONDUCTORES, APARATOS Y ACCESORIOS NECESARIOS, AQUELLAS INSTALACIONES DE LA CIA. SUMINISTRADORA, Y ABARCA SOLAMENTE LAS INSTALACIONES DEL USUARIO, Y ESTA INTEGRADO POR LOS ELEMENTOS GENERALES QUE SE DETALLAN EN LA FIG. 5.

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 COMPAÑIA 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. EIE. TODA ENTRADA DE SERVICIO DEBE 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 DEACUADA.

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 DOLE LE TENDER A LA MAXIMA STANDARIZACION.

CAPACIDAD

DEBEN SER CAPACES TODAS SUS PARTES DE CONDUCIR LAS CORRIENTES DE REGIMEN ESTABLECIDOS POR EL USO Y DEBEN DE PROVEERSE 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

LA CONDICION BASICA MINIMA DE SEGURIDAD, LA ESTABLECE EL CUMPLIMIENTO DE LA REGLAMENTACION. LA REGLAMENTACION 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.

SU ANTECEDENTE ES EL REGLAMENTO NACIONAL ELECTRICO (1926), PASADO EN EL NATIONAL ELECTRICAL CODE (NEC) DE LOS ESTADOS UNIDOS.

EL NATIONAL ELECTRICAL CODE ESTA PATROCINADO POR "NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION" ASOCIACION PRIVADA.
ES NORMA OFICIAL EN LOS EU
EL PRIMER CODIGO (O LA PRIMERA EDICION) FUE PUBLICADO EN 1897 Y HA 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

EL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS DE 1950 NO SE HA ACTUALIZADO, POR LO TANTO ES YA OBSOLETO, EXISTE ACTUALMENTE UNA PROPOSICION PARA SU ACTUALIZACION.

ADEMAS DE LA REGLAMENTACION SOBRE INSTALACIONES, EXISTE TAMBIEN SOBRE MATERIALES Y SOBRE PERSONAS DEDICADAS A TRABAJOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS.

SOBRE LAS PERSONAS

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

SOBRE MATERIALES

MEDIANTE EL REGISTRO "SEPAFIN", EXPEDIDO POR LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS DE LA SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, DE TODOS LOS MATERIALES Y EQUIPOS USADOS.
(ES EL ANTIGUO REGISTRO "SC-DGE" QUE HASTA FEBRERO DE 1979 EXPEDIA LA SECOM)

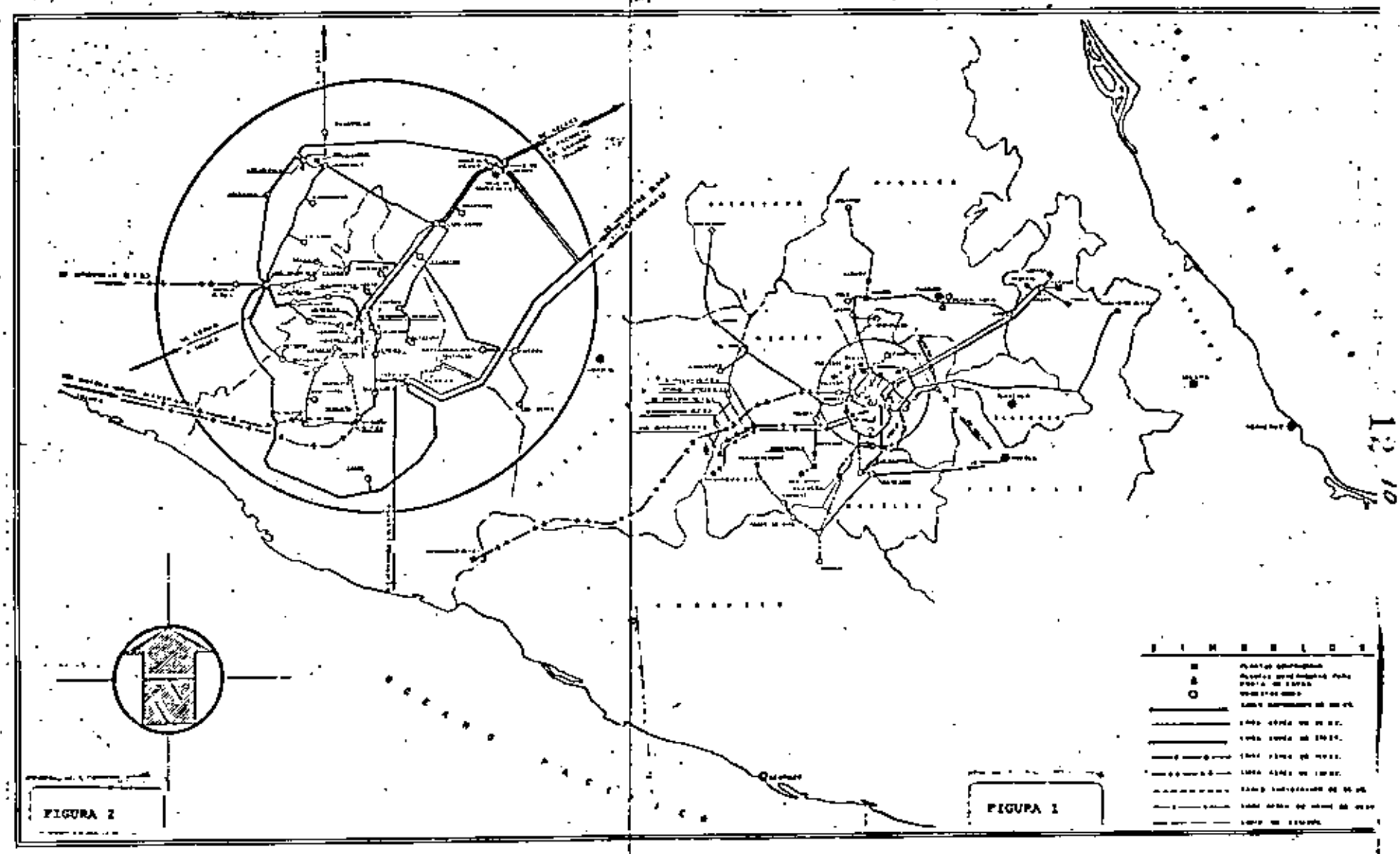
TODAS ESTAS DISPOSICIONES, FORMAN PARTE DE LA LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA, PUBLICADA EN EL "DIARIO OFICIAL" EL 22 DE DICIEMBRE DE 1975.

CONTROL ESTABLECIDO POR LA REGLAMENTACION

LA AUTORIDAD QUE VIGILA EL CONTROL DE LA REGLAMENTACION EN MEXICO, ES LA SECRETARIA DEL PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, A TRAVES DE LA SUBDIRECCION GENERAL DE ELUCTRICIDAD, DE LA DIRECCION GENERAL DE ENERGIA.

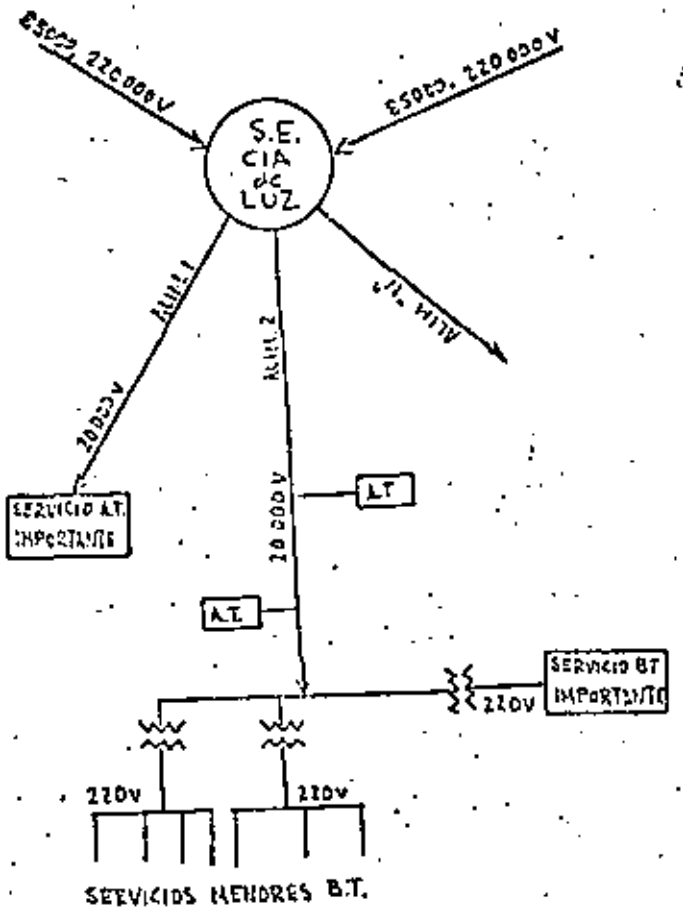
EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE PROYECTO, CONSTRUCCION Y TRAMITE EL CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DE NUESTRA REGLAMENTACION SE ESTABLECE SEGUN SE OBSERVA EN LAS FIGURAS 6 (ZONA METROPOLITANA) Y (PROVINCIA)

Localización geográfica de Plantas, Subestaciones y Líneas de Transmisión que dan servicio al Sistema Central



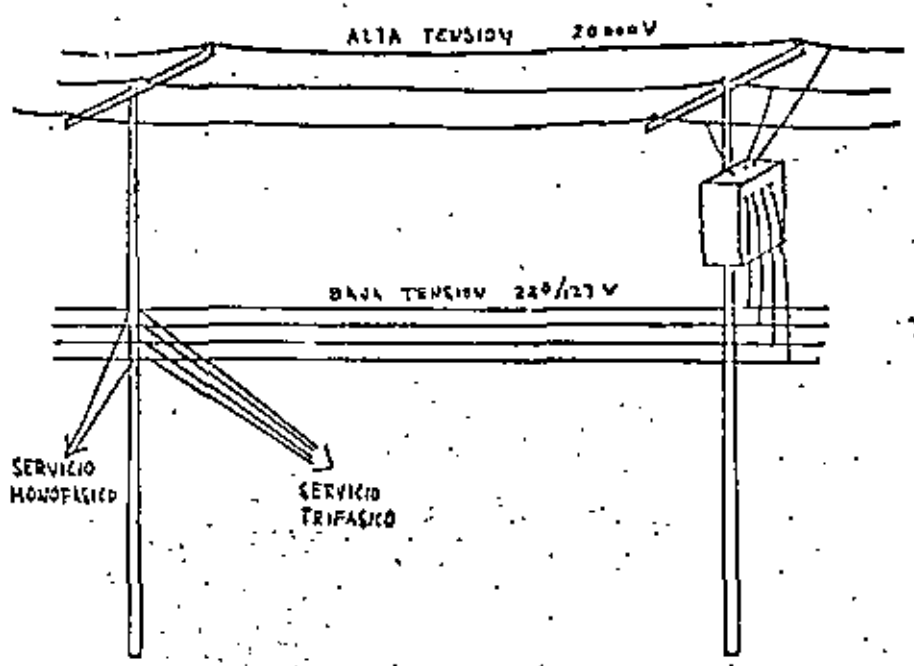
IGC

IGC



IGC

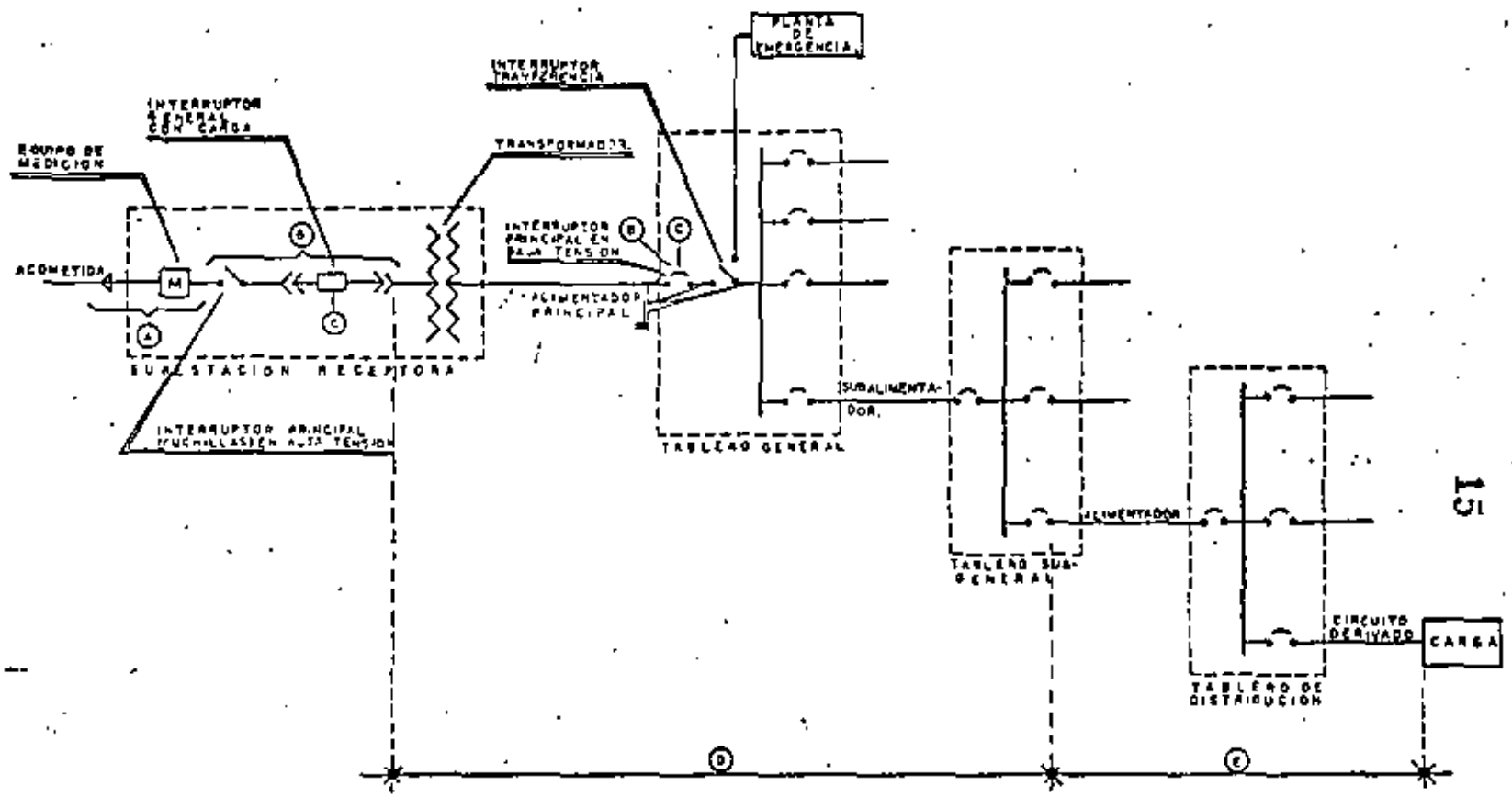
FIGURA 3



IGC

FIGURA 4

EJEMPLO:



(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.

FIGURA 5

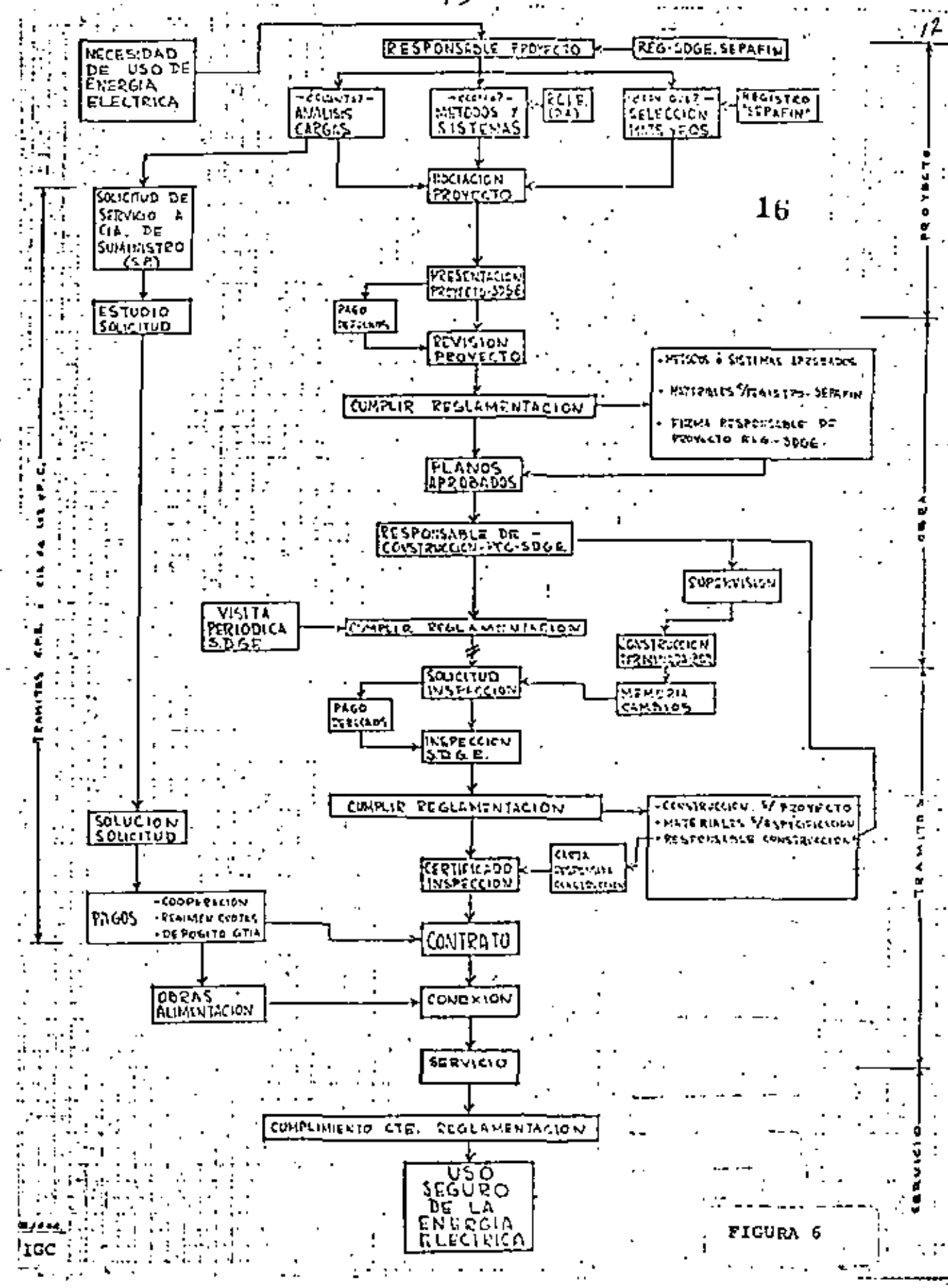

NECESIDAD DE USO DE ENERGIA ELECTRICA
RESPONSABLE PROYECTO
REG. SDGE. SEPAFIN
ANALISIS CARGAS
METODOS Y SISTEMAS
RCIE. (DA)
SELECCION MATERIALES
REGISTRO "SEPAFIN"
SOLICITUD DE SERVICIO A CIA. DE SUMINISTRO (S.P.)
ESTUDIO SOLICITUD
ASOCIACION PROYECTO
16
PRESENTACION PROYECTO-SDGE
PAGO DERECHOS
REVISION PROYECTO
CUMPLIR REGLAMENTACION
• METODOS Y SISTEMAS APROBADOS
• MATERIALES S/REGISTRO SEPAFIN
• FIRMA RESPONSABLE DE PROYECTO REG.-SDGE.
PLANOS APROBADOS
RESPONSABLE DE CONSTRUCCION-PTO-SDGE.
SUPERVISION
VISITA PERIODICA S.D.G.E.
CUMPLIR REGLAMENTACION
CONSTRUCCION TERMINADA
SOLICITUD INSPECCION
MEMORIA CAMBIOS
PAGO DERECHOS
INSPECCION S.D.G.E.
CUMPLIR REGLAMENTACION
• CONSTRUCCION S/PROYECTO
• MATERIALES S/ESPECIFICACION
• RESPONSABLE CONSTRUCCION
SOLUCION SOLICITUD
CERTIFICADO INSPECCION
CARTA RESPONSABLE CONSTRUCCION
PAGOS
• COOPERACION
• REEMBOLSO COSTES
• DEPOSITO GTIA
CONTRATO
OBRAS ALIMENTACION
CONEXION
SERVICIO
CUMPLIMIENTO CTE. REGLAMENTACION
USO SEGURO DE LA ENERGIA ELECTRICA
TRAMITES C.P.E. Y CIA. DE LA P.C.
PROYECTO
OBRA
TRAMITES
SERVICIO

FIGURA 6

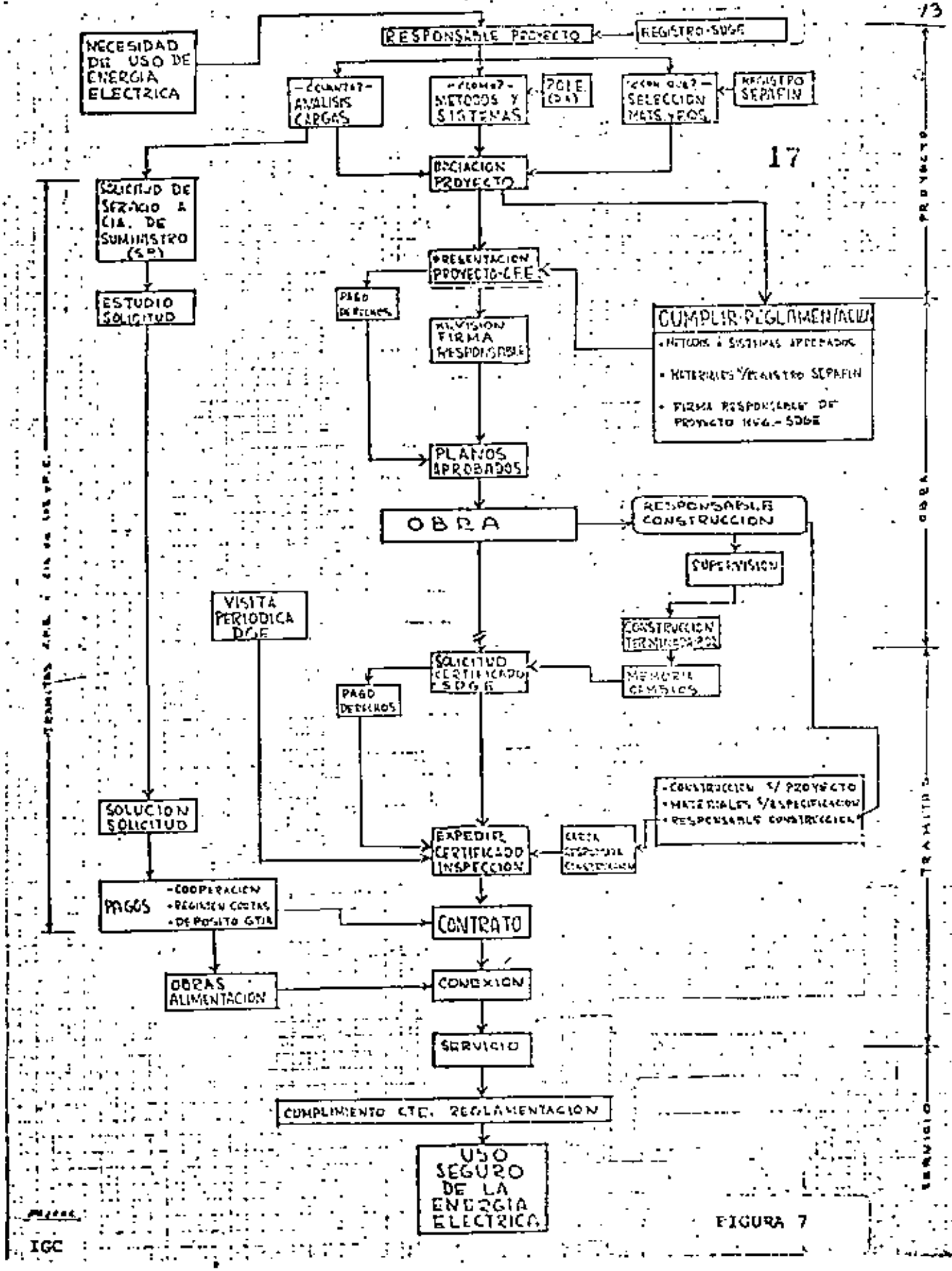

13
NECESIDAD DE USO DE ENERGIA ELECTRICA
RESPONSABLE PROYECTO
REGISTRO SDGE
ANALISIS CARGAS
METODOS Y SISTEMAS
SELECCION MATS. Y EQS.
REGISTRO SERAFIN
17
ASOCIACION PROYECTO
SOLICITUD DE SERVICIO A CIA. DE SUMINISTRO (SP)
ESTUDIO SOLICITUD
PRESENTACION PROYECTO-C.F.E.
PAGO DERECHOS
REVISION FIRMA RESPONSABLE
CUMPLIR REGLAMENTACION
PLANOS APROBADOS
OBRA
RESPONSABLE CONSTRUCCION
SUPERVISION
CONSTRUCCION TERMINADA
MEMORIA CALCULOS
VISITA PERIODICA D.G.E.
SOLICITUD CERTIFICADO SDGE
PAGO DERECHOS
SOLUCION SOLICITUD
EXPEDIR CERTIFICADO INSPECCION
PAGOS
CONTRATO
OBRAS ALIMENTACION
CONEXION
SERVICIO
CUMPLIMIENTO CTE. REGLAMENTACION
USO SEGURO DE LA ENERGIA ELECTRICA
PROYECTO
OBRA
TRAMITES
SERVICIO

FIGURA 7

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

LA AUTORIDAD SOBRE REGLAMENTACION EN MEXICO

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

— ORGANIGRAMA —

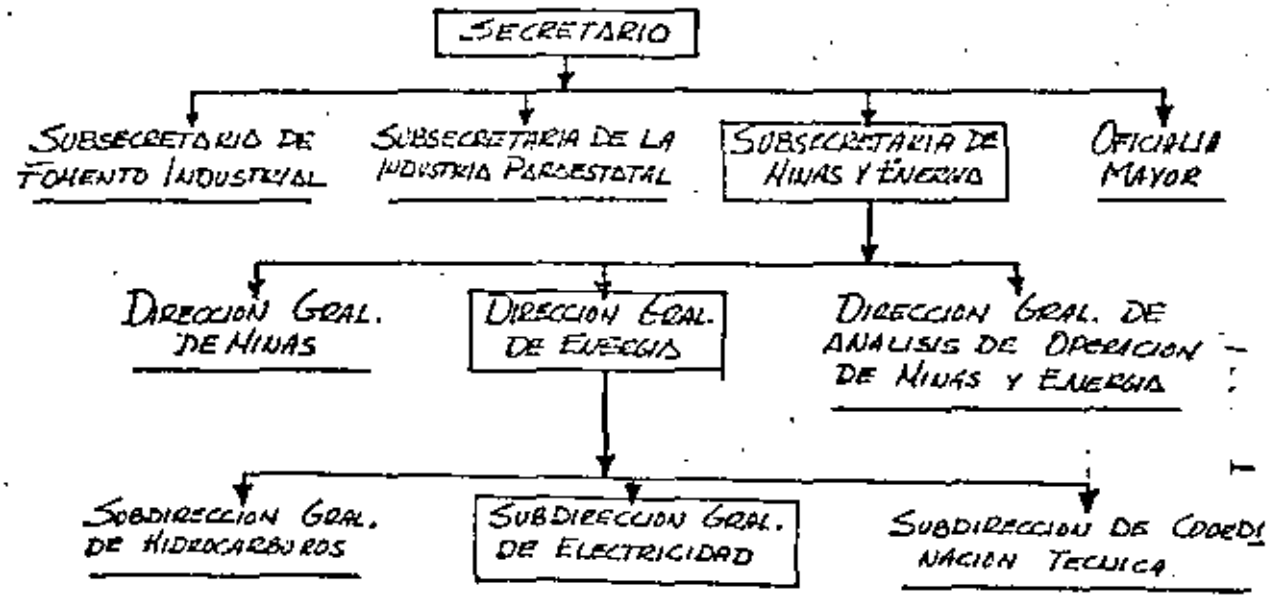
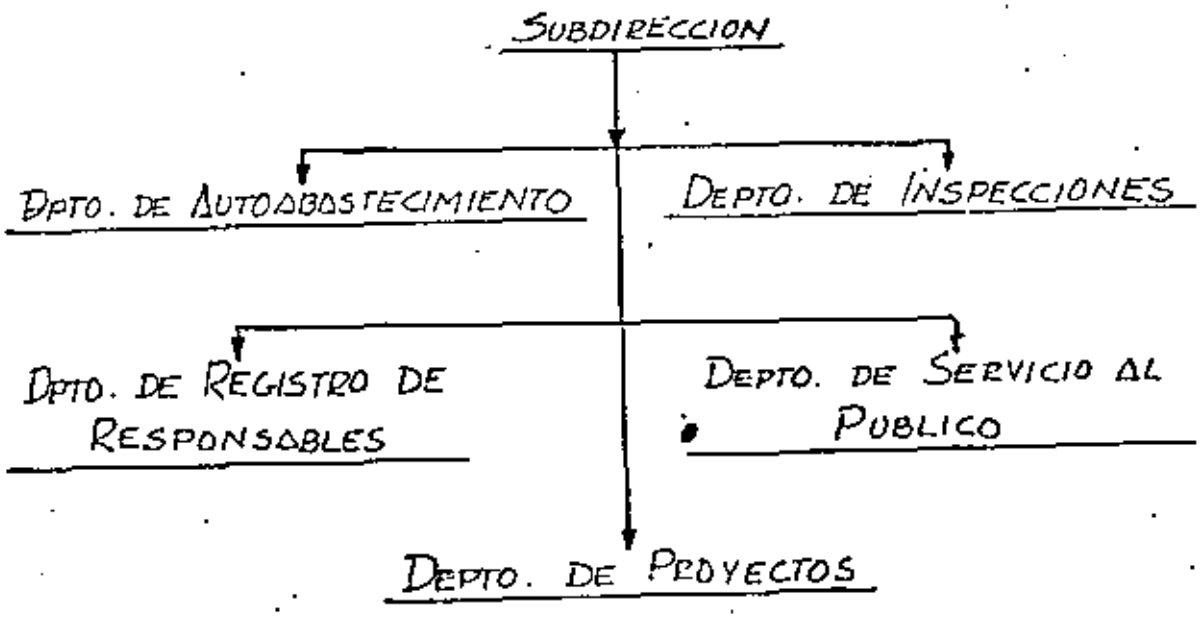


Lámina # 1

SUBDIRECCION GRAL. DE ELECTRICIDAD

ORGANIGRAMA



EL PROYECTO ELECTRICO

- IMPORTANCIA
- DISCUSION DE CRITERIOS
- ANALISIS Y ESTUDIO DE CARGAS
- CALCULOS
  - ILUMINACION
  - ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS
  - TABLEROS Y PROTECCIONES
  - SISTEMAS DE TIERRAS
  - CAPACIDADES INTERRUPTIVAS
- PLANOS
- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS, Y DE CONSTRUCCION.
- INTERVENCION DEL RESPONSABLE DE PROYECTO

IMPORTANCIA DE LA REGLAMENTACION

- REGULA ACTIVIDADES ELECTRICAS
- EVITA ANARQUIA EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS
- EVITA UN MAL DISEÑO QUE PUEDE PROVOCAR:
  - PELIGRO DE INCENDIO POR SOBRECALENTAMIENTO Y CORTO CIRCUITO.
  - PELIGRO DE ELECTROCUCION O CONMOCION ELECTRICA.
  - DAÑOS IRREPARABLES O FALLECIMIENTO DE PERSONAS.
  - BAJO RENDIMIENTO DE EQUIPOS POR EXCESO DE CAIDA DE TENSION Y AUMENTO DEL COSTO ANUAL POR PERDIDAS DE ENERGIA.
  - AUMENTO DEL COSTO INICIAL POR RECORRIDO EXCESIVO DE CONDUCTORES Y MAL APROVECHAMIENTO DE CANALIZACIONES.

LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION 22-DIC-1935

ART. 28.- PROYECTO ELECTRICO PREVIO A LA EJECUCION DE LAS OBRAS ELECTRICAS

REGLAMENTO DE LRY LEY DE LA INDUSTRIA ELECTRICA

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION 4-OCT-1946

CAPITULO XI.- DE LAS OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS

ARTS. 93 AL 97, 101 y 102

CAPITULO XVIII: INSPECCION Y VIGILANCIA

CAPITULO XIX: DE LAS PERSONAS CAPACITADAS PARA PROYECTAR Y EJECUTAR OBRAS E INST. ELEC.

REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION
31-MARZO-1950

CONSTA DE 10 CAPITULOS Y 76 ARTICULOS

I Y II.- DISPOSICIONES Y DEFINICIONES

III AL VII.- SISTEMAS DE UTILIZACION

VIII Y IX.- LINEAS AEREAS Y SUBTERRANEAS

X .- PLANTAS GENERADORAS Y SUBESTACIONES

ACTUALIZACION DEL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIOES ELECTRICAS

DIRECCION GENERAL DE NORMAS - SEPAFIN

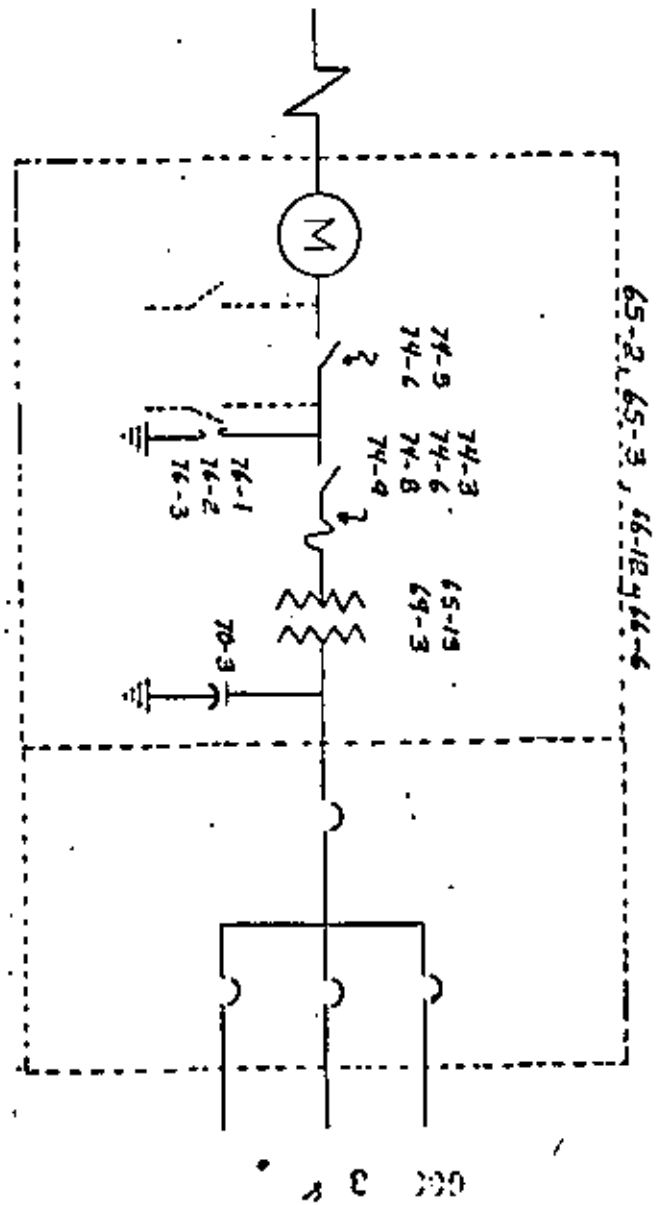
FUENTES - R.O.I.E. NEC. COVENIN Y OTROS CODIGOS
ASOCIACIONES Y COLEGIOS PROFESIONALES
ORGANISMOS FEDERALES
CAMARAS, ETC.

SE INCLUYEN NUEVOS TEMAS:

- ALBERCAS
- TUBO POLIETILENO Y DE PVC
- PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA
- PARARRAYOS

SE PRECISAN CONCEPTOS:

- PROTECCIONES CONTRA SOBRE CORRIENTE
- SISTEMAS DE TIERRAS
- SUBESTACIONES Y PLANTAS GENERADORAS



SUBESTACIONES ELECTRICAS ARTICULOS INVOLUCRADOS

SISTEMA DE FUERZA (MOTORES)

ARTICULOS INVOLUCRADOS

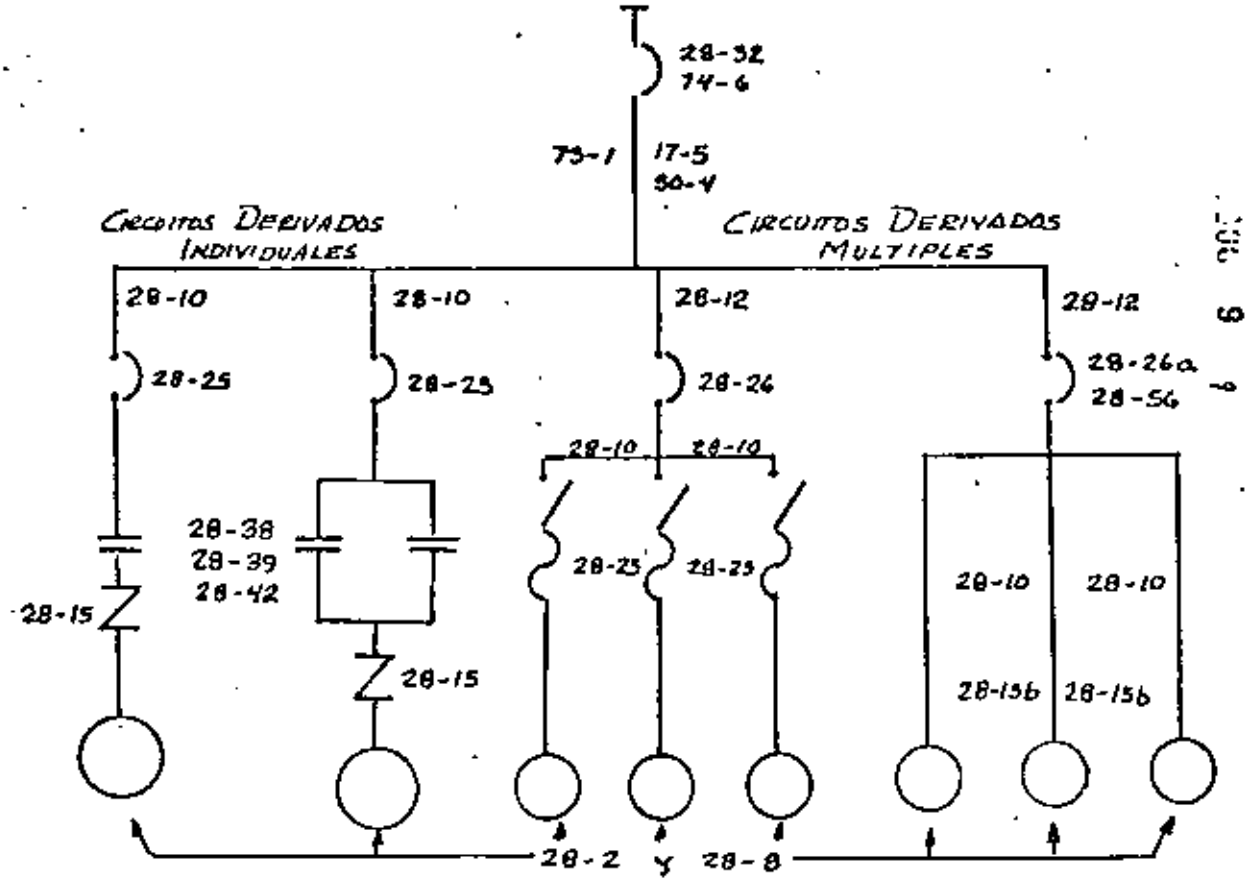


Fig. 9

SISTEMA DE FUERZA

MAQUINAS, APARATOS Y ALUMBRADO

ARTICULOS INVOLUCRADOS

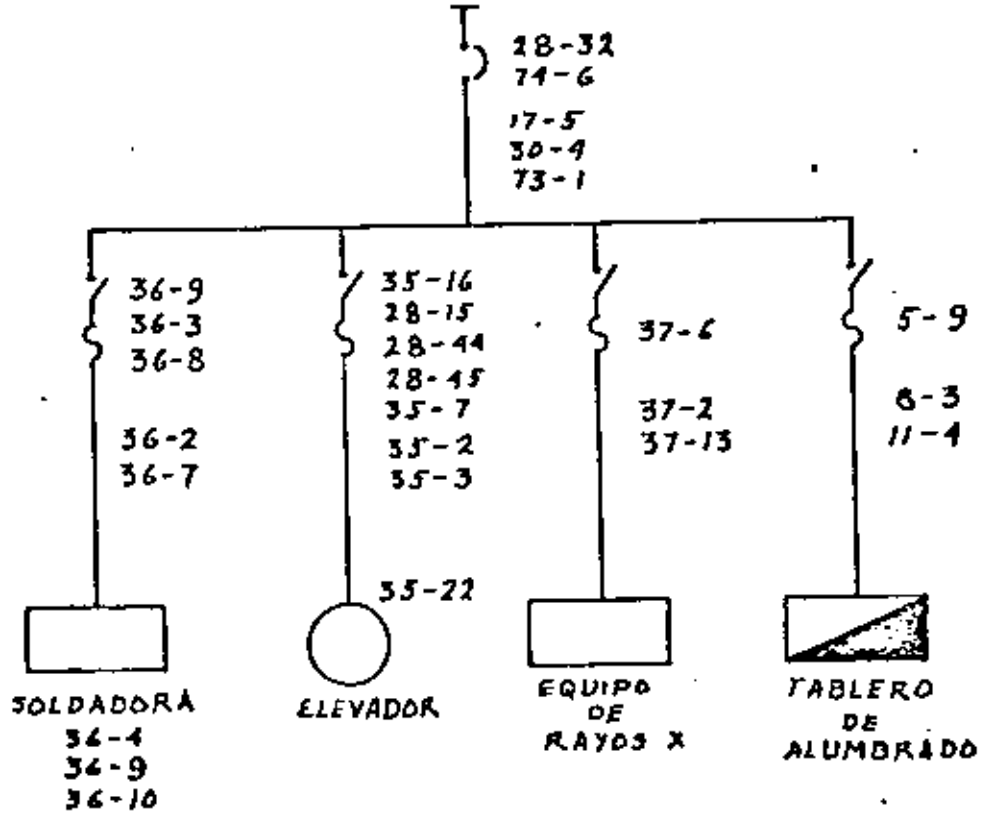
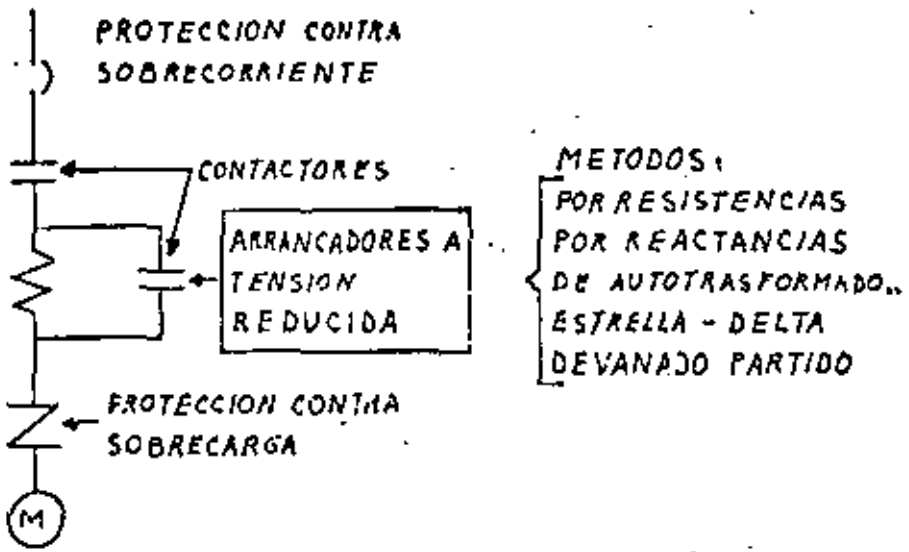


Fig. 10

ARTICULOS 28-38, 28-39, Y 28-43 DEL R.O.I.E. 11



12 HP

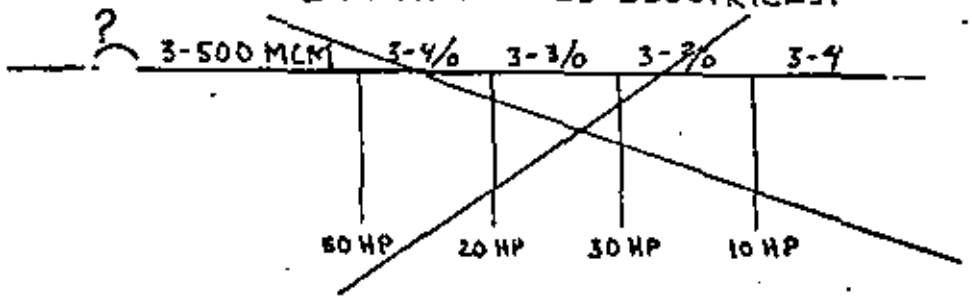
MOTORES MAYORES PUEDEN CONECTARSE A TENSION COMPLETA DEPENDIENDO DE:

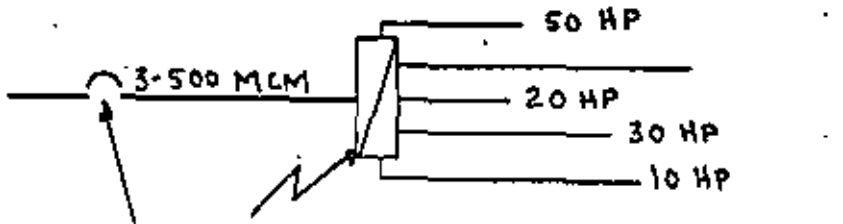
- EFECTOS SECUNDARIOS EN LA INSTALACION
- CARGA Y CORRIENTE DEL MOTOR EN EL ARRANQUE
- TRANSTORNOS Y MOLESTIAS EN OTROS SERVICIOS
- CAPACIDAD DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

FALLAS MAS FRECUENTES EN LOS PROYECTOS ELECTRICOS 12

CONDUCTOR ALIM. DE CIRC. DERIVADOS

ARTS. 28-12, 28-32 Y 28-33 DEL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS.





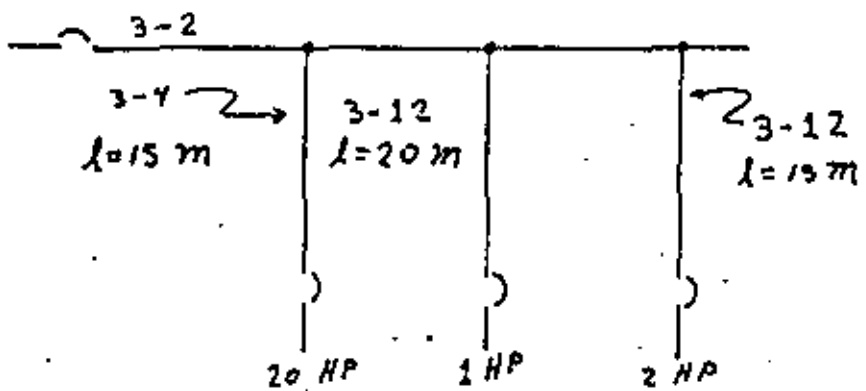
CENTRO DE CONTROL DE MOT.

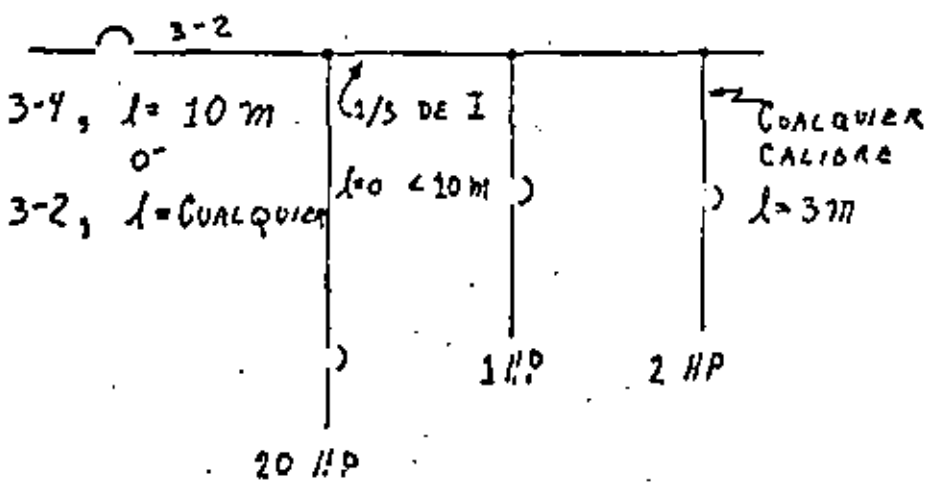
CAP. DEL INT. > DEL GRUPO + $\sum I_{p.c.}$ DEL RESTO DE LOS MOTORES.

Fallas mas Frecuentes en los Proyectos Electricos

Derivaciones de un alimentador de circuitos derivados

Articulo 28-30 Reglamento de Obras e Instalaciones Electricas

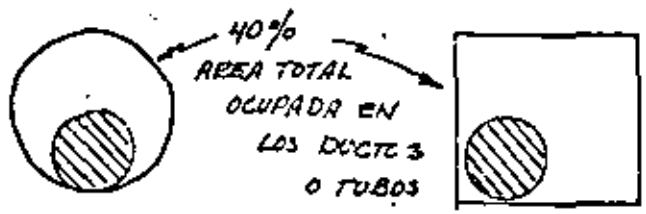




Fallas mas Frecuentes en los Proyectos Electricos

- No se consideran factores de relleno y agrupamiento en tuberias.

Articulos 11-4C ; 17-5 y 20-3 del Reglamento de Obras e Instalaciones Electricas

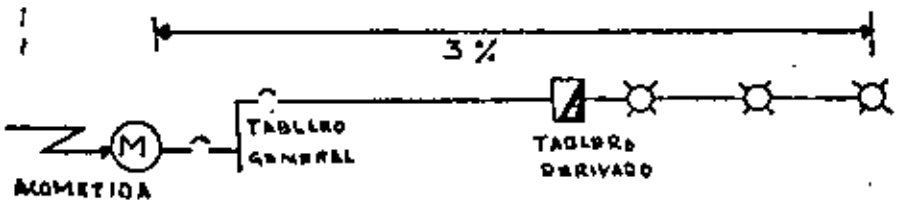


La capacidad de conduccion de corriente se reduce al:

80 %	—	4 a 7 conductores
70 %	—	9 a 12 "
60 %	—	13 a 25 "
50 %	—	26 en adelante

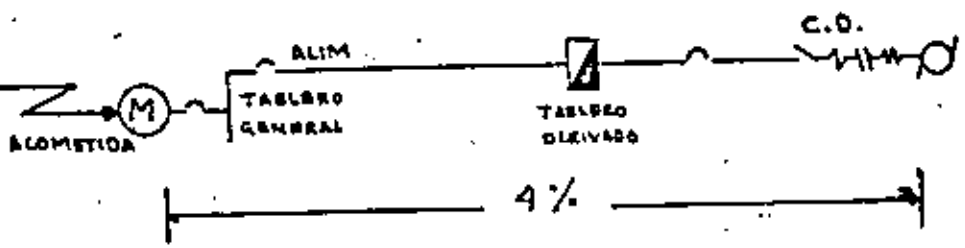
CAIDA DE TENSION - ART. 6-2 DEL REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS

SISTEMAS DE ALUMBRADO

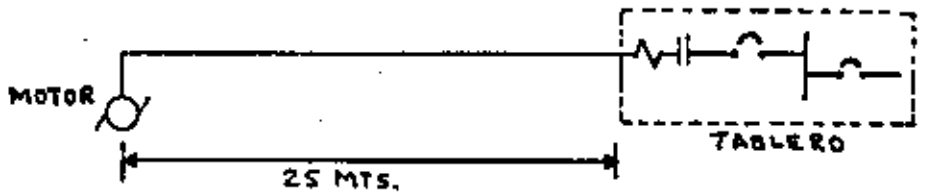


SIST. 125 VOLTS — e % = 3.75 V.
" 220 " — = 6.6 V.

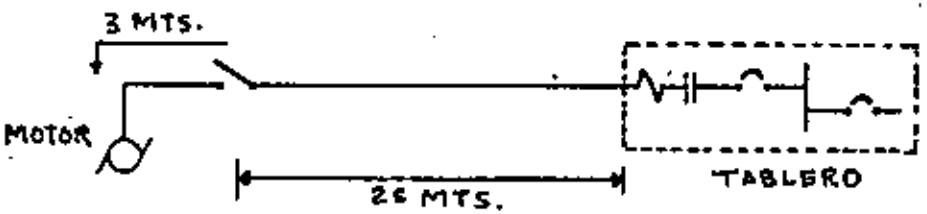
SISTEMAS DE FUERZA



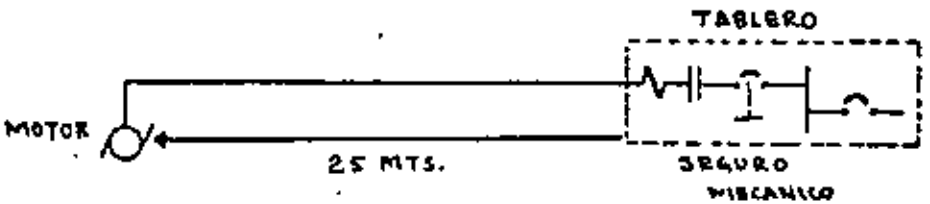
SIST. 440 V. — e = 17.6 V.
" 220 V. — = 8.8 V.



ARRANCADOR - CONTROLADOR NO VISIBLE

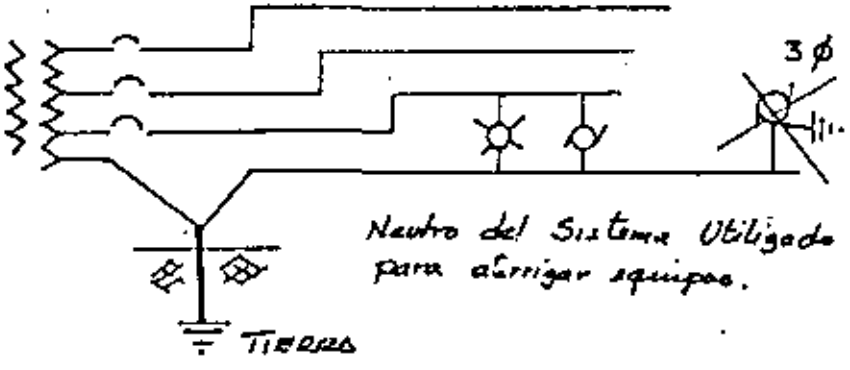


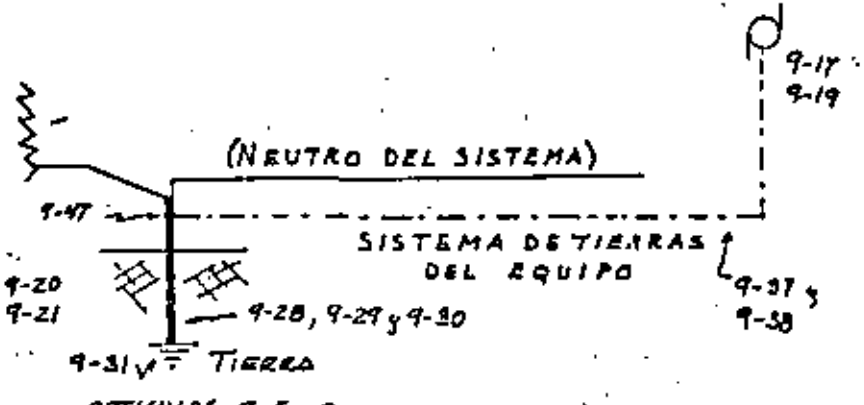
SOLUCIONES



ARTICULO 28-42 DEL ROIE

FALLAS MAS FRECUENTES EN LOS PROYECTOS ELECTRICOS 17



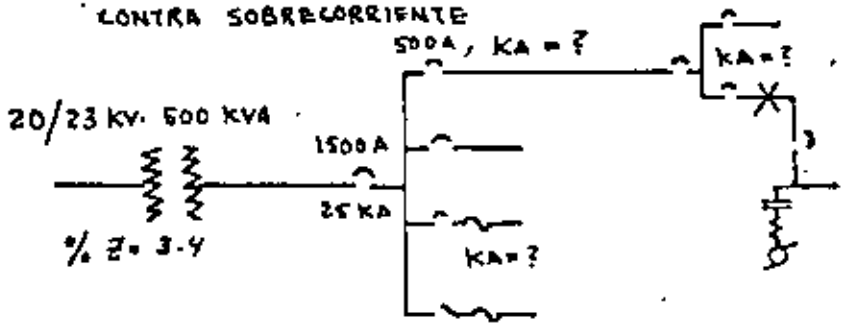


ARTICULOS 9-5, 9-12 9-14

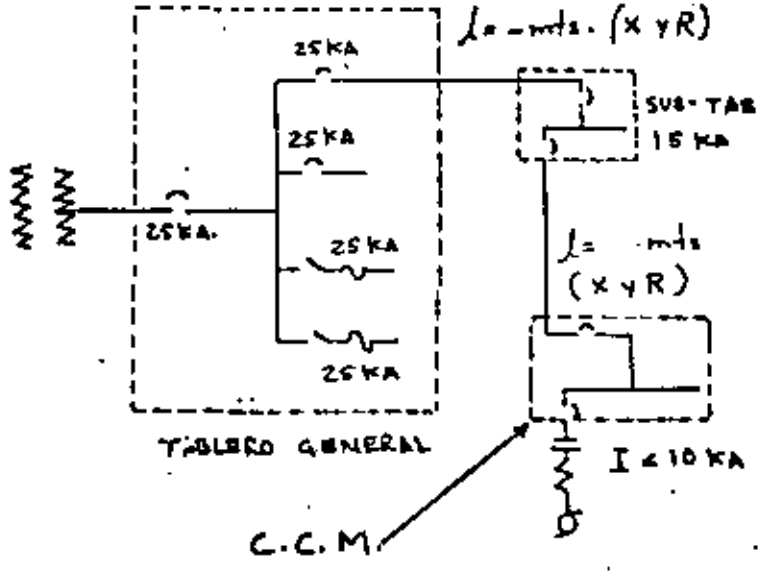
FALLAS MAS FRECUENTES EN LOS PROYECTOS ELECTRICOS

SELECCION DE DISPOSITIVOS DE PROTECCION

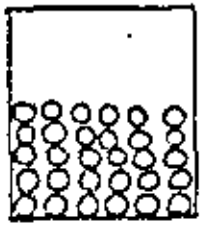
CONTRA SOBRECORRIENTE



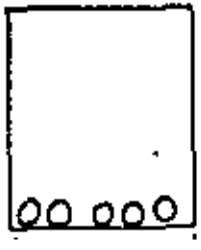
FUS. RENOV. TIPO H. 10 KA



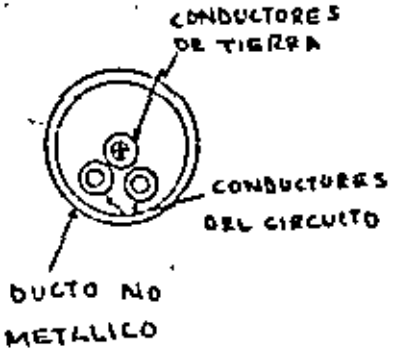
DETALLES CON CANALIZACIONES



NO DEBEN COLOCARSE MAS DE 30 CONDUCTORES EN DUCTOS METALICOS.

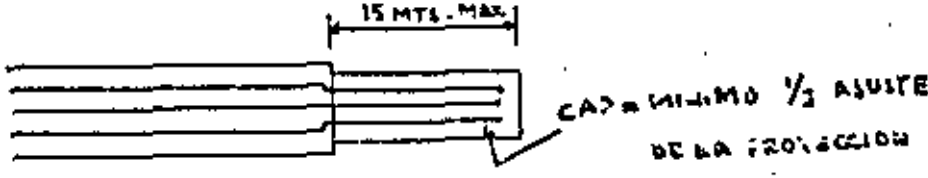


CUANDO SE OCUPA MENOS DEL 20% DEL AREA INTERIOR DEL DUCTO, PUEDEN NO APLICARSE LOS FACTORES DE AGRUPAMIENTO.

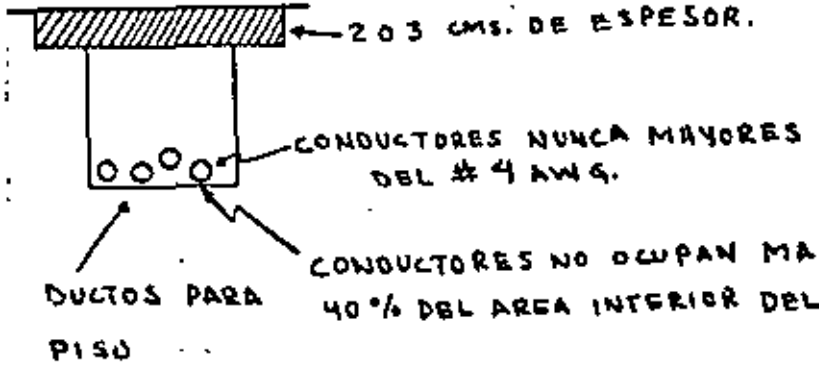


EN CANALIZACIONES NO METALICOS ES RECOMENDABLE INSTALAR UN CONDUCTOR DE TIERRA.

DETALLES SOBRE CANALIZACIONES.

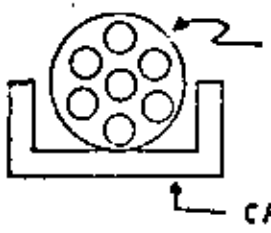


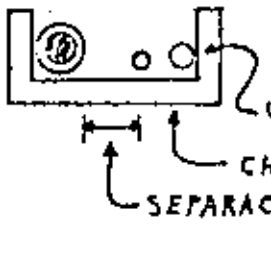
REDUCCION EN LA CAPACIDAD DE ELECTRODUCTOS

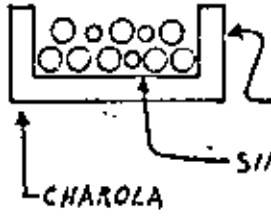


DETALLES CON CANALIZACIONES

21







PERSONAS AUTORIZADAS 22 PARA ENCARGARSE COMO RESPONSABLES DE PROYECTAR Y CONSTRUIR OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS.

ARTICULOS 210, 212 AL 215 Y 217 DEL REGLAMENTO VIGENTE DE LA LEY DE LA IND. ELEC.

I.- INGENIEROS.	TITULO Y CEDULA PROFESIONAL CERTIFICADO DE ESTUDIOS (INCLUYENDO MATERIAS CURSADAS).
II.- TECNICOS.	CERTIFICADO DE TECNICO. CERTIFICADO DE ESTUDIOS (INCLUYENDO MATERIAS CURSADAS).
III.- OBREROS CALIFICADOS.	CERTIFICADO DE ESTUDIOS (INCLUYENDO MAT. CURSADAS).

RESPONSABILIDADES DE LAS PERSONAS REGISTRADAS

PROYECTO

- OBSERVAR LOS REQUISITOS MINIMOS ESTABLECIDOS EN EL R.O.I.E.
- EQUIPO Y MATERIAL ELECTRICO REGISTRADO EN LA SEPAFIN.
- VERIFICAR QUE LOS PLANOS Y MEMORIAS DE CALCULO Y DE ESPECIFICACIONES DE MATERIALES ESTEN COMPLETOS Y ORDENADOS.

CONSTRUCCION

- AJUSTARSE AL PROYECTO APROBADO O EN SU CASO REPORTAR LOS CAMBIOS REALIZADOS INCLUYENDO SU JUSTIFICACION TECNICA.
- NO CONSTRUIR INSTALACIONES ELECTRICAS SI NO EXISTE PREVIAMENTE EL PROYECTO APROBADO.
- INSTALAR EQUIPO Y MATERIAL APROBADO EN LA SEPAFIN.
- VERIFICAR QUE LAS OBRAS ELECTRICAS SE AJUSTEN A LOS REQUISITOS DEL R.O.I.E.

FACULTADES DE LAS PERSONAS REGISTRAS COMO RESPONSABLES PARA.

PROYECTAR

- I.- INGENIEROS - SIN LIMITACIONES
- II.- TECNICOS - HASTA 100 KW EN ALTA O BAJA TENSION
- III.- OBREROS CALIFICADOS - HASTA 300 KW EN BAJA TENSION EXCLUSIVAMENTE EXCEPTO GRUAS, ELEVADORES Y MONTACARGAS

CONSTRUIR

- I.- INGENIEROS - SIN LIMITACIONES
- II.- TECNICOS - HASTA 1000 KW EN BAJA TENSION Y EN ALTA TENSION HASTA 23 KV DE TENSION.
- III.- OBREROS CALIFICADOS - HASTA 100 KW EN BAJA TENSION EXCEPTO: GRUAS, ELEVADORES Y MONTACARGAS.

MATERIAS BASICAS QUE DEBEN CONTENER LOS CERTIFICADOS DE ESTUDIOS

25

- **INGENIEROS**
  - PLANTAS GENERADORAS
  - LINEAS DE TRANSMISION
    - AEREAS
    - SUBTERRANEAS
  - SUBESTACIONES
    - TRASFORMADORAS
    - CONVERTIDORAS
    - DE ENLACE
  - SIST. DE UTILIZACION
    - FUERZA
    - ALUMBRADO
    - CONTACTOS
  - REDES DE DISTRIBUCION
    - AEREA
    - SUBTERRANEA
- **TECNICOS**
  - PLANTAS GENERADORAS
  - LINEAS DE TRANSMISION
  - SUBESTACIONES
  - SISTEMAS DE UTILIZACION
- **OBREROS CALIFICADOS**
  - SISTEMAS DE UTILIZACION

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUYENTES DE UNA INSTALACION ELECTRICA

ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

DOC. 1 ING. GUILLERMO AGUILAR CAMPUZANO.

TERCERA SESION.- Viernes ~~7 de julio~~ 26 de Octubre

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 alimen

#

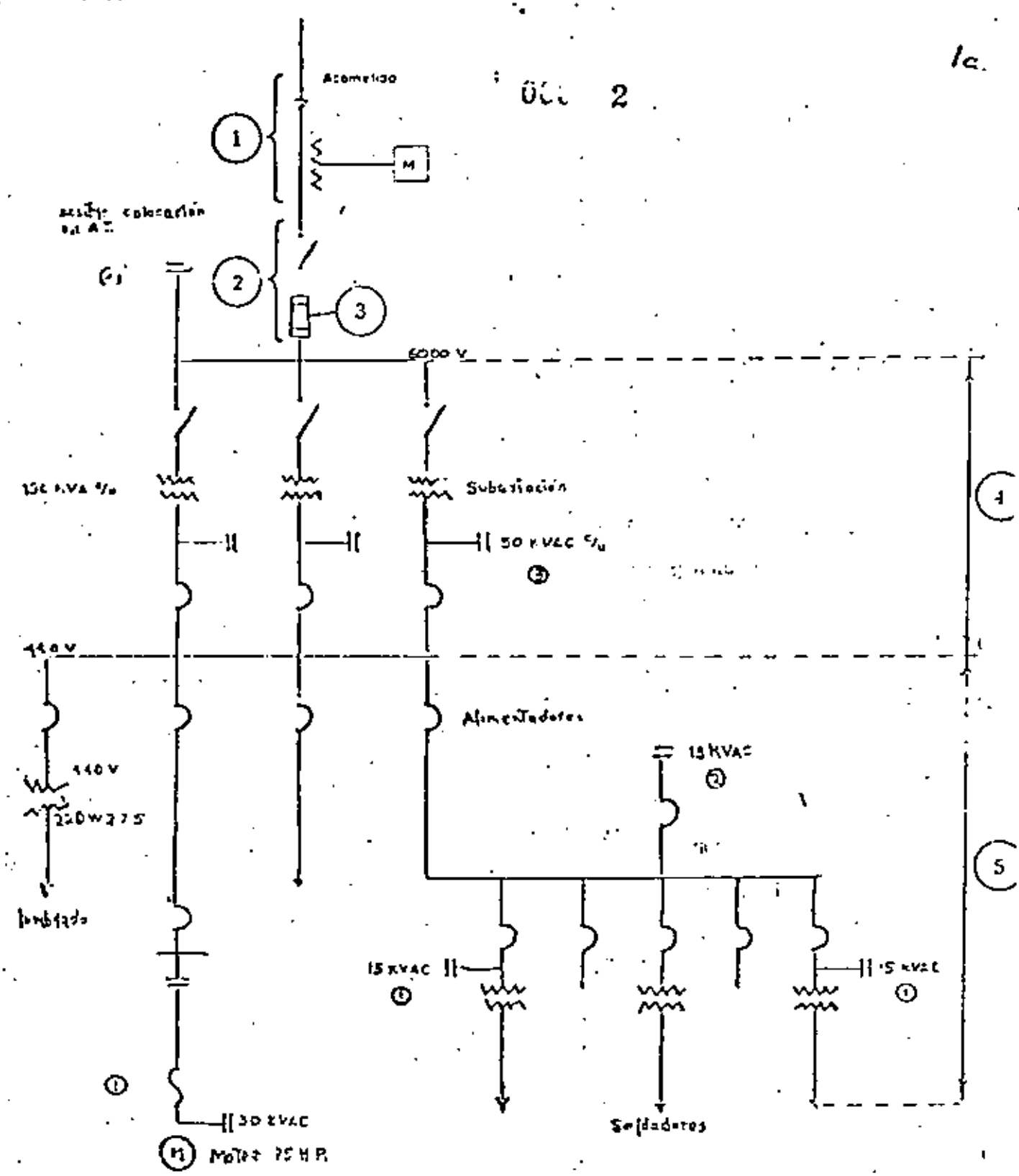

Acometida
1
M
2
3
6000 V
Subestación
50 KVAC
4
Alimentadores
15 KVAC
2
5
Bombeo
15 KVAC
1
15 KVAC
1
Soldadores
1
30 KVAC
M
Motor 75 H.P.

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 absorver o transformar la energía eléctrica, ya sea en energía luminosa (lámparas), energía mecánica (motores), energía térmica (calefactores), o en cualquier otra forma de energía, por lo que estos elementos constituyen los dispositivos de utilización de energía eléctrica.

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

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

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

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

1.- Cargas de alumbrado.
* Utilitaria.

- CARGAS
  - ALUMBRADO
    - UTILITARIA
    - ARQUITECTONICA
  - APARATOS
    - DEFINIDA
    - INDEFINIDA
  - MOTORES

* 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, presición 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 --

#

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

8

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Auditoriums.	
Reunión o asamblea	150
Exposición y exhibiciones	300
Bancos.	
Vestíbulos:	
General	500
Área de trabajo	700
Correspondencia, claves, etc.	1500
Bomberos (ver Servicios del Municipio).	
Correos (Oficinas de).	
Mesas del vestíbulo	300
Clasificación, fichero, etc.	1000
Escuelas.	
Lectura de textos impresos	300
Lectura de textos a lápiz	700
Lectura de textos en papel de copias:	
Buenas	300
Malas	1000
Sitios de dibujo y bancos de trabajo	1000
Pizarras	1500
Salón de costura	1500
Estaciones, cocheras y terminales.	
Salas de espera y salas para fumadores	300
Despacho de billetes: general, ventanilla, mostradores	1000
Facturación de equipajes	500
Andenes y almacenes	200
Servicios y lavabos	300
Galerías de arte.	
General	300
Sobre los cuadros (alumbrado suplementario)	300*
Para esculturas y demás objetos de arte	1000**
Hospitales	
Cuartos de anestesia y preparación	300
Autopsia y depósito de cadáveres:	
Sala de autopsias	1000
Mesa de autopsias	25000
Depósito general	200
Central esterilizadora:	
General	300
Afilado de agujas	1500
Departamento odontológico:	
General	700
Vitrina de instrumental	1500
Sillón dental	10000
Laboratorio, bancos	1000
Sala de recuperación	50
Sala de emergencia:	
General	1000
Local	20000
Sala de reconocimiento y tratamiento:	
General	500
Mesa de reconocimiento	1000
Salidas (nivel luminoso en el suelo)	50
Ojos, nariz, oído y garganta:	
Sala oscura	100
Sala de reconocimiento de ojos, oído, nariz y garganta	500
Sala de fracturas:	
General	500
Mesa de operaciones	2000
Laboratorios:	
Salas de ensayo	300
Mesas de trabajo	500
Trabajos delicados	1000
Bibliotecas	700
Salas de armarios	200
Vestíbulos y pasillos	300
Archivo de protocolos médicos	1000
Salas de enfermeras:	
General	200
Pupitres y diagramas	500
Despacho de medicinas	1000
Salas de trabajo de enfermeras	300
Cuna cuna:	
General	100
Mesa de reconocimiento	700
Pediatría y sala de juegos	300
Obstetricia:	
Salas de esterilización	300
Salas de consulta	200
Sala de partos, general	1000
Mesa de partos	25000
Farmacias:	
General	300
Mesas de trabajo	1000
Almacén de productos	300
Habitaciones y salas*	
General	100
Lectura	300
Locales para pacientes mentales	100
Trabajo con radioisótopos:	
Laboratorio radioquímico	300
Salón de medidas	200
Mesas de trabajo	500
Solariums	200
Almacenes:	
General	150
Oficinas	700
Cirugía:	
Salas de instrumentos y esterilización	300
Salas de limpieza (instrumentos)	1000
Salas de operaciones, general	1000
Mesas de operaciones	25000
Salas de recuperación	300
Radioterapia:	
Física	200
Aplicada	300
Lavabos	100
Otros locales	200
Salas de espera:	
General	150
Lectura	300
Rayos X:	
Radiografías, fluoroscopias y cámara oscura	100
Radioterapia profunda y superficial	100
Examen de pruebas	300
Archivos, películas reveladas	300
Almacén, películas sin revelar	100

* Los cuadros oscuros con detalles o ornamentos dorados deberán tener de 2 a 3 veces este nivel.
** A veces se requiere mucho más.

* De enfermos o heridos.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Hoteles.	
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
Despensas	100
Municipio (Servicios del); Bomberos y Policía.	
Policía:	
Ficheros de identificación	1500
Celdas y cuartos para interrogatorios	300
Bomberos:	
Dormitorio	200
Aparcamiento de coches y sala de recreo	300
Museos (ver Galerías de arte).	
Oficinas.	
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 conferencias, salas de visita, etc	300
Lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lapiz 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, auditoría, 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).	
Residencias.	
Tareas visuales concretas:	
Juegos de mesa	300
Cocinas:	
Pilas de cinc, fregaderos	700
Hornillos y superficies de trabajo	500
Lavaderos, cestos de ropa, planchas y tablas de planchar	500
Salones de lectura, escritura y estudio:	
Libros, revistas, periódicos	300

* Para exámenes meticulosos 500 lux

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
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 lisas 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:	
Vestíbulos, halls, escaleras, descansillos	100
Cuartos de estar, comedores, dormitorios, bibliotecas y salas de juegos	100
Cocina, lavandería, cuartos de baño	300
Restaurantes, cafeterías y bares.	
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
Tiendas.	
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 es menos, de 1/5 del nivel luminoso en las zonas inmediatas.
** Cuando las partituras son de formato inferior a las normales y hay anotaciones sobre las líneas se necesitan 1000 lux o más.

Niveles Mínimos de Iluminación Recomendados para el Alumbrado de Interiores Industriales

10

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Acero (ver Hierro y acero).	
Ajuste (Talleres del).	
Trabajo basto de fácil visión	300
Trabajo basto de difícil visión	500
Trabajo medio	1000
Trabajo fino	5000
Trabajo extra fino	10000
Almacenes y bodegas:	
De poco movimiento	50
Activos de mucho movimiento:	
Embalaje tosco	100
Embalaje medio	200
Embalaje fino	500
Arcilla (ver Cementos).	
Automóviles (Fábricas del).	
Ajuste del bastidor	500
Línea de montaje y ajuste de chasis	1000
Montaje final e inspección de línea	2000
Fabricación de la carrocería:	
Piezas	700
Acabado e inspección	2000
Aviación. Fábricas de aviones.	
Naves:	
De producción	1000
De inspección	2000
Fabricación de piezas:	
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
Aviación. Hangares (solamente servicio de reparaciones	1000
Azúcar (Industrias del).	
Departamento de chocolates:	
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
Departamento de caramelos:	
Mezclar, cocer, moldear	500
Cortar y seleccionar	1000
Envasar y empaquetar	1000
Azúcar (Refinerías de).	
Dosificación	500
Inspección del color	2000

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Bodegas (ver Almacenes y bodegas).	
Carbón (Volquetes automáticos y lavaderos del.	
Triturado y lavaderos	100
Selección	3000
Cartón (Fábricas de cajas del: Área general	500
Caucho (ver Goma).	
Cementos y derivados de la arcilla.	
Molido, prensas de filtro	300
Moldeado, lavado y prensado	300
Color y vidriado (trabajo duro); esmaltado	1000
Color y vidriado, trabajo fino	3000
Centrales eléctricas y subestaciones. Interiores.	
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 desaireadores evaporadores y calentadores	100
Habitaciones de control:	
Panel de interruptores (frente vertical):	
Secciones sencillas o dobles frente al operador:	
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 "dúplex" 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
Conservas (Fábricas del.	
Clasificación inicial de materias crudas	500
Tomates	1000
Selección de color (contado)	2000
Preparación:	
Selección preliminar:	
Albaricoques y melocotones	500
Tomates	1000
Aceitunas	1500
Cortado y selección final	1000
Conservado	
Enlatado continuo en cadena	1000
Empaquetado a mano	500
Aceitunas	1000
Examen de envasados	2000
Corte y confección.	
Inspección de paños	20000
Cortado y prensado	3000
Cosido	5000
Electricidad (ver Centrales eléctricas).	
Electricidad (Fabricación de equipos, eléctricos).	
Impregnación	500
Aislado, pintado de conductores	1000
Ensayos	1000

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Encuadernación.	
Doblar, montar, encolar, etc	700
Cortar, perforar y coser	700
Repujar e inspección	2000
Forja (Talleres de)	500
Fundiciones.	
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
Galvanizado	300
Garajes: Automóviles y camiones.	
Servicio de garajes:	
Reparaciones	1000
Zonas de tráfico activo	200
Garajes de aparcamiento:	
Entrada	500
Pistas y rampas	100
Aparcamiento	50
Goma (Mecanizado de artículos de).	
Preparación de la materia prima.	
Alambrado, emplastecido y tratado	300
Preparación del tejido, corte y telares	500
Moldeado y selección de productos, calibrado	500
Inspección	2000
Guantes (Fábricas de).	
Prensado y cortado	3000
Máquinas de hacer punto y selección	1000
Cosido e inspección	5000
Harina (Fábricas de).	
Molido, cernido, refinado	500
Empaquetado	300
Control de productos	1000
Cribas, limpiadoras, ascensores, pasillos, recipientes de control	300
Hierro y acero (Industria del).	
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

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Sala de máquinas y motores	300
Inspección:	
Chapas oscuras, chanqueta, cascajo	1000
Hojalata y otras superficies brillantes	1000
Imprentas.	
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
Inspección (Trabajos de).	
Ordinario	500
Difícil	1000
Bastante difícil	2000
Muy difícil	5000
Lo más difícil	10000
Lavanderías.	
Lavado	300
Planchado, clasificación y marcado	500
Acabado a máquina y con plancha. Clasificación	700
Planchado fino a mano	1000
Madera.	
Trabajos bastos y de banco	300
Medidas, cepillado, tijado basto, trabajos medios de banco y máquina encolado barnizado y tonelería	500
Trabajos finos de banco y máquina, pulido fino acabado	1000
Manipulado de materiales.	
Empaquetado, embalaje y etiqueta	500
Clasificación y distribución	200
Carga y colocación en camiones	200
Interior de camiones y coches de transporte	100
Metal. Trabajo en metales laminados.	
Prensado, cortado, estampado, taladrado, maquinaciones diversas, trabajo medio de banco	500
Inspección de estañado y galvanizado; trazado	2000
Neumáticos y tubos de goma (Fabricación del.	
Preparación de la materia prima:	
Alambrado, emplastecido y tratado	300
Preparación de productos: cortado, construcción de bordes	500
Máquinas de hacer tubo	500
Fábricas de neumáticos:	
Bandajes sólidos	300

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

+ 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 comodidad de contraste de luminancias.

	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).	
Trituración, molido y prensado	300
Acabado, cortado, aparejado y máquinas de hacer papel	500
Cortado a mano, máquinas de cortar e igualar	700
Bobinado de papel, inspección y laboratorios	1000
Retrabajado	1500
Piel (Fabricación de artículos de).	
Prensado, enrollado y glaseado	2000
Clasificación, cortado, acoplado y cosido	3000
Piel (Industrias de la). Cueros.	
Depósitos de limpieza, curtido y estirado	300
Cortado, descarnado y estopado	500
Acabado y cosido	1000
Piedras. Triturado y cribado.	
Cortes, transportadoras, espacios para canalizaciones, habitaciones de toboganes e interior de receptáculos	100
Sillas 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 Tintorería).	
Productos lácteos: Industrias de la leche.	
Habitación de hervido y almacén de botellas	300
Clasificación de botellas	500
Limpiado de botellas	*
Lavado de bidones y equipos de frío	300
Rellenado, inspección	1000
Indicadores, anclas y termómetros (parte vista)	500
Laboratorios	1000
Pasteurizadores, clasificadores y refrigeradores	300
Tanques depósitos:	
Interiores claros	200
Interiores oscuros	1000
Pulido y bruñido	1000
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 suficientemente bajo para proporcionar unas condiciones de contraste favorables.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Soldadura (Talleres de) (continuación)	
Iluminación general	500
Soldadura manual de arco. Gran precisión	10000
Sombreros (Fábricas de).	
Tinte, enderezado, acondicionado, limpieza y refinado	1000
Dar forma, tamaño, perforado, rebordeado, acabado y planchado	2000
Cosido e inspección	5000
Tabaco (Manipulado del).	
Secado, limpieza general	300
Clasificación y aparado	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, torcer, 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

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

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

Método de los lúmenes.

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

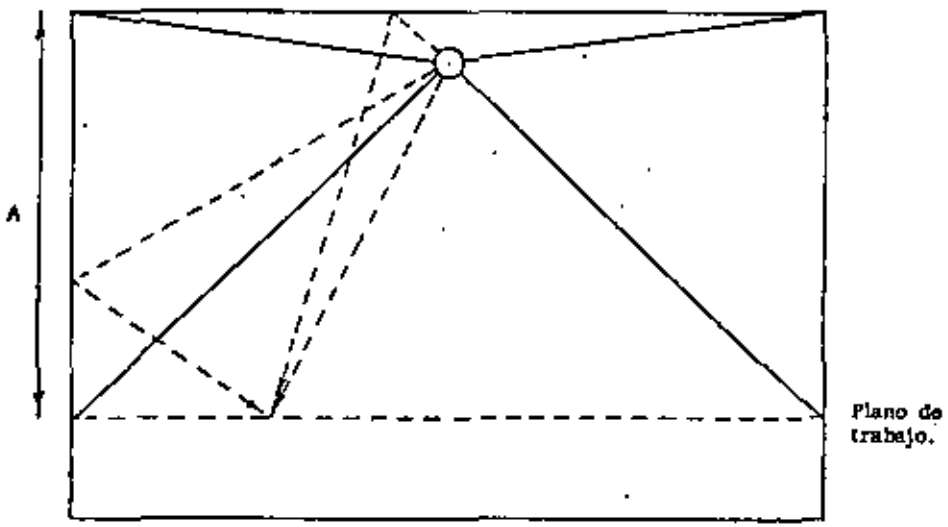
i Determinar el nivel requerido de iluminación.- De acuerdo a las tablas existentes, deberá determinarse el nivel de iluminación mínimo para el trabajo específico que se vaya a realizar.

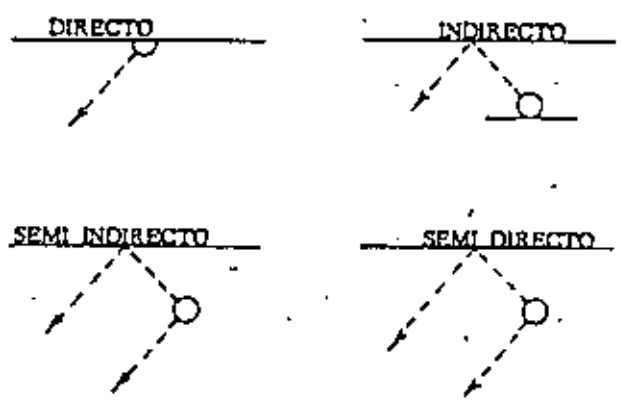
ii Seleccionar el sistema de alumbrado y las luminarias.- Los sistemas de alumbrado se clasifican de la siguiente manera:

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

	Nivel luminoso recomendado en Luxes (mínimo en trabajos en material)
Textiles (Fábricas) (continuación).	
Locales para generos grises:	
Borra	1500
Hilos	3000
Telas	700
Acabado, completado, pegado, tratado y bruñido	500
Tintes	1000
Acabado en seco:	
Preparado, acondicionado, planchado y teñido	700
Corte	1600
Inspección	20000
Textiles (Fábricas). Seda y lanas.	
Fabricación: enrollado colorado y acondicionamiento o colocación de hilos	300
Devanado, trenzado, retorcido, encanilado y enderezado:	
Materiales claros	500
Materiales oscuros	2000
Sala de telares (en sus diversas modalidades)	1000
Hilado en peinet o sobre alambres en los telares	1000
Teñido	1000
Tintorerías. Planchado y limpiado en seco.	
Reconocimiento y clasificación	500
Limpieza en seco, humedad y al vapor	500

	Nivel luminoso recomendado en Luxes (mínimo en trabajos en material)
Inspección y localización de manchas	5000
Planchado a mano y máquina	1500
Reparaciones y modificaciones	2000
Vidrio (Fábrica del).	
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, batido, mezclado y preparación del caucho	300
Barnizado, vulcanizado, alisado y cortado de suelas	500
Laminado de suelas, tornado y 287, proceso de fabricación y acabado	1000
Zapaterías. Trabajo en material.	
Nave de corte, marcado, ojales, raspar, clasificar y control en materiales oscuros	3000
Fabricación y acabado, tacado, tinturado, barnizado, vulcanizado, corte de las suelas y pales, repuse de, forrado, laminado, limpiado, teñido, alisado, pulido y estampado	2000





* 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 reflección 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-

dices 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 -

18

Indice del Local 18

(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	8.75	10.05	11.90	14.65	15.20
		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	5.80	7.00	8.25	10.05	13.10
2.45	3.05	H	I	J	J	J	J								
	3.65	H	I	I	J	J	J	J							
	4.26	G	H	I	J	J	J	J							
	4.87	G	H	I	I	J	J	J							
	5.48	G	H	I	I	J	J	J	J						
	6.10	G	H	I	I	J	J	J	J						
	7.30	G	H	H	I	J	J	J	J	J					
	9.15	F	G	H	I	I	J	J	J	J					
	10.65	F	G	H	I	I	J	J	J	J	J				
	12.20	F	G	H	I	I	I	J	J	J	J				
	15.25	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
3.05	3.05	H	H	I	J	J	J	J							
	3.65	G	H	I	I	J	J	J							
	4.26	G	H	I	I	J	J	J	J						
	4.87	F	H	H	I	I	J	J	J						
	5.48	F	G	H	I	I	J	J	J						
	6.10	F	G	H	I	I	J	J	J	J					
	7.30	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
	9.15	F	G	G	H	I	I	I	J	J	J				
	10.65	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	12.20	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J			
	15.25	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J			
	18.30	E	F	G	G	H	I	I	J	J	J	J			
	21.35	F	F	G	G	H	H	I	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	H	I	I	J	J						
	5.48	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
	6.10	F	G	G	H	I	I	I	J	J	J				
	7.30	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	9.15	E	F	G	G	H	I	I	J	J	J				
	10.65	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J	J			
	12.20	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J			
	15.25	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J		
	18.30	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J		
	21.35	D	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J	J		
	24.40	D	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J		
	30.50	D	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J		
4.25	4.26	F	G	H	H	I	I	J	J	J					
	4.87	F	G	G	H	I	I	I	J	J					
	5.48	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	6.10	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	7.30	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J				
	9.15	E	F	F	G	H	H	H	I	J	J				
	10.65	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J			
	12.20	D	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J	J		
	15.25	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J		
	18.30	D	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J		
	21.35	D	E	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J		
	24.40	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J		
	30.50	D	E	F	F	G	G	G	H	I	I	J	J		
4.85	4.87	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	5.48	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	6.10	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J				
	7.30	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J			
	9.15	D	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J			
	10.65	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J		
	12.20	D	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J		
	15.25	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J	
	18.30	C	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J	J	
	21.35	C	D	E	F	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J
	24.40	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	J
	30.50	C	D	F	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J
5.50	5.48	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J				
	6.10	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J				
	7.30	D	E	F	G	G	H	H	I	I	J	J			
	9.15	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J			
	10.65	D	E	E	F	F	G	H	H	I	I	J	J		
	12.20	C	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J		
	15.25	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	
	18.30	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	
	21.35	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J	
	24.40	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J	J	J
	30.50	C	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J
	36.60	C	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J

Indice 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	19.70
6.10	8.10	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J					
	7.30	D	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J					
	8.15	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J				
	10.65	C	D	E	E	F	G	G	H	I	I	J	J				
	12.20	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J				
	15.25	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J			
	18.30	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	21.35	C	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	24.40	B	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J		
	30.50	B	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J		
	36.60	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J	J		
	42.70	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J	J		
7.30	7.30	D	E	E	F	F	G	G	H	I	I	J	J				
	8.15	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J				
	10.65	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J	J				
	12.20	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	15.25	B	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	18.30	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J			
	21.35	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J	J		
	24.40	B	C	C	D	E	E	E	F	G	H	I	I	J	J		
	30.50	B	B	C	C	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J		
	36.60	B	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
	42.70	A	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
8.15	9.15	C	D	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	10.65	B	C	D	E	E	F	F	G	H	H	I	J	J			
	12.20	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J			
	15.25	B	C	C	D	E	E	F	F	G	G	H	I	J			
	18.30	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	21.35	A	B	C	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	24.40	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J		
	30.50	A	B	B	C	D	D	E	E	F	F	H	H	I	J	J	
	36.60	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J	
	42.70	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	G	G	H	J	J	
10.65	10.65	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	I	J			
	12.20	B	C	C	D	E	E	E	F	G	G	H	I	J			
	15.25	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	18.30	A	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	I	I	J		
	21.35	A	B	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J		
	24.40	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J		
	30.50	A	A	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	36.60	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	42.70	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	G	H	J	J	
12.20	12.20	B	B	C	D	D	E	E	F	G	G	H	I	J	J		
	15.25	A	B	C	C	D	D	E	E	F	G	H	H	J	J		
	18.30	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	J	J	J	
	21.35	A	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J	
	24.40	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	30.50	A	A	B	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	J	J	J
	36.60	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	42.70	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
15.25	15.25	A	A	B	C	C	D	D	E	F	F	G	H	I	J	J	
	18.30	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	21.35	A	A	B	B	C	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	
	24.40	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	30.50	A	A	A	B	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J
	36.60	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	F	G	I	J	J
	42.70	A	A	A	A	B	B	B	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	51.80	A	A	A	A	A	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	60.95	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
18.30	18.30	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	21.35	A	A	A	B	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	24.40	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	F	H	I	J	J
	30.50	A	A	A	A	B	B	B	C	D	D	E	F	G	H	I	J
	36.60	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
	42.70	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
	51.80	A	A	A	A	A	A	B	B	C	D	E	E	F	H	I	I
	60.95	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	E	E	F	G	H	I
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	B	C	C	D	E	F	G	H	H
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	D	F	F	H	H
30.50	30.50	A	A	A	A	A	A	A	B	C	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	A	B	C	D	E	F	G	H
36.60	36.60	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	D	E	F	G	H
	43.80	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	E	F	G	H
	60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	D	E	F	G

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

Indice del local	Relación 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.

21

Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado Directa	Distribución	Distancia para lámpara en interior a	Factor de mantenimiento	Relaciones							
					Techo	70%			50%		30%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	30%	10%
					Índice cavidad	Coeficientes de utilización						
Incandescentes	Directa Reflector de cúpula R-LM	79	1.5 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.55	J	0.33	0.29	0.25	0.32	0.28	0.25	0.28	0.25
					I	0.40	0.34	0.33	0.40	0.34	0.33	0.34	0.33
					H	0.47	0.43	0.41	0.47	0.43	0.41	0.42	0.39
					G	0.54	0.49	0.45	0.53	0.49	0.45	0.48	0.45
					F	0.59	0.54	0.50	0.59	0.54	0.50	0.53	0.50
					E	0.65	0.61	0.57	0.64	0.60	0.57	0.59	0.57
					D	0.69	0.65	0.62	0.68	0.64	0.62	0.63	0.61
					C	0.72	0.69	0.65	0.70	0.67	0.65	0.66	0.64
					B	0.76	0.73	0.70	0.74	0.72	0.69	0.70	0.69
					A	0.79	0.76	0.73	0.77	0.74	0.72	0.72	0.71
	Directa Intemperie dura Haz medio.	71	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.71 Malo 0.72 1000-1500 W Bueno 0.75 Medio 0.72 Malo 0.68	J	0.43	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
					I	0.50	0.47	0.45	0.49	0.47	0.45	0.47	0.45
					H	0.55	0.52	0.49	0.54	0.51	0.49	0.51	0.50
					G	0.59	0.56	0.54	0.58	0.55	0.53	0.55	0.53
					F	0.61	0.59	0.57	0.61	0.59	0.56	0.58	0.56
					E	0.65	0.62	0.61	0.64	0.61	0.60	0.61	0.60
					D	0.67	0.65	0.63	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
					C	0.69	0.66	0.65	0.67	0.66	0.64	0.65	0.64
					B	0.70	0.69	0.67	0.69	0.68	0.66	0.67	0.66
					A	0.71	0.70	0.69	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67
	Directa Intemperie dura Haz estrecho.	70	0.9 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.80 Medio 0.71 Malo 0.73 1000-1500 W Bueno 0.75 Medio 0.72 Malo 0.68	J	0.49	0.47	0.45	0.45	0.47	0.45	0.47	0.45
					I	0.53	0.50	0.49	0.52	0.50	0.48	0.49	0.48
					H	0.57	0.54	0.52	0.55	0.54	0.52	0.53	0.52
					G	0.61	0.59	0.56	0.59	0.58	0.56	0.57	0.56
					F	0.64	0.61	0.59	0.63	0.61	0.59	0.60	0.59
					E	0.67	0.64	0.62	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
					D	0.69	0.67	0.65	0.68	0.66	0.65	0.65	0.64
					C	0.70	0.68	0.67	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66
					B	0.72	0.70	0.69	0.71	0.69	0.68	0.68	0.67
					A	0.73	0.71	0.70	0.72	0.71	0.69	0.70	0.69
	Directa Lámpara reflectora R-52 Haz ancho 500 y 750 w.	100	1.0 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.70 Malo 0.75	J	0.50	0.49	0.47	0.49	0.48	0.47	0.48	0.47
					I	0.57	0.55	0.54	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53
					H	0.60	0.59	0.57	0.59	0.58	0.57	0.58	0.57
					G	0.63	0.62	0.61	0.62	0.61	0.60	0.61	0.60
					F	0.67	0.66	0.64	0.65	0.64	0.63	0.64	0.63
					E	0.69	0.68	0.67	0.68	0.67	0.66	0.67	0.66
					D	0.70	0.69	0.68	0.69	0.68	0.67	0.68	0.67
					C	0.71	0.70	0.69	0.70	0.69	0.68	0.69	0.68
					B	0.72	0.71	0.70	0.71	0.70	0.69	0.70	0.69
					A	0.73	0.72	0.71	0.72	0.71	0.70	0.71	0.70
	Directa Lámpara reflectora R-57 Haz estrecho 500 y 750 w.	100	0.7 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.70 Malo 0.75	J	0.64	0.62	0.60	0.63	0.62	0.60	0.62	0.60
					I	0.75	0.71	0.69	0.74	0.71	0.68	0.70	0.69
					H	0.79	0.76	0.73	0.77	0.74	0.72	0.74	0.72
					G	0.85	0.81	0.78	0.84	0.81	0.78	0.80	0.78
					F	0.88	0.85	0.82	0.87	0.84	0.82	0.84	0.82
					E	0.91	0.89	0.86	0.90	0.87	0.85	0.86	0.85
					D	0.93	0.91	0.89	0.92	0.90	0.88	0.89	0.88
					C	0.96	0.93	0.91	0.94	0.92	0.90	0.91	0.89
					B	0.98	0.96	0.93	0.96	0.94	0.92	0.93	0.91
					A	1.00	0.98	0.95	1.00	0.96	0.93	0.95	0.93
Vapor de mercurio	Directa Ventilada de aluminio para grandes alturas. Haz ancho. 400 w. H.33-1-CD	77	1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.36	0.34	0.32	0.35	0.34	0.32	0.34	0.32
					I	0.41	0.43	0.45	0.41	0.43	0.45	0.43	0.43
					H	0.53	0.49	0.46	0.52	0.49	0.46	0.49	0.46
					G	0.59	0.55	0.52	0.54	0.54	0.52	0.54	0.51
					F	0.63	0.59	0.56	0.62	0.59	0.56	0.58	0.56
					E	0.68	0.64	0.62	0.67	0.64	0.61	0.63	0.61
					D	0.71	0.67	0.65	0.69	0.67	0.65	0.66	0.64
					C	0.72	0.70	0.67	0.71	0.69	0.67	0.68	0.66
					B	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.71	0.70
					A	0.77	0.74	0.73	0.75	0.74	0.72	0.73	0.71
	Directa Ventilada de aluminio para grandes alturas. Haz medio. 400 w. H.33-1-CD	77	0.7 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.40	0.43	0.41	0.43	0.43	0.41	0.43	0.41
					I	0.54	0.51	0.49	0.53	0.51	0.49	0.50	0.48
					H	0.59	0.56	0.53	0.56	0.55	0.53	0.55	0.53
					G	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.57	0.59	0.57
					F	0.65	0.63	0.60	0.65	0.62	0.60	0.62	0.60
					E	0.69	0.67	0.65	0.65	0.66	0.64	0.65	0.64
					D	0.71	0.69	0.67	0.70	0.68	0.67	0.68	0.66
					C	0.73	0.71	0.69	0.72	0.70	0.68	0.69	0.68
					B	0.75	0.73	0.71	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70
					A	0.76	0.75	0.73	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71
	Directa Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz estrecho. 400 w. H.33-1-CLUC	77	0.8 x Altura de montaje	Bueno 0.73 Medio 0.68 Malo 0.63	J	0.51	0.48	0.46	0.51	0.48	0.46	0.49	0.46
					I	0.56	0.53	0.53	0.51	0.55	0.53	0.55	0.53
					H	0.62	0.59	0.57	0.61	0.59	0.57	0.59	0.57
					G	0.66	0.63	0.61	0.65	0.63	0.61	0.63	0.61
					F	0.69	0.66	0.64	0.68	0.66	0.64	0.65	0.64
					E	0.72	0.70	0.68	0.71	0.69	0.69	0.69	0.67
					D	0.74	0.72	0.70	0.73	0.71	0.70	0.70	0.69
					C	0.75	0.74	0.72	0.74	0.73	0.71	0.72	0.71
					B	0.77	0.76	0.74	0.76	0.75	0.73	0.73	0.73
					A	0.78	0.77	0.75	0.77	0.76	0.74	0.74	0.74
	Directa Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz ancho. 700 a 1000 w. Vap. merc. alta Cont.	77	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.68 Medio 0.63 Malo 0.58	J	0.39	0.36	0.33	0.39	0.36	0.33	0.36	0.33
					I	0.46	0.44	0.41	0.43	0.44	0.41	0.43	0.41
					H	0.53	0.50	0.47	0.52	0.49	0.47	0.49	0.47
					G	0.59	0.55	0.52	0.58	0.54	0.52	0.54	0.52
					F	0.63	0.59	0.56	0.62	0.58	0.56	0.58	0.56
					E	0.67	0.64	0.61	0.66	0.63	0.61	0.63	0.61
					D	0.70	0.67	0.65	0.69	0.66	0.64	0.66	0.64
					C	0.72	0.70	0.67	0.71	0.69	0.67	0.68	0.66
					B	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.71	0.69
					A	0.77	0.75	0.73	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71

Coeficientes de Utilización 22

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre luminarias (altura)	Factor de mantenimiento	Reflectancias: Techo	70%			50%			30%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					Indice local	Coeficientes de utilización							
Vapor de mercurio	Directa Ventilada de aluminio pintado blanco, haz estrecho, 700 a 1000 w, vapor merc. color corr.	0 / 1 / 1 / 78	0.9 × Altura de montaje	Bueno 0.68 Medio 0.63 Malo 0.58	J	0.50	0.47	0.45	0.50	0.47	0.45	0.47	0.45
					I	0.57	0.54	0.52	0.57	0.54	0.52	0.54	0.52
					H	0.62	0.58	0.57	0.62	0.59	0.57	0.59	0.57
					G	0.66	0.63	0.61	0.66	0.63	0.61	0.63	0.61
					F	0.69	0.67	0.64	0.69	0.66	0.64	0.66	0.64
					E	0.73	0.71	0.68	0.73	0.70	0.68	0.67	0.66
					D	0.75	0.73	0.71	0.74	0.73	0.70	0.71	0.70
					C	0.77	0.75	0.73	0.76	0.74	0.73	0.73	0.72
					B	0.78	0.77	0.75	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74
					A	0.80	0.78	0.77	0.79	0.77	0.76	0.76	0.75
	Directa Aluminio blanco alturas con cristal, 700 a 1000 w, vapor mercurio, color corriente	0 / 1 / 1 / 69	0.9 × Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.72 Malo 0.68	J	0.45	0.42	0.40	0.44	0.42	0.40	0.42	0.40
					I	0.51	0.48	0.47	0.50	0.48	0.46	0.44	0.46
					H	0.55	0.53	0.51	0.55	0.52	0.51	0.52	0.50
					G	0.59	0.56	0.54	0.58	0.56	0.54	0.55	0.54
					F	0.61	0.59	0.57	0.61	0.58	0.57	0.58	0.57
					E	0.64	0.62	0.60	0.63	0.61	0.60	0.61	0.60
					D	0.66	0.64	0.63	0.65	0.64	0.62	0.63	0.62
					C	0.67	0.65	0.64	0.66	0.65	0.63	0.64	0.63
					B	0.69	0.66	0.66	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65
					A	0.70	0.69	0.67	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66
	Directa Ventilada para bajas alturas 400 w H33-1 GL.C	0 / 1 / 1 / 76	1.3 × Altura de montaje	Bueno 0.72 Medio 0.68 Malo 0.63	J	0.35	0.32	0.29	0.35	0.31	0.29	0.31	0.29
					I	0.43	0.39	0.37	0.43	0.39	0.37	0.39	0.36
					H	0.49	0.45	0.42	0.49	0.45	0.42	0.44	0.42
					G	0.55	0.51	0.49	0.54	0.50	0.47	0.49	0.47
					F	0.57	0.55	0.52	0.56	0.54	0.52	0.54	0.51
					E	0.64	0.60	0.58	0.63	0.60	0.57	0.59	0.57
					D	0.67	0.64	0.61	0.66	0.63	0.61	0.62	0.60
					C	0.69	0.66	0.64	0.68	0.66	0.63	0.65	0.63
					B	0.73	0.70	0.68	0.71	0.69	0.67	0.68	0.67
					A	0.74	0.72	0.70	0.73	0.71	0.69	[illegible]	[illegible]
	Directa Ventilada de pared para lámparas para bajas alturas 400 w H33-1 GL.C	0 / 1 / 1 / 84	1.5 × Altura de montaje	Bueno 0.73 Medio 0.68 Malo 0.63	J	0.34	0.30	0.27	0.34	0.31	0.27	0.30	0.27
					I	0.44	0.39	0.35	0.43	0.39	0.35	0.38	0.35
					H	0.50	0.46	0.42	0.49	0.45	0.42	0.45	0.42
					G	0.57	0.52	0.48	0.56	0.52	0.48	0.51	0.48
					F	0.62	0.58	0.54	0.61	0.57	0.54	0.56	0.53
					E	0.67	0.64	0.61	0.67	0.63	0.60	0.63	0.60
					D	0.73	0.69	0.66	0.71	0.68	0.65	0.67	0.64
					C	0.76	0.72	0.69	0.74	0.72	0.69	0.70	0.68
					B	0.79	[illegible]	0.73	0.78	0.75	0.73	0.74	0.72
					A	0.81	0.79	0.76	0.80	0.77	0.75	0.76	0.74
	Directa Intermedia dura haz ancho, 400 w H33-1 CD	0 / 1 / 1 / 64	1.5 × Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.72 Malo 0.68	J	0.37	0.34	0.32	0.37	0.34	0.32	0.34	0.32
					I	0.40	0.37	0.35	0.39	0.36	0.34	0.36	0.34
					H	0.45	0.42	0.39	0.44	0.42	0.39	0.41	0.39
					G	0.49	0.46	0.44	0.48	0.46	0.44	0.45	0.43
					F	0.52	0.50	0.47	0.52	0.49	0.47	0.48	0.47
					E	0.56	0.54	0.52	0.55	0.53	0.51	0.53	0.51
					D	0.59	0.57	0.55	0.58	0.56	0.54	0.55	0.54
					C	0.61	0.58	0.56	0.60	0.58	0.56	0.57	0.55
					B	0.63	0.61	0.59	0.62	0.60	0.58	0.59	0.57
					A	0.64	0.62	0.61	0.63	0.61	0.59	0.60	0.59
	Directa Intermedia dura haz estrecho 400 w H33-1 CD	0 / 1 / 1 / 62	0.5 × Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.72 Malo 0.68	J	0.42	0.40	0.39	0.42	0.40	0.39	0.40	0.39
					I	0.48	0.45	0.44	0.47	0.45	0.44	0.45	0.44
					H	0.50	0.47	0.47	0.50	0.48	0.47	0.48	0.47
					G	0.54	0.52	0.50	0.53	0.51	0.50	0.51	0.50
					F	0.56	0.54	0.52	0.55	0.53	0.52	0.53	0.52
					E	0.58	0.56	0.55	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54
					D	0.60	0.58	0.57	0.59	0.58	0.56	0.57	0.56
					C	0.61	0.59	0.58	0.60	0.59	0.58	0.58	0.57
					B	0.62	0.61	0.60	0.61	0.60	0.59	0.59	0.58
					A	0.63	0.62	0.61	0.62	0.61	0.60	0.60	0.59
	Directa Intermedia dura haz mediano 1000 w H34-1 GSV, H36-1 GSV	0 / 1 / 1 / 61	0.7 × Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.67 Malo 0.63	J	0.34	0.31	0.29	0.34	0.31	0.29	0.31	0.29
					I	0.40	0.37	0.35	0.40	0.37	0.35	0.37	0.35
					H	0.45	0.42	0.40	0.44	0.42	0.40	0.42	0.40
					G	0.49	0.46	0.44	0.48	0.46	0.44	0.45	0.43
					F	0.52	0.49	0.47	0.51	0.49	0.47	0.48	0.47
					E	0.55	0.53	0.51	0.54	0.52	0.50	0.52	0.50
					D	0.57	0.55	0.53	0.56	0.54	0.53	0.53	0.52
					C	0.58	0.57	0.55	0.57	0.55	0.54	0.55	0.53
					B	0.60	0.59	0.58	0.59	0.58	0.57	0.57	0.56
					A	0.62	0.60	0.59	0.60	0.59	0.58	0.58	0.57
	Directa Lámpara reflectora R 51, haz ancho, 400 w H33-1 RV	0 / 1 / 1 / 96	1.3 × Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.75 Malo 0.70	J	0.38	0.33	0.29	0.38	0.33	0.29	0.32	0.29
					I	0.48	0.42	0.38	0.47	0.42	0.38	0.41	0.38
					H	0.56	0.49	0.45	0.54	0.49	0.45	0.48	0.44
					G	0.63	0.57	0.53	0.61	0.56	0.53	0.55	0.51
					F	0.67	0.62	0.57	0.65	0.61	0.57	0.59	0.56
					E	0.70	0.66	0.62	0.69	0.65	0.61	0.64	0.61
					D	0.74	0.70	0.67	0.72	0.69	0.66	0.68	0.65
					C	0.77	0.73	0.70	0.75	0.72	0.69	0.71	0.68
					B	0.80	0.76	0.73	0.77	0.74	0.71	0.73	0.70
					A	0.83	0.79	0.75	0.80	0.77	0.74	0.76	0.73
	Directa Lámpara reflectora R 57, haz medio 400 w H33-1 RS	0 / 1 / 1 / 93	0.8 × Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.75 Malo 0.70	J	0.43	0.41	0.39	0.41	0.39	0.37	0.39	0.37
					I	0.58	0.53	0.50	0.57	0.53	0.49	0.52	0.49
					H	0.65	0.60	0.56	0.64	0.59	0.56	0.58	0.55
					G	0.72	0.65	0.61	0.70	0.65	0.62	0.64	0.61
					F	0.76	0.71	0.67	0.75	0.70	0.66	0.69	0.66
					E	0.82	0.77	0.74	0.80	0.76	0.73	0.74	0.72
					D	0.86	0.82	0.78	0.84	0.80	0.77	0.79	0.76
					C	0.89	0.85	0.80	0.87	0.83	0.80	0.81	0.78
					B	0.92	0.89	0.84	0.89	0.86	0.84	0.84	0.82
					A	0.95	0.92	0.89	0.91	0.89	0.87	0.86	0.85

© Coeficientes de Utilización 23

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas adyacentes	Factor de mantenimiento	Reflexiones								
					Techo	70%			50%			30%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					Índice local	Coeficientes de utilización							
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas T-12	12 / 1 / 24	1.4 × Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22	0.25	0.21
					I	0.29	0.24	0.20	0.28	0.24	0.20	0.23	0.20
					H	0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.36	0.39	0.36
					G	0.54	0.48	0.44	0.52	0.47	0.43	0.45	0.42
					F	0.61	0.53	0.47	0.59	0.52	0.46	0.50	0.43
					E	0.65	0.60	0.56	0.62	0.57	0.54	0.56	0.53
					D	0.70	0.65	0.61	0.66	0.61	0.58	0.59	0.56
					C	0.75	0.69	0.65	0.70	0.65	0.63	0.63	0.61
					B	0.79	0.73	0.70	0.72	0.68	0.64	0.67	0.65
					A	0.83	0.77	0.74	0.76	0.74	0.73	0.70	0.69
	Semidirecta 2 lámparas 40 w y "Sombra"	11 / 1 / 24	1.3 × Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.25	0.22	0.30	0.25	0.22	0.26	0.22
					I	0.29	0.24	0.20	0.29	0.24	0.20	0.23	0.20
					H	0.46	0.41	0.37	0.45	0.41	0.37	0.39	0.35
					G	0.53	0.47	0.44	0.51	0.46	0.43	0.46	0.42
					F	0.58	0.53	0.49	0.56	0.52	0.47	0.50	0.47
					E	0.63	0.59	0.55	0.61	0.56	0.55	0.56	0.54
					D	0.67	0.64	0.61	0.66	0.62	0.59	0.60	0.58
					C	0.72	0.68	0.65	0.69	0.65	0.63	0.63	0.61
					B	0.76	0.72	0.70	0.72	0.69	0.67	0.67	0.65
					A	0.79	0.76	0.73	0.75	0.73	0.71	0.70	0.69
	Semidirecta 2 lámparas T-12 con rejilla difusora de 23°	10 / 1 / 60	1.2 × Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.27	0.23	0.20	0.26	0.22	0.20	0.22	0.19
					I	0.36	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.29	0.26
					H	0.43	0.36	0.33	0.39	0.36	0.32	0.34	0.31
					G	0.47	0.42	0.39	0.44	0.41	0.37	0.39	0.36
					F	0.51	0.45	0.43	0.48	0.45	0.41	0.43	0.40
					E	0.52	0.53	0.49	0.51	0.49	0.47	0.47	0.45
					D	0.58	0.57	0.55	0.57	0.56	0.53	0.51	0.49
					C	0.63	0.60	0.59	0.61	0.59	0.54	0.53	0.51
					B	0.67	0.64	0.61	0.63	0.60	0.58	0.56	0.55
					A	0.70	0.67	0.64	0.64	0.63	0.60	0.57	0.54
	Semidirecta 2 lámparas de Alta Emisión de 1.5 amps.	15 / 1 / 64	1.3 × Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.24	0.23	0.20	0.23	0.21	0.20	0.21	0.20
					I	0.35	0.32	0.29	0.32	0.31	0.28	0.30	0.27
					H	0.43	0.38	0.34	0.40	0.37	0.33	0.36	0.33
					G	0.47	0.44	0.39	0.44	0.42	0.37	0.41	0.38
					F	0.54	0.49	0.45	0.51	0.47	0.44	0.45	0.43
					E	0.63	0.55	0.51	0.55	0.53	0.50	0.50	0.48
					D	0.64	0.60	0.56	0.59	0.57	0.54	0.54	0.51
					C	0.67	0.63	0.60	0.63	0.60	0.57	0.55	0.54
					B	0.70	0.67	0.64	0.65	0.63	0.60	0.59	0.58
					A	0.73	0.70	0.67	0.67	0.66	0.64	0.62	0.61
	Semidirecta Lámpara Baja Temperatura de 100 w con plástico extensor	10 / 1 / 62	1.4 × Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.24	0.19	0.15	0.23	0.19	0.15	0.18	0.15
					I	0.31	0.26	0.21	0.29	0.25	0.21	0.23	0.20
					H	0.38	0.31	0.26	0.34	0.31	0.26	0.29	0.25
					G	0.42	0.36	0.32	0.39	0.34	0.30	0.33	0.29
					F	0.46	0.40	0.36	0.43	0.39	0.34	0.36	0.33
					E	0.51	0.45	0.41	0.45	0.42	0.39	0.41	0.38
					D	0.54	0.48	0.45	0.51	0.47	0.44	0.44	0.41
					C	0.57	0.53	0.49	0.54	0.50	0.47	0.47	0.44
					B	0.60	0.57	0.53	0.57	0.53	0.51	0.50	0.48
					A	0.63	0.60	0.57	0.59	0.57	0.54	0.54	0.52

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas adyacentes	Factor de mantenimiento	Reflexiones								
					Techo	80%			70%			50%	
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Índice local	Coeficientes de utilización							
Incandescente	Directa 6 reflectores con lámpara prismática	9 / 1 / 63	1.5 × Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.33	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27	0.33	0.29	0.27
					I	0.41	0.37	0.34	0.41	0.37	0.34	0.40	0.37	0.34
					H	0.45	0.41	0.38	0.45	0.41	0.37	0.44	0.41	0.38
					G	0.50	0.46	0.43	0.49	0.45	0.43	0.48	0.45	0.43
					F	0.53	0.49	0.46	0.52	0.48	0.46	0.51	0.48	0.46
					E	0.56	0.53	0.51	0.54	0.52	0.50	0.54	0.52	0.50
					D	0.59	0.56	0.54	0.58	0.54	0.53	0.57	0.55	0.53
					C	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.55	0.58	0.56	0.55
					B	0.62	0.60	0.59	0.61	0.59	0.58	0.60	0.58	0.57
					A	0.63	0.62	0.60	0.62	0.61	0.60	0.61	0.60	0.59
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas de 40 w y "Sombra" Sin reflector	19 / 1 / 68	1.3 × Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.24	0.21	0.29	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21
					I	0.38	0.33	0.29	0.37	0.32	0.28	0.36	0.31	0.28
					H	0.45	0.39	0.35	0.44	0.38	0.34	0.42	0.37	0.34
					G	0.52	0.45	0.41	0.50	0.45	0.41	0.48	0.43	0.40
					F	0.57	0.50	0.46	0.55	0.50	0.45	0.52	0.48	0.44
					E	0.64	0.56	0.53	0.62	0.57	0.53	0.58	0.54	0.51
					D	0.68	0.63	0.59	0.66	0.61	0.57	0.62	0.58	0.55
					C	0.71	0.67	0.63	0.69	0.64	0.60	0.65	0.62	0.59
					B	0.74	0.70	0.68	0.73	0.70	0.67	0.69	0.66	0.63
					A	0.76	0.73	0.70	0.76	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
	Semidirecta 2 lámparas de 40 w y "Sombra" Con reflector	18 / 1 / 63	1.3 × Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.29	0.24	0.22	0.27	0.24	0.22	0.25	0.24	0.21
					I	0.35	0.33	0.29	0.37	0.32	0.29	0.35	0.31	0.28
					H	0.44	0.39	0.35	0.43	0.38	0.35	0.41	0.37	0.34
					G	0.50	0.45	0.41	0.45	0.44	0.40	0.47	0.42	0.37
					F	0.55	0.49	0.45	0.53	0.49	0.45	0.51	0.47	0.43
					E	0.61	0.56	0.52	0.59	0.55	0.51	0.56	0.52	0.49
					D	0.67	0.60	0.57	0.63	0.59	0.56	0.60	0.56	0.53
					C	0.68	0.64	0.60	0.64	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56
					B	0.72	0.69	0.65	0.70	0.66	0.64	0.65	0.63	0.61
					A	0.76	0.71	0.66	0.72	0.69	0.67	0.67	0.65	0.63

Coeficientes de Utilización 24

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Observaciones para luminarias interiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones: Techo	80%			70%			50%		
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Índice local	Coeficientes de utilización								
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas de 1,20 a 2,40 m. Montaje en suspensión	20 / 72	1,4 x Altura de montaje	Bueno 0,75 Medio 0,65 Malo 0,55	J	0,27	0,21	0,17	0,22	0,21	0,17	0,22	0,20	0,17
					I	0,35	0,30	0,24	0,30	0,28	0,24	0,28	0,26	0,24
					H	0,43	0,36	0,30	0,41	0,35	0,31	0,40	0,34	0,30
					G	0,49	0,42	0,37	0,46	0,42	0,36	0,46	0,40	0,36
					F	0,55	0,47	0,41	0,51	0,47	0,41	0,50	0,44	0,40
					E	0,62	0,55	0,50	0,60	0,53	0,47	0,57	0,52	0,48
					D	0,67	0,61	0,56	0,64	0,60	0,55	0,62	0,57	0,53
					C	0,71	0,65	0,60	0,70	0,63	0,57	0,65	0,61	0,56
					B	0,76	0,71	0,65	0,74	0,69	0,65	0,69	0,65	0,61
					A	0,81	0,75	0,71	0,78	0,74	0,70	0,73	0,69	0,67
	Directa 2 lámparas empotradas con vidrio plano inferior	0 / 55	1,2 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,50	J	0,16	0,27	0,20	0,25	0,22	0,19	0,25	0,22	0,20
					I	0,32	0,25	0,20	0,31	0,23	0,20	0,31	0,29	0,26
					H	0,38	0,33	0,30	0,36	0,33	0,30	0,35	0,32	0,30
					G	0,43	0,37	0,34	0,43	0,37	0,34	0,39	0,36	0,34
					F	0,43	0,43	0,37	0,42	0,40	0,37	0,42	0,39	0,37
					E	0,46	0,44	0,41	0,46	0,43	0,41	0,45	0,43	0,41
					D	0,49	0,46	0,44	0,44	0,45	0,43	0,43	0,45	0,43
					C	0,50	0,48	0,46	0,49	0,46	0,44	0,48	0,45	0,43
					B	0,52	0,50	0,48	0,51	0,50	0,48	0,50	0,49	0,48
					A	0,53	0,52	0,50	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,49
	Directa 3 lámparas empotradas con vidrio plano inferior	0 / 52	1,0 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,50	J	0,24	0,21	0,19	0,24	0,21	0,19	0,24	0,22	0,19
					I	0,30	0,27	0,24	0,30	0,27	0,24	0,29	0,26	0,24
					H	0,34	0,31	0,28	0,34	0,31	0,28	0,33	0,30	0,28
					G	0,38	0,35	0,32	0,38	0,34	0,32	0,37	0,34	0,32
					F	0,41	0,38	0,35	0,40	0,37	0,35	0,39	0,37	0,35
					E	0,44	0,41	0,38	0,44	0,41	0,38	0,42	0,40	0,38
					D	0,46	0,44	0,41	0,45	0,43	0,41	0,44	0,42	0,41
					C	0,48	0,46	0,44	0,48	0,45	0,43	0,46	0,44	0,42
					B	0,50	0,48	0,46	0,49	0,48	0,46	0,48	0,46	0,45
					A	0,51	0,50	0,48	0,51	0,49	0,48	0,50	0,48	0,47
	Directa 4 lámparas empotradas con rejilla difusora metálica de 30°	0 / 58	1,2 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,50	J	0,27	0,23	0,21	0,27	0,23	0,21	0,27	0,25	0,23
					I	0,34	0,30	0,27	0,33	0,30	0,27	0,33	0,31	0,29
					H	0,39	0,35	0,32	0,38	0,34	0,31	0,37	0,34	0,32
					G	0,43	0,39	0,36	0,43	0,39	0,36	0,41	0,38	0,36
					F	0,46	0,42	0,39	0,45	0,42	0,39	0,44	0,41	0,39
					E	0,50	0,47	0,44	0,50	0,46	0,44	0,46	0,44	0,42
					D	0,53	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,48	0,46	0,44
					C	0,55	0,52	0,50	0,54	0,51	0,49	0,50	0,48	0,46
					B	0,57	0,54	0,52	0,56	0,54	0,52	0,52	0,50	0,49
					A	0,59	0,57	0,54	0,58	0,56	0,54	0,54	0,52	0,51
	Directa 6 lámparas empotradas con pantalla	0 / 61	1,2 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,50	J	0,22	0,20	0,18	0,22	0,20	0,18	0,22	0,21	0,19
					I	0,30	0,27	0,24	0,29	0,27	0,24	0,28	0,26	0,24
					H	0,35	0,32	0,29	0,34	0,31	0,29	0,33	0,31	0,29
					G	0,39	0,36	0,33	0,38	0,35	0,33	0,36	0,34	0,32
					F	0,43	0,40	0,37	0,42	0,39	0,37	0,40	0,38	0,36
					E	0,46	0,43	0,41	0,45	0,42	0,40	0,43	0,41	0,39
					D	0,50	0,47	0,44	0,49	0,46	0,43	0,45	0,43	0,41
					C	0,53	0,50	0,47	0,51	0,48	0,45	0,47	0,45	0,43
					B	0,55	0,52	0,50	0,54	0,51	0,48	0,50	0,48	0,46
					A	0,58	0,55	0,52	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50	0,48
	Directa Cielo luminoso 50% de transmisión y 60% de reflexión en la cara inferior	0 / 68		Bueno 0,65 Medio 0,55 Malo 0,45		10% reflectancia del cielo raso			30% reflectancia del cielo raso					
					J	0,23	0,18	0,15	0,22	0,18	0,15	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					I	0,30	0,25	0,22	0,31	0,26	0,22	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					H	0,36	0,31	0,28	0,37	0,32	0,28	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					G	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,34	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					F	0,46	0,41	0,37	0,48	0,43	0,39	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					E	0,52	0,46	0,43	0,54	0,48	0,44	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					D	0,57	0,53	0,49	0,57	0,53	0,49	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					C	0,60	0,56	0,51	[illegible]	0,57	0,53	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					B	0,67	0,63	0,57	0,63	0,60	0,57	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					A	0,69	0,65	0,61	0,66	0,63	0,61	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Directa Techo con reflectividad difusa de 45% por reflexión en la cara inferior	0 / 55		Bueno 0,70 Medio 0,65 Malo 0,55		Plástico			Metal					
					J	0,23	0,19	0,16	0,20	0,21	0,21	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					I	0,29	0,26	0,23	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					H	0,34	0,31	0,28	0,37	0,34	0,31	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					G	0,41	0,36	0,33	0,40	0,37	0,34	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					F	0,44	0,40	0,37	0,43	0,41	0,38	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					E	0,48	0,45	0,42	0,46	0,44	0,41	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					D	0,52	0,49	0,47	0,49	0,47	0,44	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					C	0,55	0,52	0,49	0,52	0,49	0,47	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					B	0,58	0,55	0,53	0,55	0,53	0,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]
					A	0,60	0,58	0,56	0,58	0,56	0,53	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Directa 3 lámparas con rejilla difusora de plástico de 45° Montaje de suspensión	0 / 51	1,1 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,65 Malo 0,60	J	0,27	0,19	0,17	0,22	0,19	0,17	0,22	0,20	0,17
					I	0,28	0,25	0,22	0,26	0,25	0,22	0,27	0,25	0,23
					H	0,32	0,29	0,27	0,30	0,28	0,27	0,31	0,29	0,27
					G	0,36	0,33	0,31	0,34	0,33	0,31	0,35	0,33	0,31
					F	0,37	0,36	0,34	0,36	0,36	0,34	0,38	0,36	0,35
					E	0,41	0,40	0,39	0,40	0,40	0,39	0,41	0,39	0,38
					D	0,44	0,43	0,41	0,43	0,42	0,41	0,43	0,42	0,40
					C	0,47	0,45	0,43	0,45	0,43	0,42	0,44	0,43	0,42
					B	0,49	0,47	0,45	0,48	0,47	0,45	0,45	0,45	0,44
					A	0,51	0,49	0,48	0,50	0,49	0,47	0,47	0,47	0,46
	Directa 3 lámparas con pantalla Montaje de suspensión	0 / 50	1,2 x Altura de montaje	Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,50	J	0,19	0,16	0,14	0,19	0,16	0,14	0,19	0,16	0,14
					I	0,24	0,21	0,19	0,24	0,21	0,19	0,24	0,22	0,19
					H	0,29	0,25	0,23	0,28	0,25	0,23	0,28	0,25	0,23
					G	0,33	0,29	0,27	0,32	0,29	0,27	0,31	0,29	0,27
					F	0,36	0,33	0,30	0,35	0,32	0,30	0,34	0,32	0,30
					E	0,40	0,37	0,34	0,38	0,35	0,33	0,37	0,35	0,33
					D	0,42	0,39	0,37	0,40	0,38	0,35	0,39	0,37	0,35
					C	0,45	0,42	0,39	0,43	0,40	0,38	0,41	0,39	0,37
					B	0,47	0,44	0,42	0,45	0,42	0,40	0,43	0,41	0,39
					A	0,49	0,46	0,44	0,47	0,44	0,42	0,45	0,43	0,41

25

25

e Tipo	Unidad de Alumbrado	Distribución	Distancia entre Lámparas Interiores	Factor de Mantenimiento	Reflexiones: Techo	80%			70%			50%		
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Índice local	Coeficientes de utilización								
Fluorescente	Directa 3 lámparas 40 W y "Sunlume" Montaje de superficie		1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.11	0.27	0.24	0.35	0.30	0.27	0.29	0.26	0.23
					I	0.37	0.33	0.30	0.31	0.31	0.27	0.30	0.27	0.25
					H	0.42	0.37	0.34	0.41	0.37	0.34	0.40	0.35	0.33
					G	0.46	0.42	0.39	0.46	0.41	0.38	0.43	0.40	0.37
					F	0.50	0.45	0.42	0.47	0.43	0.41	0.46	0.43	0.40
					E	0.54	0.50	0.47	0.53	0.49	0.47	0.50	0.47	0.45
					D	0.56	0.52	0.50	0.56	0.52	0.49	0.53	0.50	0.48
					C	0.58	0.55	0.52	0.57	0.54	0.52	0.54	0.52	0.50
					B	0.61	0.57	0.54	0.59	0.57	0.55	0.57	0.55	0.53
					A	0.63	0.60	0.57	0.61	0.59	0.57	0.59	0.56	0.55
	Directa 4 lámparas 40 W y "Sunlume" Montaje de superficie		1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.28	0.25	0.22	0.31	0.28	0.25	0.27	0.24	0.22
					I	0.36	0.32	0.29	0.33	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27
					H	0.39	0.34	0.31	0.37	0.33	0.31	0.36	0.31	0.30
					G	0.41	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33	0.39	0.34	0.32
					F	0.44	0.40	0.37	0.43	0.39	0.37	0.42	0.38	0.37
					E	0.47	0.43	0.40	0.45	0.41	0.39	0.45	0.41	0.41
					D	0.50	0.47	0.44	0.48	0.45	0.44	0.47	0.45	0.43
					C	0.53	0.49	0.46	0.50	0.48	0.46	0.49	0.46	0.45
					B	0.53	0.51	0.49	0.52	0.50	0.48	0.50	0.49	0.47
					A	0.55	0.53	0.51	0.53	0.52	0.50	0.51	0.50	0.49
	Directa 3 lámparas 40 W y "Sunlume" con rejilla difusora de 45° y lado de plástico Montaje de superficie		1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.27	0.23	0.21	0.32	0.29	0.26	0.26	0.23	0.20
					I	0.33	0.29	0.26	0.27	0.27	0.25	0.32	0.28	0.26
					H	0.37	0.33	0.31	0.34	0.32	0.29	0.31	0.31	0.29
					G	0.41	0.36	0.33	0.40	0.36	0.33	0.39	0.35	0.32
					F	0.44	0.40	0.36	0.43	0.39	0.36	0.42	0.38	0.35
					E	0.46	0.44	0.41	0.42	0.41	0.39	0.45	0.42	0.39
					D	0.51	0.47	0.44	0.46	0.44	0.44	0.45	0.45	0.42
					C	0.53	0.50	0.47	0.52	0.49	0.46	0.50	0.47	0.45
					B	0.56	0.53	0.50	0.54	0.51	0.49	0.52	0.50	0.48
					A	0.58	0.55	0.52	0.56	0.53	0.51	0.54	0.51	0.50
	Gemela Difusa 3 lámparas 40 W "Sunlume" con rejilla difusora de 30° y 45° suspendida y con lados de plástico		1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.24	0.21	0.19	0.27	0.24	0.22	0.22	0.19	0.15
					I	0.32	0.26	0.21	0.28	0.25	0.22	0.26	0.23	0.20
					H	0.36	0.27	0.23	0.31	0.27	0.23	0.30	0.26	0.23
					G	0.44	0.39	0.33	0.37	0.32	0.27	0.33	0.29	0.25
					F	0.49	0.42	0.36	0.40	0.35	0.30	0.36	0.31	0.27
					E	0.56	0.51	0.47	0.42	0.37	0.33	0.40	0.35	0.31
					D	0.60	0.54	0.51	0.46	0.41	0.37	0.43	0.39	0.35
					C	0.64	0.58	0.54	0.50	0.45	0.41	0.46	0.42	0.38
					B	0.68	0.64	0.60	0.53	0.50	0.46	0.48	0.45	0.42
					A	0.71	0.67	0.63	0.56	0.53	0.50	0.51	0.48	0.45
	Semidirecta 4 lámparas 40 W "Sunlume" con rejilla difusora de 45° suspendida y con lados de plástico		1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.26	0.19	0.16	0.21	0.18	0.15	0.21	0.17	0.15
					I	0.30	0.25	0.21	0.26	0.24	0.20	0.25	0.22	0.19
					H	0.36	0.30	0.26	0.31	0.27	0.23	0.30	0.26	0.23
					G	0.41	0.35	0.31	0.35	0.31	0.30	0.33	0.30	0.27
					F	0.46	0.40	0.35	0.40	0.35	0.33	0.37	0.33	0.30
					E	0.52	0.46	0.42	0.45	0.40	0.37	0.40	0.37	0.34
					D	0.57	0.51	0.47	0.50	0.45	0.42	0.44	0.41	0.38
					C	0.60	0.55	0.50	0.54	0.50	0.47	0.47	0.43	0.41
					B	0.64	0.60	0.56	0.57	0.53	0.50	0.49	0.47	0.45
					A	0.67	0.63	0.59	0.61	0.56	0.53	0.51	0.49	0.47
	Semindirecta 4 lámparas 40 W "Sunlume" suspendida y con lados y tapa de plástico		1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.16	0.11	0.07	0.15	0.10	0.07	0.12	0.08	0.06
					I	0.21	0.15	0.12	0.19	0.14	0.12	0.16	0.12	0.08
					H	0.26	0.20	0.16	0.23	0.19	0.15	0.19	0.15	0.12
					G	0.32	0.25	0.20	0.28	0.23	0.19	0.23	0.18	0.15
					F	0.36	0.30	0.24	0.33	0.26	0.22	0.26	0.21	0.16
					E	0.42	0.36	0.31	0.38	0.33	0.27	0.29	0.25	0.22
					D	0.46	0.40	0.36	0.41	0.36	0.33	0.32	0.29	0.25
					C	0.50	0.44	0.40	0.44	0.40	0.36	0.35	0.31	0.28
					B	0.54	0.50	0.45	0.46	0.44	0.41	0.37	0.34	0.32
					A	0.57	0.53	0.50	0.49	0.44	0.44	0.39	0.36	0.34
	Indirecta Moldura con reflector	Moldura situada de 30 a 45 cms. por debajo del techo. Colocando la fuente luminosa las lámparas fluorescentes se mantiene el coeficiente de utilización del 5 al 10 por 100.		Bueno 0.60 Medio 0.50 Malo 0.40	J	0.11	0.05	0.04	0.07	0.04	0.01	0.01	0.05	0.04
					I	0.15	0.12	0.10	0.13	0.10	0.08	0.03	0.07	0.06
					H	0.18	0.15	0.12	0.16	0.13	0.10	0.10	0.08	0.07
					G	0.22	0.18	0.16	0.20	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10
					F	0.25	0.21	0.19	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11
					E	0.29	0.26	0.22	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.14
					D	0.33	0.30	0.28	0.28	0.25	0.24	0.20	0.19	0.17
					C	0.35	0.32	0.30	0.31	0.28	0.26	0.21	0.20	0.19
					B	0.36	0.34	0.32	0.32	0.30	0.28	0.22	0.21	0.20
					A	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.32	0.24	0.23	0.23
	Directa Con lámpara PAR 38.150 w. difusora. Visera de 45° emisión luminosa total, 1730 lúmenes		0.7 x Altura de montaje	4 h todas las condiciones 0.75	J	0.53	0.51	0.49	0.53	0.51	0.49	0.52	0.51	0.49
					I	0.56	0.54	0.53	0.56	0.54	0.53	0.55	0.54	0.53
					H	0.58	0.56	0.55	0.58	0.56	0.55	0.57	0.56	0.55
					G	0.60	0.58	0.57	0.60	0.58	0.57	0.60	0.58	0.57
					F	0.62	0.60	0.59	0.61	0.60	0.59	0.61	0.59	0.58
					E	0.63	0.62	0.60	0.63	0.61	0.60	0.62	0.61	0.60
					D	0.64	0.63	0.61	0.63	0.62	0.61	0.63	0.62	0.61
					C	0.65	0.64	0.63	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62
					B	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.63	0.64	0.63	0.63
					A	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.63
	Indirecta Watts lúmenes 300 5360 500 9300 750 14600 Arc concentrador con lámpara de vapor de mercurio		1.5 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.55	J	0.12	0.07	0.04	0.12	0.07	0.04	0.10	0.06	0.03
					I	0.18	0.11	0.07	0.16	0.10	0.06	0.13	0.08	0.05
					H	0.23	0.15	0.10	0.20	0.14	0.09	0.16	0.11	0.07
					G	0.28	0.20	0.15	0.25	0.18	0.13	0.19	0.14	0.10
					F	0.33	0.25	0.19	0.29	0.22	0.17	0.22	0.16	0.12
					E	0.40	0.32	0.26	0.35	0.28	0.23	0.26	0.20	0.16
					D	0.45	0.38	0.32	0.39	0.33	0.28	0.29	0.24	0.20
					C	0.49	0.42	0.37	0.41	0.37	0.32	0.31	0.26	0.23
					B	0.54	0.50	0.47	0.47	0.43	0.38	0.34	0.31	0.28
					A	0.58	0.53	0.48	0.50	0.46	0.43	0.36	0.33	0.30

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 cantidad de luz obtenida del sistema:

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

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

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

En las tablas de coeficientes de utilización que se mencionaron con anterioridad, los factores de conservación que

se proporcionan para lámparas y luminarias han sido calculados 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.

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

$$N\ La = \frac{E \times S}{f \times CU \times FC}$$

$$N\ Lu = \frac{N\ La}{L\ L}$$

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 re iones máximas determinen. Con relación

a los equipos fluorecentes 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 reflección 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 fluorecentes de 4 x 40 W. de arranque rápido del tipo semi-indirecto y rejilla inferior montados a 0.61 metros por debajo del techo.

ii.- 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	Blanco, 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	9[illegible]0
750	PS–52		Mogul	332	2CC–8	1000	16700	15[illegible]0
1000	PS–52		Mogul	332	2CC–8	1000	23000	21[illegible]0
1500	PS–52		Mogul	332	C–7A	1000	33300	27000

31

31

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
Proyectores (3)								
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	32000	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
Reflectores								
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	2530	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	32 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
Precalentamiento								
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	1650
90-W T-17 60"(5)	Mogul Biclav.	1.550	63	132	5560	5640	4600	4740
Precal.— Arranque Rápido								
40-W T-12 48"(5) (6)	Media Biclav.	0.430	101	3100	3250	2800	2800	2930
Arranque Rápido								
30-W T-13 36"	Media Biclav.	0.430	75	250	1900	1970	1670	1730
Alta Emisión(7)								
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	3240
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
Muy Alta Emisión (Super HI)(7) (8)								
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	—	12000	—
Circular(7)								
22-W T-9 8" 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
Arranque Instantáneo(9)								
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
"Slimline"(10)								
42" T-6 25-W	Monoclavillo.	0.200	150	405	1625	1675	1370	1410
64" T-6 37-W	Monoclavillo.	0.200	233	540	2000	2700	2180	2220
72" T-8 37.5-W	Monoclavillo.	0.200	218	540	2650	2740	2280	2355
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	2000	2700	2320	2410
72" T-12 50-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 portalámparas normales).

(2) Para un arranque arriba de 10°C, o más de temperatura ambiente o valores aplicables a las lámparas de precalentamiento, 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 mínimo de 1.6.

(3) Medido después de cien horas de servicio a 25°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 0.05.

(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 80 por 100 de la de las lámparas ordinarias.

(6) Valores eléctricos, aplicables únicamente al día siguiente 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 es 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
Precalentamiento							
48" T-12 40W (2)	FC–4	10	—	16	10	—	16
60" T-17 90W	FC–85	21	—	30	—	—	40
Arranque rápido	Corriente						
48" T-12 40W (2)	430 mA	54 (3)	94 (3)	—	54 (3)	94 (3)	—
"Slimline"							
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
Alta Emisión							
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)	—
Muy Alta Emisión							
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 Precalentamiento-Arranque rápido
(3) Potencia total absorbida por la reactancia, incluido el consumo de las lámparas y el consumo 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 (Lumenes a las 100 h.)	(1) Flujo Luminoso Medio (Lumenes)
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	10000
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	10200
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	18000
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	2550
H33-1 JY	K-H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Ancho	—	324	—	18500	16400
H33-1 JC	L-H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Medio	—	324	—	17500	15100
H33-1 DN/C	P-H1-LG	R-57	Blanca Normal Semi Reflectora	70	324	217	21000	19300
H33-1 DN/W	P-H1/SW-LG	R-57	Blanca de Alta Emisión Semi Reflectora	70	324	217	24000	22100
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	15000
H33-1 FS/C	———	R-60	Blanca de Alta Emisión Haz Abierto	—	276	—	15000	13200
H33-1 FS/X	———	R-60	Blanca de Lujo Alta Emisión	—	276	—	11000	9.[illegible]
475 Watts								
H40-17 MA	A-H17-LG	BT-37	Clara	89	292	177	21500	18000
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	[illegible]
H40-17 DN/W	C-H17/SW-LG	R-57	Blanca de Alta Emisión Semi Reflectora	89	324	217	24000	22100
430 Watts 6,6 Amperes								
H41-24 CD	A-H24-LG	BT-37	Clara	65	292	177	20000	19000
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	27000	[illegible]
700 Watts								
H35-18 NA	A-H18-LG	BT-46	Clara	127	368	241	37000	31500
H35-18 ND/C	B-H18-LG	BT-46	Blanca Normal	127	368	241	36000	30000
H35-18 ND/W	B-H18/SW-LG	BT-46	Blanca de Alta Emisión	127	368	241	41000	33700
1000 Watts								
H34-12 GV	A-H12-LG	BT-56	Clara	127	390	241	55000	44500
H34-12 GW/C	C-H12-LG	BT-56	Blanca Normal	127	390	241	52000	[illegible]
H34-12 GW/W	C-H12/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión	127	390	241	60000	[illegible]
H34-12 GW/X	C-H12/X-LG	BT-56	Blanca de Lujo	127	390	241	40000	[illegible]
H34-12 KY/C	D-H12-LG	BT-56	Blanca Normal Semi Reflectora	127	390	241	53000	[illegible]
H34-12 KY/W	D-H12/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión Semi Reflectora	127	390	241	57000	[illegible]
H36-15 GV	A-H15-LG	BT-56	Clara	152	390	241	57000	[illegible]
H36-15 GW/C	B-H15-LG	BT-56	Blanca Normal	152	390	241	54000	45000
H36-15 GW/W	B-H15/SW-LG	BT-56	Blanca de Alta Emisión	152	390	241	62000	[illegible]
H36-15 GW/X	B-H15/X-LG	BT-56	Blanca de Lujo	152	390	241	47000	[illegible]
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	55000	[illegible]
H36-15 FB	———	R-60	Blanca Normal Haz Abierto	—	352	—	45500	[illegible]
H36-15 FA/C	———	R-60	Blanca de Alta Emisión Haz Abierto	—	352	—	40000	30000
300 Watts								
H9 X-I	A-H9	T-9 1/2	Clara (De un sólo bulbo)	1220	1398	—	13200	106000

1) Promedio a lo largo de 16.000 horas de operación. La vida económicamente rentable de las lámparas LUZ EQUATO es de 12.000 a 16.000 horas, y la de lámparas normales y las de vapor duro de 7.000 horas.

2) Las lámparas de 400 w. tipo H75 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, obtenemos un factor de mantenimiento de 0.70 metros.

v.- Sustituyendo los valores anteriores en la expresión correspondiente para el cálculo del número de luminarias y de acuerdo con las características de una lámpara fluorescente de 40 watts, la que tiene 29000 lúmenes, obtenemos:

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

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

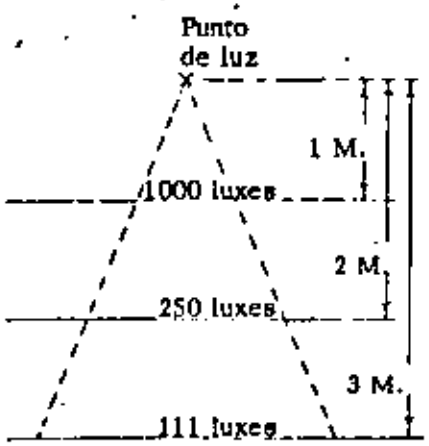
Método de punto por punto.

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

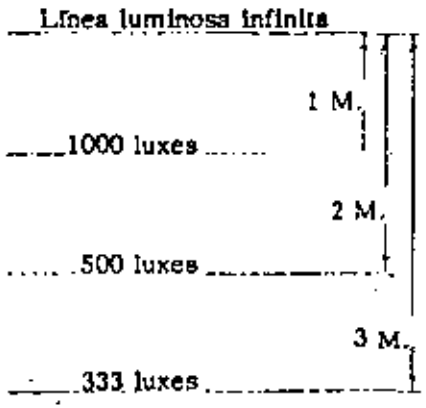
i.- Fuentes puntiformes.- La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Una lámpara incandecente sola o en un globo cerrado, puede generalmente ser tratada como una fuente de luz puntiforme.

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.

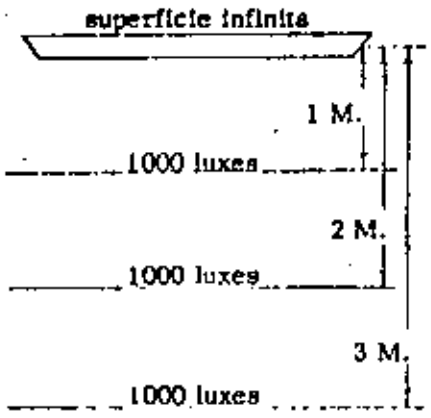
iii.- Fuente superficial de área infinita.- La iluminación no cambia con la distancia. Un grupo panel luminoso, o un techo iluminado por medios totalmente indirectos se aproxima a esta condición, y dentro de ciertos limi



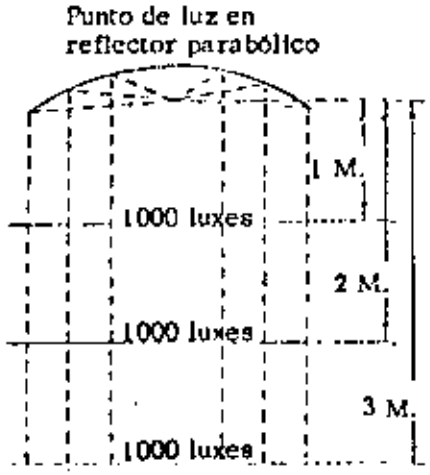
i.- Fuentes puntiformes



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.

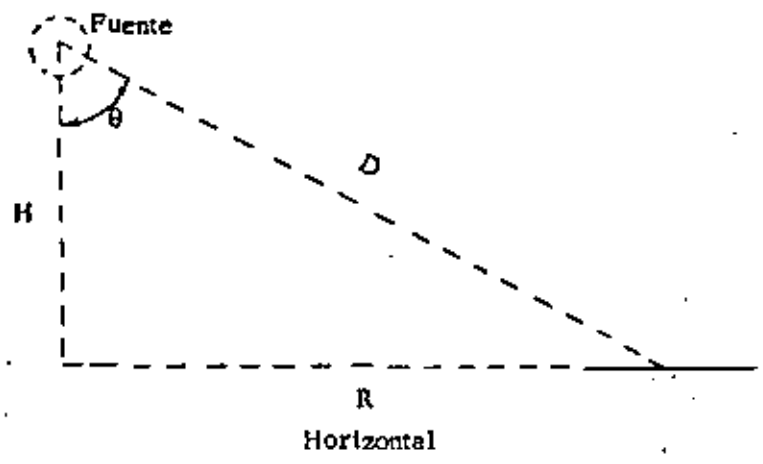
iv.- Haz paralelo de luz.- La iluminación no cambia con la distancia. Una fuente verdaderamente puntiforme en un reflector perfectamente parabólico, produciría un haz de rayos paralelos, sin embargo como cualquier fuente de luz tiene dimensiones finitas, nunca se alcanzará un haz paralelo completo.-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

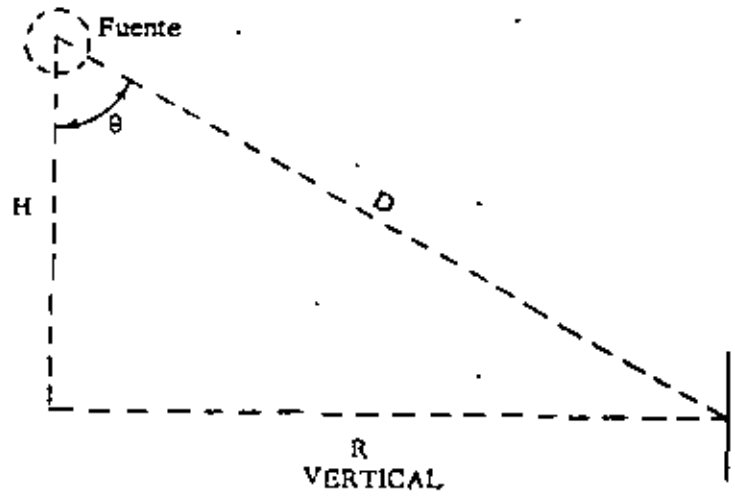
podría usar en todo caso para cualquier fuente de luz, a condición de que la distancia entre la fuente y la superficie iluminada sea suficientemente grande con respecto al tamaño de la fuente. Con fuentes difusoras de luz, se acepta generalmente como distancia mínima, para poder calcular con exactitud razonable la iluminación, cinco veces la dimensión mayor de la fuente.

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

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



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



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:

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

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:

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

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

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 que se ha utilizado.

El resultado así obtenido es la iluminación en luxes 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:

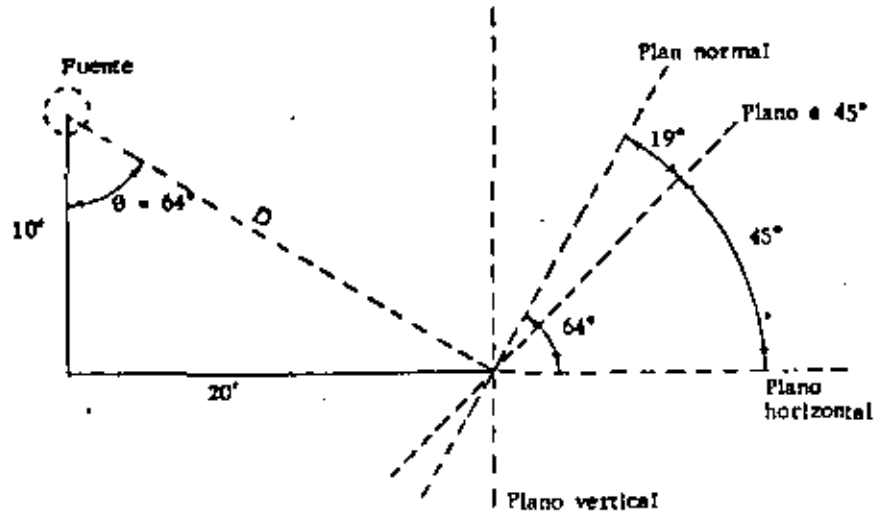
Un punto se encuentra 10 pies abajo y 20 pies a la derecha de -- una fuente luminosa cuya potencia uniforme distribuída es de 1000 candelas. Determínese la iluminación producida por ese punto en los planos siguientes:

Plano normal:

Plano horizontal;

Plano vertical;

Plano a 45 grados con referencia al plano horizontal.



Cálculos:

$$\text{Tan } \theta = 20/10 = 2.0$$

$$\theta = 64°$$

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

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

$$E_v = E_n \text{ sen } \theta = (2)(\text{sen } 64°) = (2)(.90) = 1.8 \text{ bujías - pies.}$$

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

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

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.

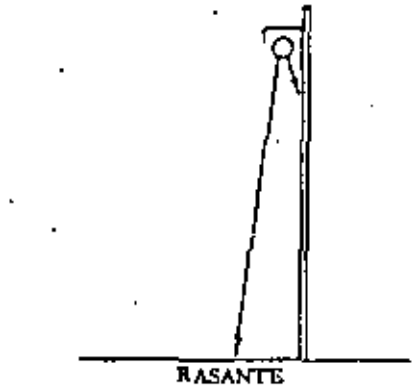
Estas cargas podemos clasificarlas en la forma siguiente:

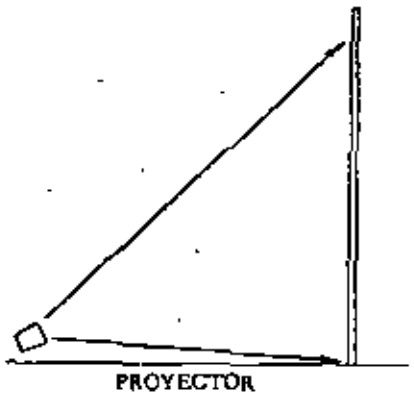
* Con proyectores.
* Rasante.

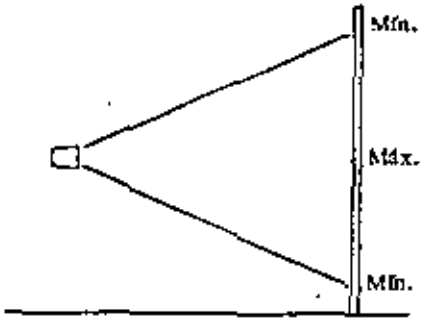
La carga con proyectores presenta un ángulo de incidencia grande, además de una iluminación uniforme. El problema que se tiene con esta carga es el de su posición con el fin de poderla dejar oculta.

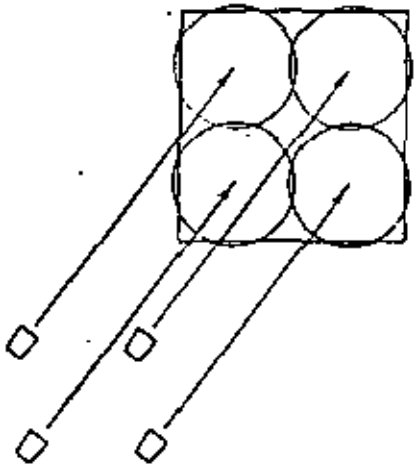
La carga rasante proporciona un ángulo de incidencia pequeño con una iluminación concentrada. Su problema al igual que la anterior es el ocultar la fuente de iluminación.

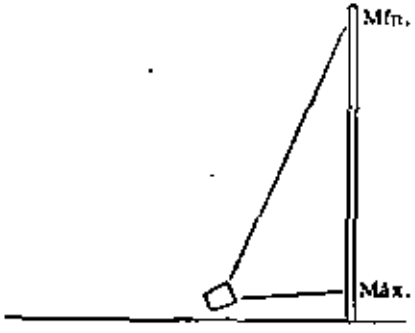
2.- **Cargas de aparatos.- Criterio para determinar cargas.**











Las cargas de aparatos pueden ser:

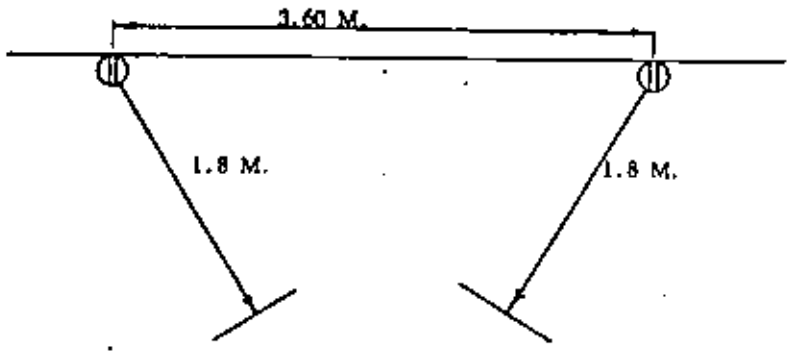
* Definidas
* Indefinidas

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



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

$S > 40\ M^2$: 8 contactos + 3 contactos cada 40 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.

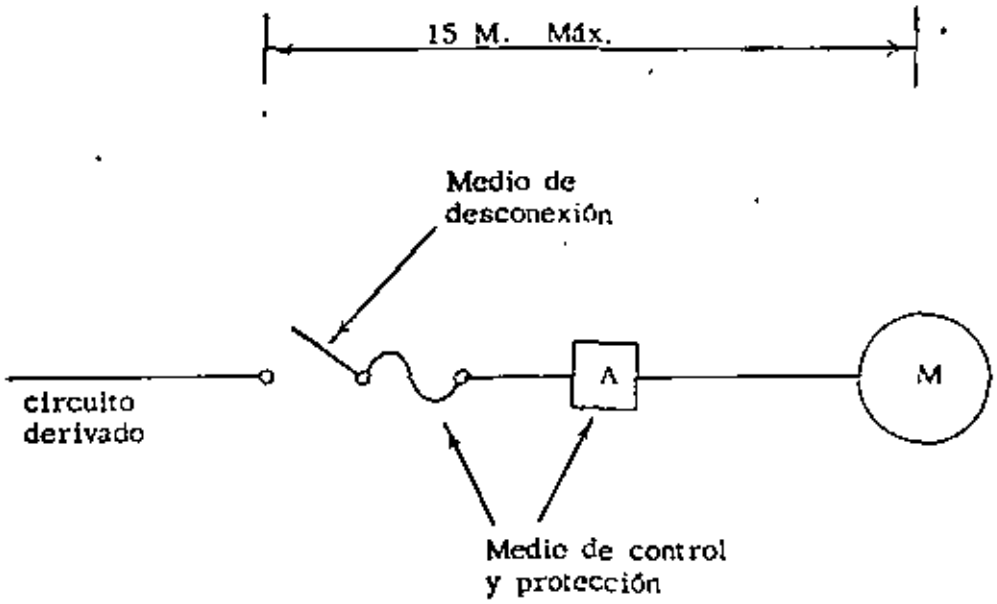
La localización de estas cargas deberá ser accesible para su montaje, su servicio y su operación

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 deberá tener presente que durante el arranque ésta aumenta de 5 a 7 veces.

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



CIRCUITO ELEMENTAL DE UN MOTOR.

52

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	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0,90	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1,20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1,80	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,45	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,75	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,65	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,95	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4,55	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4,90	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5,20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5,80	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6,10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6,40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7,00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7,30	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7,60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9,15	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
10,05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
11,00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
12,20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
13,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
15,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
16,75	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
18,30	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
21,35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	LUX POR CADA 100 000 CANDELAS													
24,40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
30,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
38,10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
45,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
53,35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
60,95	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

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 al revés: la altura de la fuente luminosa se lee sobre la escala de distancias horizontales, etc.

TABLA DE CALCULO DE NIVELES LUMINOSOS POR EL SISTEMA "PUNTO POR PUNTO" (Continuación)

Números superiores: Angulo entre la dirección de la luz y el eje vertical.
Números inferiores: LUX sobre el plano horizontal para la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

Altura de la fuente luminosa sobre la superficie, en metros	DISTANCIA HORIZONTAL AL EJE DE LA FUENTE LUMINOSA (m)												
	3,95	4,25	4,55	4,85	5,50	6,10	6,70	7,30	7,90	8,55	9,15	10,65	12,20	15,25
	LUX POR CADA 100 000 CANDELAS													
0,60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0,90	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1,20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1,80	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,45	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2,75	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,65	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3,95	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4,55	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4,90	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5,20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5,80	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6,10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Altura de la fuente luminosa sobre la superficie, en metros														
6,40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7,00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7,30	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7,60	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9,15	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
10,05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
11,00	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
12,20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
13,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
15,25	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
16,75	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
18,30	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
21,35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	LUX POR CADA 100 000 CANDELAS													
24,40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
30,50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
38,10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
45,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
53,35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
60,95	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

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 al revés: la altura de la fuente luminosa se leerá sobre la escala de distancias horizontales, etc.

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 persepciones 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 porciento.

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

El divisor de conversión es 1.75.

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

INDICE

1. EDIFICIOS INDUSTRIALES

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

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

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
GUANTES, MANUFACTURA DE		
Planchado y corte	3000a	2000a
Cosido y clasificado	1000	600
Cosido y inspección	5000a	3000a
HANGARES		
Servicio de reparación únicamente	1000	600
HIELO, FABRICA DE		
Cuarto de compresores y máquinas	200	100
HIERRO Y ACERO MANUFACTURA DE		
Hornos de hogar abierto:		
Patio de almacenaje	100	60
Piso de carga	200	100
Bastidores de moldeo:		
Fosos de colada	200	100
Plataformas de control	300	200
Patio de moldeo	50	30
Calado	300	200
Almacenamiento de moldes	100	60
Bodega de pesado	100	60
Reparaciones	300	200
Patio de desechos	200	100
Patio de Chatarra	100	60
Edificio de mezcla	300	200
Edificio de Carbonización	100	60
Bola rompedora	100	60
Molinos de laminación de:		
Lingote, placas, aceras y láminas en caliente	300	200
Laminación de tira de placas	300	200
Tubo, varilla elevación	500	300
Fierro estructural y planchas	300	200
Molinos de laminación de hojalata:		
Estañado y galvanizado	500	300
Laminación en frío	500	300
Cuarto de mezcla y máquinas	300	200
Inspección:		
Rebanos de acero negro, lingotes y biletes	1000	600
Hojalata y otras superficies brillantes	1000j	600j
HULE, PRODUCTO DE		
Preparación de la materia prima:		
Plasticación, molienda y Banbury	300	200
Prensado en calandra	500	300
Preparación de la tela:		
Cortado y telas flexibles	500	300
Productos por extrusión	500	300
Productos moldeados y vulcanización	500	300
Inspección	2000a	1100a
JABONES, MANUFACTURA DE		
Pulla, corte, secado de jabón y detergentes en polvo	300	200
Troquelado, envoltura y empaque, llenado y detergentes en polvo	500	300
LACTEOS, PRODUCTOS		
Industria líquida		
Cuarto mezcla y almacén botellas	300	200
Baterías	500	300
Lavadores botellas	f	f
Lavadores leche	300	200
Equipo refrigeración	300	200
Llenado botellas	1000	600
Mantenimiento y reparación de medidores (sobre carátula)	500	300
Laboratorios	1000	600
Pasteurizadores	300	200
Separadores y pasteurizadores refrigerados	300	200
Tanques, cubas	300	300
Termómetros (sobre carátula)	500	300
Cuarto para pesar (iluminación gral.)	300	200
Básculas	700	400
LAMINA DE FIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN		
Prensas, cizallas, enderezadores trabajo medianos de barra	500	300
Pulidores y acabado	500	300
Inspección esmaltado y galvanizado	2000j	1100j
Trazado	2000j	1100j

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE:		
Checado y selección	500	300
Lavado en seco, húmedo y vaporizado	500	300
Inspección y desmanchado	5000a	2000a
Composturas y modificaciones	2000a	1100a
Planchado	1500	900
LAVANDERIAS		
Lavado	300	200
Planchado de blancos, pesado, hacer listas, marcado	500	300
Planchado a máquina y selección	700	400
Planchado fino a mano	1000	600
LLANTAS DE HULE Y CAMARAS: MANUFACTURA DE		
Preparación materia prima:		
Plasticación, molienda y Banbury	300	200
Prensado en calandra	500	300
Preparación de la Tela:		
Cortado y construcción de capas	500	300
Máquinas para las cámaras y recubierta	500	300
Construcción de llantas:		
Llantas sólidas	300	200
Llantas neumáticas	500	300
Departamento de vulcanización:		
Cámaras y llantas	700	400
Inspección final	2000a	1100a
Envoltura	500	300
MOLINOS DE HARINA		
Rodillos, cernidores, purificadores	500	300
Empacado	300	200
Control de producción	1000	600
Limpieza, cargadores, sacones, tolvas	300	200
PAN, INDUSTRIAS DE		
Cuarto de mezclado	500	300
Cuarto de fermentado	300	200
Formado:		
Pan blanco	300	200
Pastelillos y pan dulce	500	300
Cuartos de hornos	300	200
Relleno y otros ingredientes	500	300
Decorado:		
Mecánico	500	300
Manual	1000	600
Básculas y termómetros	500	300
Envoltura	300	200
PAPEL MANUFACTURA DE		
Batidores, molinos, calandras	300	200
Acabado, cortado, rotorte y máquinas para hacer el papel	500	300
Cortado a mano, lado húmedo de el máquina de papel	700	400
Corrate máquina de papel, inspección y laboratorio	1000	600
Enrollado	1500	900
PIEL, MANUFACTURA DE (TENERIAS)		
Limpiado, curtido y estirado, pelos	300	200
Cortado, descarnado y secado	500	300
Acabado	1000	500
PIEL, TRABAJO SOBRE		
Planchado, trenzado y barnizado	2000	1100
Clasificación, igualado, cortado y cosido	3000	1700
PIEDRA, TRITURADO Y CERNIDO DE		
Transportadores de bandas, espacios de descargo del tiro, cuarto de tolvas, interior de los depósitos	100	60
Cuarto de quebradoras primarias, quebradoras auxiliares debajo de los depósitos	100	60
Cernidores	200	100
PINTURAS, MANUFACTURA DE		
Iluminación general	300	200
Comparación de las mezclas con las muestras o patrones	2000j	1100j
PINTURAS, TALLERES DE		
Pintura por inmersión o baño con pistola de aire, esmalte a fuego	500	300

	I.E.S. 99%	S.M.I.E. 95%
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, enciado especial y con plantilla	500	300
Pulido de pinturas a mano, trabajo fino	1000	600
Trabajo extrafino (carrocerías, pianos)	3000a	1700a
PLANTAS GENERADORES		
Equipo de acondicionamiento de aire, precalentadores y piso de ventiladores, extrusaje 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 extruladores	100	60
Transportador carbón, quebradores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transbordo	100	60
Condensadores, piso de eyectores, 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, 178 cms., sobre el piso	500	300
Tipo B.—Control de cuarto ordinario, 170 cms., sobre el piso	300	200
Sección de "Duplex" viendose desde cualquier ángulo	300	200
Pupitre de distribución (nivel horizontal)	500	300
Areas 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
Area para tanques de hidrógeno y bióxido de carbono	200	100
Laboratorio químico	500	300
Precipitadores	100	60
Casa de rejillas	200	100
Plataforma, sopladeros de hollín o escoria	100	60
Calderas 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
Subsótano (parte interior turbina)	200	100
Cuarto de turbinas	300	200
Area para tratamiento de agua	200	100
Plataforma para visitantes	200	100
PULIDORAS Y BRUNIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA		
Hornos manuales, tanques de hervido, secadores estacionarios, cristalizadores por gravedad y estacionarios	300	200
Hornos mecánicos, generadores y destiladores, secadores mecánicos, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos, octolizado	300	200
Tanques para cocción, extracciones, colladores, nitradores, celdas electrolíticas	300	200
SOMBREROS, MANUFACTURA DE		
Teñido, tensado, galonesado, limpiado y refinado	1000	600
Formado, calibrado, realzado, terminado y planchado	2000a	1100a
Cosido	5000a	3000a
SOLDADURA		
Iluminación general	500	300
Soldadura Manual de precisión con arco	10000a	6000a

57

	I.E.S. 99%	S.M.I.E. 95%
TABACO, PRODUCTOS DE		
Secado, desmondamiento (iluminación general)	300	200
Clasificación y selección	2000a	1100a
TALLERES MECANICOS		
Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, pulido mediano	1000	600
Trabajo fino de maquinaria a banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	6000a	3000a
Trabajo extrafino de maquinaria y esmerilado fino	10000a	6000a
TALLERES TEXTILES, ALGODON		
Abridores, mezcladores, batientes	300	200
Cardas y estiradoras	500	300
Pabiladoras, veloces, trócilas y cañoneras	500	300
Enrolladores y Engomadores:		
Telas crudas	500	300
Mezclillas	1500	900
Inspección:		
Telas crudas (volteadas a mano)	1000	600
Atado automático	1500a	900a
Telares	1000	600
Repasa y atado a mano	2000a	1100a
TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE		
Abridores, mezcladores y batientes	300	200
Clasificación	1000a	600a
Cardado, peinado y repeinado	500	300
Estirado:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1000	600
Trócilas:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1000	600
Torzales	500	300
Devanado:		
Hilo blanco	300	200
Hilo de color	500	300
Urdidores:		
Hilo blanco	500	300
Hilo blanco (en el peine)	1000	600
Hilo de color	1000	600
Hilo de color (en el peine)	3000a	1700a
Tejidos:		
Telas blancas	1000	600
Telas de color	2000	1100
Cuarto de telas crudas:		
Quitar nudos de la tela	1500a	900a
Cosido	3000a	1700a
Doblado	700	400
Acabado húmedo	500	300
Teñido	1000a	600a
Acabado en seco:		
Desplizado, acondicionamiento y planchado	700	400
Cosido	1000	600
Inspección	2000a	1100a
Doblado	700	400
TALLERES TEXTILES SEDA Y SINTETICOS.		
Manufactura:		
Remojado, teñido fugas y preparación de torcidos	300	200
Debanado, torcido, tedevanado y conera, torcido de fantasía, engomado:		
Hilo claro	500	300
Hilo obscuro	2000	1100
Urdidores (seda)		
En ensiple, finales de carrera, devanadera, lanzadera y plegadora	1000	600
Repasa en lisos y en el peine	2000a	1100a
Tejido	1000	600
TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUEBLES, ETC.	1000	600

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
TELA, PRODUCTOS DE		
Inspección tela	20000a	10000a
Cortado	3000a	2000a
Costura	500a	3000a
Planchado	3000a	2000a
TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS		
Fundición de tipos:		
Manufactura matrices, acabado de tipos	1000	600
Preparación de tipos, inyección	500	300
Fundición	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, tallado, acabado, nivelado, moldes y recorrido	1000	600
Galvanoplastia	500	300
Fotograbado:		
Grabado al ácido y montado	500	300
Rastreado, etapado, pruebas, entintado	1000	600
VIDRIO, FABRICAS DE		
Cuarto de Hornos y mezcladoras, prensado, máquinas sopladoras y templado	300	200
Esmerilado, corrido, pulido	500	300
Esmerilado fino, pulido, pulido	1000	600
Inspección, grabado y decoración	2000a	1100a
ZAPATOS DE HULE,		
MANUFACTURA DE		
Lavado, recubrimiento, molinos de ingredientes	300	200
Barnizado, vulcanizado, calandras, corrido para suberior y suelas	500	300
Rodillos de suelas, procesos de hechura y acabado	1000	600
ZAPATOS DE PIEL,		
MANUFACTURA DE		
Corrido y costura:		
Tablas de corrido	3000a	1700a
Marcado, cortado, acrigazado, selección, remendado y corredores	3000a	1700a
Cosido:		
Materiales claros	500	300
Materiales obscuros	3000a	2000a
Hechura y acabado	2000	1100

OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS

AUDITORIOS		
Para espectáculos	300	200
Para asambleas	150	100
Para actividades sociales	50	50
BANCOS		
Vestíbulo (iluminación general)	500	300
Pagadores, contadores y receptores	1500	900
Gerencia y Correspondencia	1500	900
BIBLIOTECAS		
Sala de lectura	700	400
Anaqueles	300	200
Reparación de libros	500	300
Archivos y catálogos	700	400
Mesa checadora de salidas y entradas de libros.	700	400
CENTRAL DE BOMBEROS		
(Véase Edificios Municipales)		
CLUBES		
Salas de descanso y de lectura	500	300
CORREOS		
Vestíbulos sobre mesas	300	200
Correspondencia, selección, etc.	1000	600
CORTES DE JUSTICIA		
(TRIBUNALES)		
Áreas de estantes (cubículos)	300	200
Áreas de actividades propias de la corte	700	400

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
EDIFICIOS MUNICIPALES,		
BOMBEROS Y POLICIA		
Policía:		
Archivos de identificación	1500	900
Celdas y cuartos para interrogatorios	300	200
Bomberos:		
Dormitorios	300	100
Sala recreativa	300	200
Garage carros bomba	300	200
ESCUELAS		
Salones de clase	700	400
Salones de dibujo (sobre restirador)	1000a	600a
Lectura de movimientos de labios (sordomudos), talleres, costura	1500a	900a
GALERIAS DE ARTE		
Iluminación general	300	200
Sobre pinturas (localizado)	300b	200b
Sobre estatuas y otras exhibiciones	1000c	600c
IGLESIAS		
Altar, retablos	1000a	600a
Coro (D) y presbiterio	300a	200a
Púlpito (iluminación adicional)	500a	300a
Nave principal de la iglesia (iluminación general)	150a	100a
Vitrales: emplomados:		
Color blanco	500	300
Color mediano	1000	600
Color obscuro	5000	3000
Vitral muy denso	10000	6000
MERCADOS		
Bodegas y Cuartos de Almacenamiento		
Activos	200	100
Inactivos	50	50
Carnicerías, Barracas, Pescaderías	500	300
Cocinas (Áreas de trabajo)	500	300
Comedores	300	200
Cuartos de máquinas	300	200
Ferreterías y Accesorios eléctricos	500	300
Lavaderos para verduras y varios	500	300
Mercerías, vestidos y zapaterías	500	300
Muebles y artículos para el hogar	500	300
Papelerías, libros y juguetes	500	300
Plataformas de descarga	200	100
Sanitarios y baños	100	100
Verduras, frutas, flores y plantas	500	300
MUSEOS (Véase Galerías de Arte)		
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 intermitente o descontinuado	700	400
Sala de conferencias, entrevistas, salas de reposo, archivos de poco uso o aquellas áreas en las cuales no se exige la fijación de la vista en forma prolongada	300	200
PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA	1000	600
TEATROS Y CINES		
Sala de espectáculos:		
Durante intermedios	50	50
Durante exhibición	1	1
Vestíbulo	300	100
Sala de descanso (foyer)	50	30
TERMINALES Y ESTACIONES		
Salas de espera	300	200
Oficina de boletos	1000	600
Oficina de checar equipaje	500	300
Vestíbulo	100	60
Andenes y Plataformas	200	100

3. HOSPITALES

Sala de preparación y anestesia	300	200
Autopsia y Anfiteatro:		
Mesa de autopsia	25000	14000
Sala de autopsia (iluminación general)	1000	600

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Anfiestro (iluminación gral.)	200	100
Central de instrumentos esterilizados:		
Iluminación general	300	200
Afilado agujas	1500	900
Sala de Citroscopica		
Iluminación general	1000	600
Mesa Citroscópica	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 recuperacion	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 preparacion	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 isotopos 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

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Salas de espera	300	200
Cuarto utileria	200	100
Puesto de enfermeras:		
Iluminación general	200	100
Escritorio	500	300
Mostrador para mediciones	1000	600

4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS

AUTOMOVILES, SALAS DE EXHIBICION		
(Véase tiendas)		
CASAS (Véase residencias)		
Alumbrado nocturno:		
Zonas comerciales principales:		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
Zonas comerciales secundarias		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
COCINAS (Vease restaurantes o residencias)		
ESCAPARATES. (a)		
Alumbrado diurno		
General	1000	600
Atracciones principales	5000	3000
GASOLINERAS		
Area de servicio	300	200
Cuarto de ventas	500	300
Estantes	1000	600
HOTELES		
Recámaras:		
Iluminación general	100	60
Para lectura y escritura	300h	200h
Administración	500	300
Vestíbulo.		
Areas de trabajo y lectura	300	200
Iluminación general	100	200
Marquesina	500	300
JOYERIA Y RELOJES. MANUFACTURA DE	5000a	3000a
RESIDENCIAS		
Tareas visuales específicas (j)		
Juegos de mesa	300	200
Cocina (sobre fregadero u otra superficie de trabajo)	500	300
Lavadero, mesa de planchado	500	300
Cuarto de estudio (sobre escritorio	700	400
Costura	1000	600
Iluminación general:		
Entradas, halls, escaleras y descenso de escaleras	100m	60m
Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de retiro o juego	100m	60m
Cocina, lavanderia, cuarto de baño	300	200
RESTAURANTES Y CAFETERIAS		
Area de comedor:		
Cajera	500	300
Del tipo íntimo:		
Con ambiente ligero	100	60
Con ambiente acogedor	30	30
Del tipo ordinario		
Con ambiente ligero	300	200
Con ambiente acogedor	150	100
Del tipo servicio rapido		
Cocina:		
Inspección, etiquetado y precio	700	400
Otras áreas	300	200
SALONES DE BAILES	50	30
TIENDAS (a)		
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 vendedores	2000	1100
Autoservicio	3000	3000

	I.E.S. 99%	S.M.L.I. 95%
Atracciones principales:		
Con servicio de vendedores	5000	3000
Autoservicio	10000	6000

5. AREAS COMUNES

BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO	30	50
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 pago y susceptibles de televisarse.

6. ALUMBRADO EXTERIOR

	I.E.S. S.M.L.I. LUXES
ALUMBRADO DE PROTECCION	
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
ASTILLEROS	
Iluminación general	50
Caminos, sendas	100
Area de construcción	300
BANDERAS, ILUMINACION CON PROYECTORES (Véase Tableros para boletines y Carteles)	
CALLES	9
CAMINOS	4
CANTERAS	50
CARBON, PATIOS PARA (de protección)	2
CARRETERAS	9
DRAGADO	20
EDIFICIOS	
Construcción general	100
Trabajos de excavación	20
ESTACIONAMIENTOS	50
FACHADAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS	
Iluminación con proyectores.	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	150
Superficies medio claras	300
Superficies medio oscuras	300
Superficies obscuras:	500
Alrededores obscuros:	
Superficies claras	50
Superficies medias claras	100
Superficies medio oscuras	150
Superficies obscuras	200

	I.E.S. S.M.L.I. LUXES
FERROCARRIL, PATIOS DE	
De recepción	2
Clasificación	3
GASOLINERAS:	
Alrededores brillantes:	
Acceso	30
Calzada para coches	50
Areas bombas de gasolina	300
Fachadas edificios (de vidrio)	300v
Area de servicio	70
Alrededores obscuros:	
Acceso	15
Calzadas para coches	15
Area bombas de gasolina	200
Fachadas edificio (de vidrio)	200v
Area de Servicio	30
JARDINES (p)	
Iluminación general	5
Senderos, escalones, lejanos de la casa	10
Parte posterior de la casa, cercas, paredes, árboles, arbustos	20
Flores, jardines entre rocas	50
Arboles y arbustos, cuando se quieren hacer destacar	50
MADERAS PARA CONSTRUCCION, PATIOS DE	10
MUELLES	200
PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)	200
PLANTAS GENERADORAS	
Pasarelas	20
Tiradero de ceniza	1
Descarga de carbon:	
Rampa (Zona de carga y descarga)	50
Area almacenamiento chatarra	5
Vaciador de carros	50
Volcador	1
Area de almacenamiento de carbón	30
Transportadores	
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 desconectadores)	20
PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA	200
Interior de los furgones	100
PRESIDIO, PATIOS DE	50
TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS	
Alrededores brillantes.	
Superficies claras	500
Superficies obscuras	1000
Alrededores Obscuros.	
Superficies claras	200
Superficies obscuras	500

7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS

ALBERCA	
Iluminación general desde la planta alta	100
Bajo el agua:	
Exterior	8
Interior	8

		I.E.S. S.M.I.I. LUXES
BOQUERIA		
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
" " 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 despues 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		
(Indice: 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
IV menos de 9 Mts		200

La distancia que hay entre los espectadores y 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 da la siguiente clasificación: Clase I para mas 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 5.00 espectadores

		I.E.S. S.M.I.I. LUXES
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 1.85 Mts		50r
Práctica en los "greens"		100
HOCKEY SOBRE HIELO		
Universitario o profesional		500
Liga amateur		200
Recreativo		100
PATINAJE		
Pista para patines de ruedas		50
Pistas para patinar sobre hielo (interior o exterior)		50
Laguna, estanque o área inundada		10
PING-PONG		
Torneo		500
Club		300
Recreativo		200
PLAYAS		
En tierra		10
A 50 Mts., d ala 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

8. 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.
Pasajeros	100
Tripulación	50
Entrada pasajeros	100v
Salas de descanso, pasajeros y oficiales	100x
Cuartos de esparcimiento tripulación	200
Sobre mesas	300
Comedor pasajeros	100w
Salón comedor, oficiales y tripulación	100
Sobre mesas	150
Bibliotecas	100
Para lectura	300
Salones fumadores	5x
Cubiertas cerradas	100
Peluquería y salón de belleza	200
Sobre la persona	500
Salones de Cocktail y Cantina	50w
Salón de baile	50w
Piscinas, playas interiores	100y
Tiendas	200u
Teatros:	
Durante el espectáculo	1
Intermedio	50
Gimnasios	200
Hospital:	
Sala de operaciones	500u
Sala dental	300u
Dispensario	300u
Sala de enfermados	50u
Oficina doctor	200u
Sala de espera	100x
TIRO AL BLANCO	
Sobre el blanco	500r
Línea de tiro	100
Area intermedia	50
Cabina de radio, vestíbulo pasajeros	100x
Mostrador para pasajeros oficina sobrecargo	200
Areas de navegación:	
Timonera (sobre puente de mando)	50
Cuarto de mapas	100
Sobre mesa de mapas y cartas de navegación	500
Cuarto del radar	50
Cuarto de giroscopios	50
Cabina de radio	100u
Oficina del barco	200
Sobre escritorios y mesas de trabajo	500
Para teneduría de libros y auditoría	500
Cuarto de registro (cuaderno bitácora)	100
Sobre escritorio	500
Areas de servicio:	
Galera	200u
Lavandería	150u
Despensa	150u
Fregaderos	150u
Preparación comida	200u
Almacén comida (sin y con refrigerador)	50
Carnicería	150u

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
Imprenta	300u
Sastrería	500u
Oficinas postales	200u
Vendedores	30
Central telefónica	100u
Cuarto para almacen	50
Areas de operación:	
Cuarto máquinas (áreas de trabajo)	100u
Cuarto calderas (areas de trabajo)	100u
Cuarto ventiladores	50
Cuartos grupos Motor-Generador	50
Cuartos de generación y tablero de control	100
Cuarto de montacargas	50
Tableros de control, iluminación vertical:	
Parte alta	300
A 90 cms. desde el piso	100
Cuarto del mecanismo del timón	50
Cuarto de bombas	10
Tablero de medición y control (iluminación vertical):	
Sobre medidores	300
Túnel del eje	30
Bodega seca para cargamento (Unidad de ilumina permanente)	100
Carga y descarga de cargamento refrigerado	30u
Talleres	200
Sobre trabajo	500
Escotillas de la bodega:	
Area sobre escotilla	50
Area adyacente a la cubierta	30
CARROS DE FF.CC. PARA CORREO	
Bultos de correo y cajas para cartas	300
Almacenaje correo	150
CARROS DE FF.CC. PARA PASAJEROS	
Escritura y lectura:	
General	200
Sobre escritorio	500
Sección de baños	
General:	150
Espejo	300
Sanitario	50
Carro comedor	150
Cantina	100
Areas sociales	200
Escalones y puertas	100
TRANVIAS Y TROLEBUSES	300
TIRO AL PICHON	
Blanco, a 50 Mts.	300r
Línea de tiro, general	100
VOLLEYBALL	
Torneo	200
Recreativo	100
WATER POLO	
Torneo	300
Club	200
Recreativo	100

NOTAS

a. 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 periodos 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.

b. Las pinturas o cuadros con colores obscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 a 3 veces mayor.

c. En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 Luxes, es necesaria para hacer resaltar la belleza de las estatuas.

d. La iluminación se puede reducir o atenuar durante el sermón, la introducción o la meditación.

e. Si los acabados interiores son obscuros (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 semiobscuro 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 considera como un factor principal en vez de los Luxes producidos en un punto considerado.

g. Para inspección minuciosa, 500 luxes.

h. Los manuscritos a lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 luxes.

i. Para inspección minuciosa, 500 luxes. Esto se puede hacer en el cuarto de baño, pero si se tiene un tocador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado.

j. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado, o alguna determinada orientación del trabajo.

k. O no menos de 1/5 del nivel de las áreas adyacentes.

l. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea.

m. La iluminación general de éstas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.

n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos.

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) Areas 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 obscuras se pueden reducir cuando menos a la mitad o se pueden doblar cuando se desee un efecto más dramático.

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 puede 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.

Reimpresión de la Revista "INGENIERIA DE ILUMINACION"
de Mayo - Junio de 1967.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SISTEMAS DE DISTRIBUCION

MEDIO DE CANALIZACION

ING. JOSE ANTONIO LOZANO VILLAFAÑA

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

.- 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 mayores 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 mas extendido el - uso del cobre obedeciendo su selección a las siguientes razones de conveniencia técnico económica:

* Disponibilidad en el mercado
* Alta conductividad eléctrica (base Cu = 100%, Al = 61%, Ar = 160%)
* Maleabilidad 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 temples por procesos continuos
* Alta resistencia a la ruptura por tracción.

Desde el punto de vista de la 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:
Pérdidas por efecto Joule = $W = ZI^2$ (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 mas significativa del valor de la impedancia (medida en ohms) es la resistencia eléctrica cuyo valor depende directa-- mente 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 mas adelante, los parámetros mas significativos son la resistividad del metal y la temperatura de funcionamiento del sistema.

1.1.1.- CALCULO DE LA RESISTENCIA

Resistencia de un conductor

Como es conocido, la resistencia de un conductor está dada por la fórmula fundamental:

$$R_{20} = \rho_{20} \frac{l}{A} \quad \text{--- (1)}$$

Donde: ρ_{20} = Resistividad del conductor en ohms mm^2/Km
(Para el cobre, a 20 °C, ρ_{20} = 17.24 ohms mm^2/Km.
l = Longitud del conductor en Km.
A = Sección transversal del conductor en mm^2

Aumento de resistencia con la temperatura

Para temperaturas superiores a 20 °C, la resistencia varía de acuerdo con la siguiente expresión:

$$R_T = R_{20} \left[1 + \alpha_{20} (T-20)\right] \quad \text{--- (2)}$$

Donde: R_T = Resistencia en ohms a la temperatura T
α_{20} = Coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura.
(Para el cobre, α_{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:

$$R_{CD_T} = \frac{\rho_{20}}{A_R} \left[1 + \alpha_{20} (T-20)\right] (1+K_c) \quad \text{--- (3)}$$

Donde: A_R = Sección real del conductor que corresponde a la suma de las secciones de los hilos elementales que lo constituyen (en mm^2)
K_c = Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de cableado y que varía de 0.015 para cuerdas rígidas hasta 0.04 para cuerdas flexibles.

Sustituyendo en la ec. (3) el valor numérico de ρ_{20} y considerando que aproximadamente α_{20} = 0.004, obtendremos la fórmula práctica (para conductores de cobre) de:

$$R_{CD_T} = \frac{17.24}{A_R} \left[1 + 0.02 \left(\frac{T-20}{8}\right)\right] (1+K_c) \quad \text{--- (4)}$$

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 ρ_{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.

EFECTO 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 = frecuencia, en CPS

K_i = coeficiente que depende de la construcción del conductor (ver tabla 2).

Como el cálculo de f(x) implica funciones de Bessel y resulta impráctico efectuarlo cada vez, ya se han calculado ciertos valores que se reportan en la TABLA 1 .

EFECTO DE PROXIMIDAD

El efecto de proximidad puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$\Delta R_{cb} = R_{cb_T} \cdot f(x_1) \cdot \left(\frac{d_c}{A}\right)^2 \cdot \left[\frac{1.18}{f(x_1)+0.27} + 0.312\left(\frac{d_c}{A}\right)^2\right] \quad (7)$$

Donde: $f(x_1)$ = valor de f(x) para $x = x_1$

d_c = diámetro del conductor

A = Distancia interaxial entre conductores (Distancia media geométrica)

$$x_1 = 0.0504 \sqrt{\frac{f \cdot K_i}{R_{cb}}} \quad (8)$$

(ver tabla 2 para el valor de K_i)

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	0.0001	0.0013	0.0052	0.0126	0.0258	0.0470
x	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75
f(x)	0.0782	0.1207	0.1754	0.2417	0.3181	0.4124	0.4920	0.5645
x	4.00	4.25	4.50	5.00				
f(x)	0.6779	0.7708	0.8628	1.0427				

Para valores de x mayores de 5, tendremos que:

$$f(x) = \frac{x}{2\sqrt{2}}\left(1 + \frac{B}{8x^2}\right) - \frac{B}{4}$$

TABLA 2 VALORES DE ko y ki

TIPO DE CONDUCTOR	ko	ki
Cuerda redonda normal	1.0	0.8
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 resulta 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 (mm²)	Diámetro sobre aislamiento (mm.) TW y THW	THHN
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	2.00	3.49	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	5.15	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	126.80	19.50	18.34
300	16.00	152.20	20.90	19.61
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, forro TW para 600 V a 60 °C

con una longitud de 750 m. y arreglado en un circuito trifásico á tres hilos, balanceado, instalado en tubo conduit.

$$R_{20} = \rho_{20} \frac{l}{A}$$

Donde: $\rho_{20} = 17.24$

$l = 0.25$

$A = 69.43\ mm^2$ (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_s (ec. 4) para cuerdas rígidas = 0.015, tendremos que el valor corregido de R_{60} será:

Efecto piel: $x_0 = 0.0504 \sqrt{\frac{60 \times 1.0}{0.075}} = 1.425$

De la tabla 1, : $f(x_0) = 0.006$

Por lo tanto : $\Delta R_0 = 0.075 \times 0.006 = 0.00045$ ohms.

Efecto de proximidad:

$$x_i = 0.0504 \sqrt{\frac{60 \times 0.8}{0.075}} = 1.285$$

de la Tabla 1 : $f(x_i) = 0.02$

dc = 10.64 mm $\quad D = \sqrt[3]{(14.7)^3} = 14.7\ mm$

De donde: $\Delta R_i = 0.075 \times 0.02 \times \left(\frac{10.64}{14.7}\right)^2 \left[\frac{1.18}{0.02+0.29} + 0.312 \left(\frac{10.64}{14.7}\right)^2\right]$

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 real = 0.0739 + 0.00045 + 0.0033 = 0.0776 ohms.

Como se aprecia de este ejemplo, el aumento de resistencia por efecto piel y por efecto de proximidad (mismos que son funciones 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 CPS, no influye de manera decisiva en la modificación de éste parámetro.

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 contínua y aterrizada en ambos extremos del propio cable.

La potencia activa disipada en el dieléctrico, en forma de calor, vale:

$$W_d = \omega . C . (KV)^2 \cot\varphi \times 10^{-3} \quad watts/km$$

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 -

pruebas 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 frio 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 comentó 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.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

CONDUCTORES: CONDICIONES DE DISEÑO

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

FEBRERO, 1982

cio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

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 aluminio 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 construye directamente extruido sobre el elemento conductor y generalmente 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 instalado el conductor.

Calibre MCM AWG	Torcido Clase	No. de Hilos	Area mm²	Peso Aprox. Kg/Km	Diámetro Exterior Aprox. mm	Amps	DURO Resistencia 20°C y CC Ohm/Km	DURO Carga de Ruptura Kilos	SEMI DURO Resistencia 20°C y CC Ohm/Km	SEMI DURO Carga de Ruptura Kilos	SUAVE Resistencia 20°C y CC Ohm/Km	SUAVE Carga de Ruptura Kilos
1000	B-A	61	506	4505	29.71	1500	0.0361	21398	0.0369	15028	0.0347	12256
1000	AA	37	506	4505	30.35	1300	0.0351	19843	0.0359	14500	0.0347	13190
900	B-A	61	456	4135	27.81	1325	0.0401	19731	0.0409	14396	0.0385	12035
800	AA	37	456	4135	28.62	1200	0.0401	19728	0.0409	14187	0.0385	11819
800	B-A	61	406	3676	26.22	1150	0.0451	17605	0.0459	12912	0.0434	10615
800	AA	37	406	3676	26.82	1130	0.0451	15530	0.0449	12548	0.0434	10946
750	B-A	61	380	3448	25.30	1100	0.0481	16693	0.0479	12021	0.0463	9912
750	AA	37	380	3448	25.97	1050	0.0481	15150	0.0479	11063	0.0463	9579
700	B-A	61	354.2	3218	24.52	1010	0.0516	14745	0.0513	11278	0.0496	9253
700	AA	37	354.2	3218	24.98	1040	0.0516	14139	0.0513	11272	0.0495	9528
650	B-A	61	329.1	2988	23.63	990	0.0555	13700	0.0552	10511	0.0534	8670
650	AA	37	329.1	2988	23.60	990	0.0555	13213	0.0552	10953	0.0534	8569
600	B	61	304.0	2757	22.33	940	0.0602	12447	0.0596	10226	0.0578	8153
600	A-AA	37	304.0	2757	22.63	940	0.0602	12256	0.0596	9433	0.0578	7911
550	B	61	278.6	2528	21.07	895	0.0656	11701	0.0653	8705	0.0631	7234
550	A-AA	37	278.6	2528	20.65	895	0.0656	11204	0.0653	8259	0.0631	7018
500	B-A	37	253.3	2298	20.10	840	0.0721	10211	0.0718	7941	0.0694	6651
500	AA	19	253.2	2298	20.61	840	0.0721	9965	0.0718	7818	0.0694	6501
450	B-A	37	228.0	2068	19.01	780	0.0802	9270	0.0798	7212	0.0771	5823
450	AA	19	228.0	2068	19.50	780	0.0802	8950	0.0798	7022	0.0771	5693
400		37	202.8	1838	18.48	730	0.0902	8310		6414	0.0866	5271
400	A-AA	19	202.8	1838	18.14	730	0.0902	8079	0.0896	6328	0.0866	5211
350	B	37	177.2	1609	17.30	670	0.103	7225	0.103	5547	0.0991	4559
350	A	19	177.2	1609	17.22	670	0.103	7072	0.103	5314	0.0991	4315
350	AA	12	177.2	1609	18.03	670	0.103	6988	0.103	5451	0.0991	4513
300	B	37	152.0	1379	16.00	610	0.120	6291	0.120	4677	0.115	4115
300	A	19	152.0	1379	15.06	610	0.120	6178	0.120	4376	0.115	3954
300	AA	12	152.0	1379	16.60	610	0.120	5974	0.120	4513	0.115	3454
250	B	37	126.6	1149	14.00	540	0.144	5244	0.144	4051	0.139	3479
250	A	19	126.6	1149	14.18	540	0.144	5150	0.144	4008	0.139	3795
250	AA	12	126.6	1149	15.24	540	0.144	5049	0.144	3951	0.139	3295
4/0	B	19	107.2	972.2	13.41	480	0.170	4362	0.170	3347	0.164	2983
4/0	A-AA	7	107.2	972.2	13.28	480	0.170	4157	0.170	3277	0.164	2763
3/0	B	19	85.0	771.3	11.94	420	0.214	3492	0.214	2664	0.207	2321
3/0	A-AA	7	85.0	771.3	11.78	420	0.214	3341	0.214	2626	0.207	2212
2/0	B	19	67.43	611.4	10.64	360	0.270	2781	0.270	2147	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	53.49	484.9	9.45	310	0.340	2272	0.340	1725	0.329	1447
1/0	A-AA	7	53.49	484.9	9.35	310	0.340	2155	0.340	1670	0.329	1391
1	B	19	42.41	383.0	8.06	270	0.429	1769	0.429	1348	0.415	1148
1	A	7	42.41	383.0	8.66	270	0.429	1775	0.429	1345	0.415	1148
1	AA	3	42.41	383.0	9.11	270	0.421	1642	0.424	1326	0.414	1148
2	B-A	7	33.62	304.0	7.42	210	0.539	1381	0.533	1041	0.523	910
2	AA	3	33.62	304.0	8.13	240	0.533	1371	0.533	1043	0.523	875
3	B-A	7	26.67	240.7	6.60	200	0.652	1104	0.652	845	0.639	732
3	AA	3	26.67	240.7	7.26	200	0.652	1070	0.647	831	0.639	722
4	B-A	7	21.15	190.8	5.89	180	0.866	673	0.856	523	0.825	572
4	AA	3	21.15	190.8	6.15	180	0.850	662	0.850	642	0.825	550
5	B	7	10.76	152.1	5.23	150	1.040	681	1.05	531	1.05	454
6	B	7	13.30	119.9	4.67	130	1.310	550	1.31	414	1.32	360
7	B	7	10.55	95.68	4.16	112	1.740	442	1.73	347	1.67	226
8	B	7	8.37	75.58	3.71	92	2.160	361	2.19	272	2.10	226
9	B	7	6.76	60.16	3.30	85	2.740	283	2.74	221	2.65	180
10	B	7	5.26	47.73	2.95	65	3.460	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 cobrado), y un viento de 0.6 mts/seg en dirección perpendicular al eje del cable.

Conductores Desnudos de Cobre 5

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.	Diámetro Nominal mms	Diámetro Nominal pulg	Sección Transversal mms. cuadrados	Sección Transversal mils circulares	Peso en Kilos por km	Duro: Resistencia en OHMS por km a 20°C y CC	Duro: Carga de Ruptura a la Tensión en kilos Mínima	Semi-Duro: Resistencia Máxima OHMS por Km 20°C y CC	Semi-Duro: Carga de Ruptura a la Tensión en Kilos Mínima	Suave: Resistencia en OHMS por km a 20°C y CC	Suave: Carga de Ruptura a la Tensión en kilos Mínima
4/0	11.684	.4600	107.20	211.600	953.0	.16552	3693.685	.16467	3168.128	.16538	2713.888
3/0	10.404	.4096	85.03	167.800	756.0	.20870	3049.099	.20765	2570.551	.20876	2152.332
2/0	9.266	.3648	67.43	133.100	599.0	.26317	2517.418	.36192	2046.106	.25568	1706.897
1/0	8.251	.3249	53.48	105.500	475.0	.33171	2048.911	.33046	1691.928	.32242	1353.547
1	7.348	.2893	42.41	83.690	377.0	.42262	1632.876	.42062	1371.686	.40651	1103.155
2	6.544	.2576	33.63	66.370	299.0	.53316	1302.160	.53053	1111.320	.51282	874.594
3	5.827	.2294	26.67	52.640	237.1	.67227	1116.330	.66904	890.942	.64635	694.008
4	5.189	.2043	21.15	41.740	188.0	.84701	893.597	.84321	718.572	.81532	550.216
5	4.621	.1819	16.77	33.100	149.0	1.0674	721.873	1.0623	573.350	1.0279	436.317
6	4.115	.1620	13.30	26.250	118.0	1.3478	580.668	1.3409	458.136	1.2963	346.051
7	3.665	.1443	10.55	20.820	93.8	1.6994	463.209	1.6310	365.873	1.6345	274.478
8	3.264	.1285	8.366	16.510	74.4	2.1424	374.631	2.1373	292.373	2.0611	217.637
9	2.906	.1144	6.631	13.090	59.0	2.7028	299.920	2.6837	233.241	2.5998	172.195
10	2.588	.1019	5.261	10.380	46.8	3.4089	240.045	3.3692	185.157	3.2773	139.430
11	2.305	.09074	4.172	8.234	37.1	4.2981	191.827	4.2751	148.899	4.1340	117.436
12	2.053	.08081	3.309	6.530	29.4	5.4202	152.863	5.3906	118.601	5.2102	89.58
13	1.828	.07196	2.624	5.178	23.3	6.8343	121.505	6.7982	94.211	6.5718	71.033
14	1.628	.06408	2.081	4.107	18.5	8.6159	96.844	8.5733	75.569	8.2845	60.337
15	1.450	.05707	1.650	3.257	14.7	10.8666	77.021	10.8108	60.328	10.4467	49.870
16	1.291	.05082	1.309	2.583	11.6	13.7014	61.281	13.6292	48.172	13.1764	39.476
17	1.150	.04526	1.038	2.048	9.23	17.2777	48.762	17.1891	38.474	16.6143	28.091
18	1.024	.04030	.8231	1.624	7.32	21.7658	38.769	21.6742	30.667	20.9491	22.280
19	.9116	.03589	.6527	1.288	5.80	27.4218	30.840	27.3307		26.4153	17.667
20	.8118	.03196	.5178	1.022	4.60	34.6473	24.500	34.4505		33.3021	14.011
21	.7229	.02846	.4105	.8101	3.65	43.6701	19.4365	43.4404		41.9008	11.1132
22	.6438	.02535	.3255	.6424	2.89	55.0879	15.5133	54.7920		52.9953	8.8114
23	.5733	.02257	.2582	.5095	2.30	69.4587	12.3431	69.0978		66.8311	6.9832
24	.5106	.02010	.2047	.4040	1.82	87.5698	9.8235	87.1433		84.2257	5.5561
25	.4547	.01790	.1624	.3204	1.44	110.4384	7.8231	109.9908		106.2059	4.5677
26	.4049	.01594	.1288	.2541	1.14	139.2456	6.2279	138.5233		133.8596	3.6210
27	.3606	.01420	.1021	.2015	.908	175.5291	4.9533	174.6804		168.8730	2.8718
28	.3211	.01264	.08046	.1588	.720	221.4357	3.9464	220.2863		212.9369	2.2775
29	.2859	.01126	.06422	.1267	.571	279.2131	3.1380	277.7694		268.5170	1.8107
30	.2546	.01003	.05093	.1005	.453	352.0513	2.4957	349.4108		338.6992	1.4220
31	.2268	.00893	.04033	.0796	.359	443.9193	1.9849	441.6276		426.8281	1.1268
32	.2019	.007950	.03203	.0632	.285	559.7386	1.5807	557.1138		538.4171	.8936
33	.1798	.007080	.02540	.0501	.226	706.0212	1.25737	702.4621		678.6383	.71442
34	.1601	.006305	.02014	.0397	.179	890.1353	0.99973	885.5419		1079.4480	.56754

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 alambres duros, mínimos y máximos para alambre semi-duro, y máximo para alambres suaves ó recocidos.

NOTA: Para alambres semiduros, calibres No. 19 y menores no son recomendaciones.

Características Eléctricas 6

Alambres y Cable Desnudos de Cobre Duro 97.5% Conductividad IACS Unidades

Calibre Conductor	Número de Hilos	Resistencia Ohmica por Conductor por Kilómetro* Corriente Continua 20°C	Corriente Continua 50°C	Corriente Alterna 60 ciclos 20°C	Corriente Alterna 60 ciclos 50°C	Radio Geométrico Metros	Reactancia por Conductor por Km. 60 ciclos 15 mms. de separación § Inductiva X_L
AWG o MCM		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Sólidos							
18	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
16	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
14	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
12	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
10	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1/0	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2/0	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3/0	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4/0	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Cableados							
6	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1/0	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2/0	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3/0	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4/0	7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
250	19	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
300	19	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
350	19	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
400	19	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
450	37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
500	37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
550	37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
600	37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
650	37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
700	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
750	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
800	37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
900	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
950	37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1000	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1100	37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1200	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1300	37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1250	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1500	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1750	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2000	61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

* Los valores de resistencia son para diámetros 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 valores son aproximados y están sujetos a tolerancias normales del manufacturar.

§ La reactancia inductiva fue calculada para una distancia equivalente = 30% diámetro.

TABLA I

CABLES DE ALUMINIO (AAC)

Codigo Mundial	Cobre			Cableado	Diametro Total mm	Tension de Ruptura kg	Resistencia a 25° C CC Ohms/Km	Peso Kg/Km	Amperes *
	AWG — CM	mm²	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	197	1.3949	58.0	140
Iris	2	33.604	4	7 x 2.473	7.416	606	0.87823	92.7	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	1175	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	0.23293	347.3	450
Valerian	250.000	126.678	157.200	19 x 2.913	14.579	2045	0.23296	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
Dahlia	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	551.9	590
Goldenrod	450.000	227.943	283.000	19 x 3.909	19.558	3460	0.12947	625.1	635
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	694.2	690
Hyacinth	500.000	253.291	314.000	37 x 2.991	20.650	4086	0.11651	694.7	695
Dahlia	556.500	281.929	350.000	19 x 4.345	21.742	4287	0.10463	773.1	730
Mistletoe	556.500	281.929	350.000	37 x 3.114	21.793	4456	0.10463	773.1	730
Meadowsweet	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	785
Heuchera	650.000	329.272	409.000	37 x 3.365	23.571	5211	0.08967	903.6	800
Verbena	700.000	354.621	440.000	37 x 3.493	24.466	5611	0.08327	972.5	830
Flag	700.000	354.621	440.000	61 x 2.720	24.485	5833	0.08372	972.5	830
Violet	715.500	362.490	450.000	37 x 3.533	24.739	5731	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
Hemweed	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 3.787	34.036	10614	0.04308	1878	1250
Carnation	1'431.000	724.950	900.000	61 x 3.891	35.026	11022	0.04070	1967	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 4.107	36.931	12247	0.03663	2203	1380
Jessamine	1'750.000	886.230	1'101.000	61 x 4.307	38.735	13471	0.03330	2431	
Cowslip	2'000.000	1'012.650	1'260.000	91 x 3.764	41.407	15604	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
Bittersweet	2'750.000	1'391.910	1'730.000	91 x 4.414	48.564	21137	0.02120	3853	1900
Trillium	3'000.000	1'515.750	1'890.000	127 x 3.903	50.698	23047	0.01947	4198	1970
Bluebonnet	3'500.000	1'773.105	2'200.000	127 x 4.216	54.813	26943	0.01664	4938	2250

* Las capacidades de los cables estan calculadas 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.

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.

1. Partes de un conductor y sus funciones:

CABLES DE ALTA TENSION

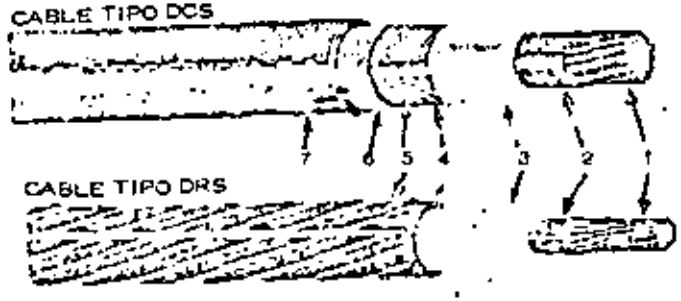


Fig. N° 1

1. Conductor:

Se considera conductor eléctrico a la substancia o material que

permite que una corriente eléctrica pase através 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 utilize.

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.

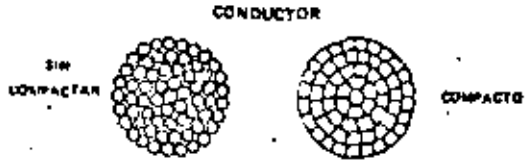


Fig. N° 2

1.3 Material del conductor:

Para la fabricación de conductores eléctricos se utilizan principalmente el cobre y el aluminio.

ج

1.3.1 Propiedades de los materiales conductores:

	Cobre	Aluminio
Número Atómico	29	13
Peso Específico	8.89 gr/cm³	2.703 gr/cm³
Coeficiente de Temperatura por °C a 20°C.	0.00393	0.00403
Conductividad Eléctrica	100%	60.97%
Conductividad Térmica	0.93 cal/cm²	0.52 cal/cm²
Temperatura de Fusión	1083°C	600°C
Coeficiente de Dilatación lineal por °C.	16.77 x 10⁻⁶	23.0 x 10⁻⁶
Calor Específico.	0.0918 cal/gr/°C	0.2250 cal/gr/°C
Resistividad Volumétrica a 20°C.	0.017241 ohms mm²/mt	0.02678 ohms mm²/mt
Resistividad Eléctrica lineal en 304.8m a 20°C.	10.371 ohms	17.0 ohms
Esfuerzo de Tensión, Temple duro.	38.70 kg/cm²	1270 kg/cm²
Esfuerzo de Tensión, Temple suave.	2,250 kg/cm²	845 kg/cm²
Módulo de Elasticidad	1,200,000 kg/cm²	702,000 kg/cm²
Resistencia al Corte	1,750 kg/cm²	665 kg/cm²
Resistencia límites de Fluencia	550 kg/cm²	350 kg/cm²

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

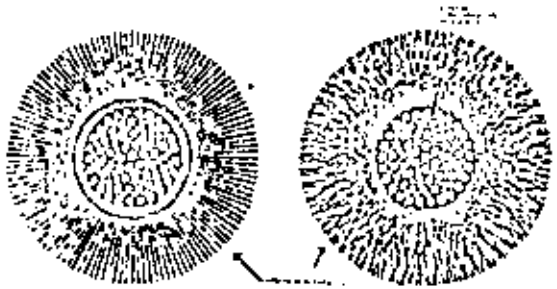


Fig. N° 4

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-

rrínea 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 substancias 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 constituído 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 (XLP):

Partiendo del polietileno natural, y utilizando procesos químicos en presencia de catalizadores, se logran moléculas de

forma tridimensional después de un proceso de vulcanizado, adquirien do propiedades de termoestabilidad.

En este compuesto las características dieléctricas inherentes al po lietileno 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 ul travioleta.

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, intem perie, 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 deriva dos 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-

genería 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.

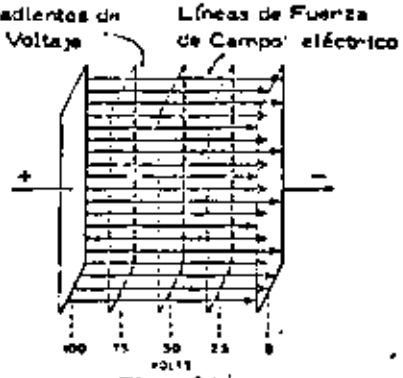


Fig. N° 5

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

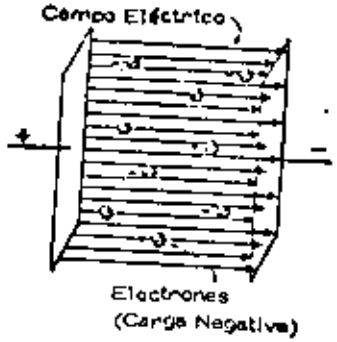


Fig. N° 6

La fuerza conque 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.

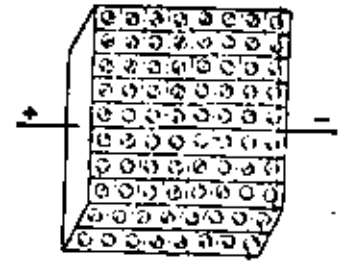


Fig. N° 7

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 moleco-

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.

Analicemos diagramalmente la distorsión del campo eléctrico debido a una impureza en el aislamiento.

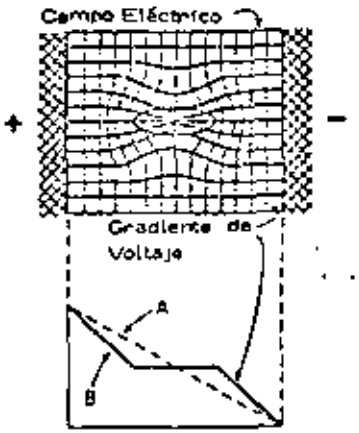


Fig. N° 8

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.

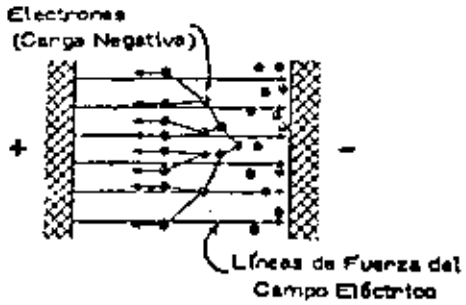


Fig. N° 9

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).

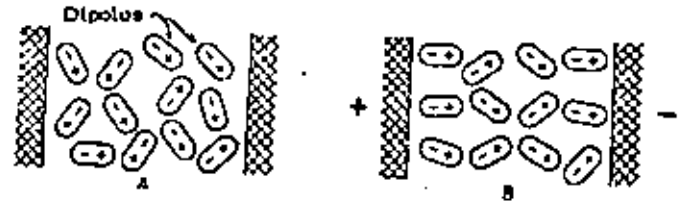


Fig. N° 10

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.

3.4.1.2.2 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.

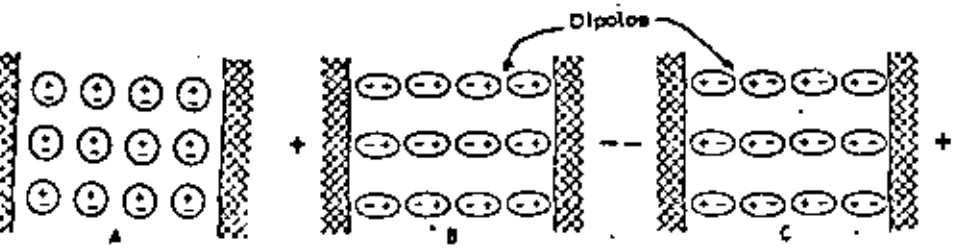


Fig. N° 11

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 substancias disueltas que forman una solución química. Bajo un esfuerzo de voltaje estas substancias 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 descargas 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 es 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 llave al 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 através de la misma.

5.3.3 Pantalla múltiaterrizada: o sea que tiene varios puntos de conexión a tierra. Al tener varios puntos de conexión se presentan corrientes circulantes através 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 hygroscópica.

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.

1. 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 ductos 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.

6.4 En charolas:

Estas instalaciones son realmente instalaciones al aire pero no con un gran número de soportes.

6.5 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 forman el cable, principalmente en su aislamiento y chaqueta protectora.

SEMINARIO 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.

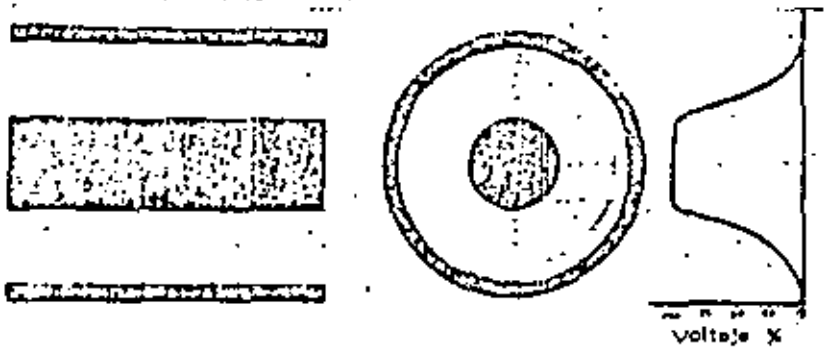


Fig. N° 1

formándose círculos concéntricos de igual potencial a diferentes distancias del centro. Estas líneas se denominan líneas equipotenciales teniendo un 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

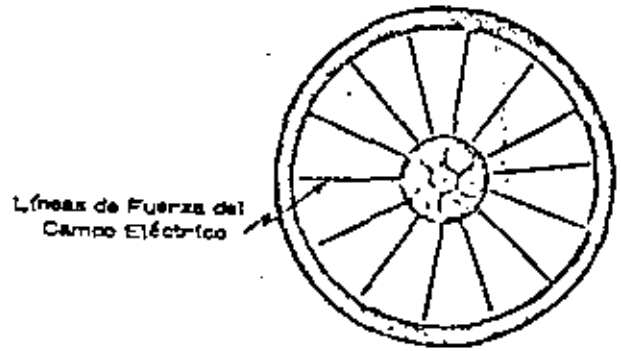


Fig. N° 2

o sea que son líneas radiales al centro del conductor, teniéndose la mayor concentración sobre la superficie de la pantalla del conductor.

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

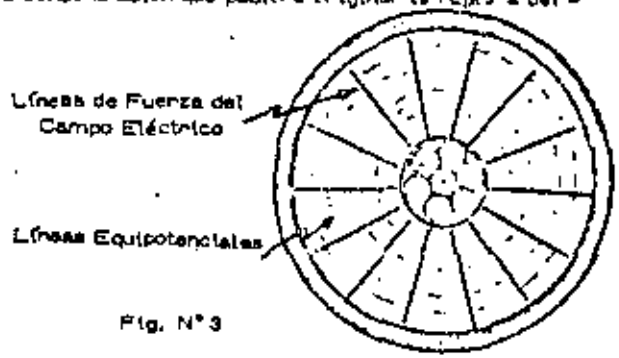


Fig. N° 3

Toda instalación de cable tiene 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 evitar 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 tener control de los esfuerzos tanto longitudinales (líneas equipotenciales) como de las transversales ó radiales (líneas de esfuerzos) creándose una concentración de estos esfuerzos a la terminación de la pantalla.

1.4 Punto de concentración de esfuerzos.

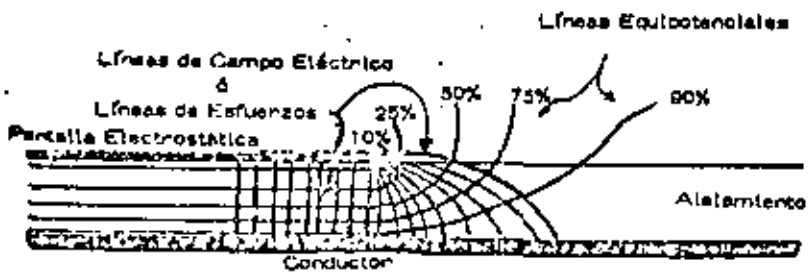


Fig. N° 4

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 preséntalo en su posición definitiva y corta 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.

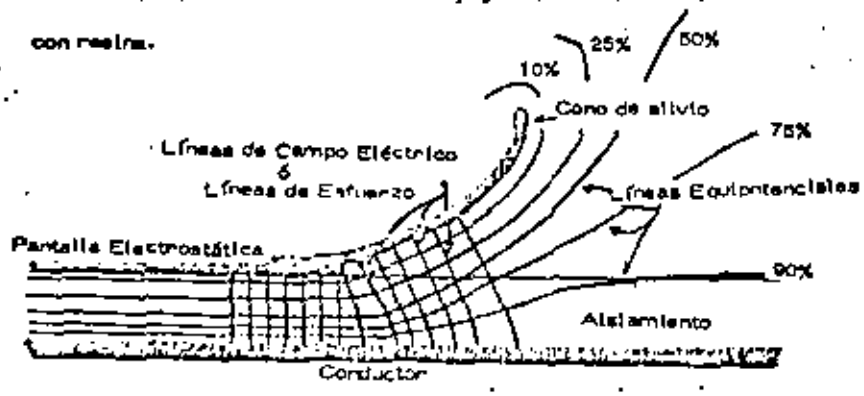


Fig. N° 5

2.2.2 Cono de alivio encintado. Este es una variante del anterior en que el esparcimiento 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.

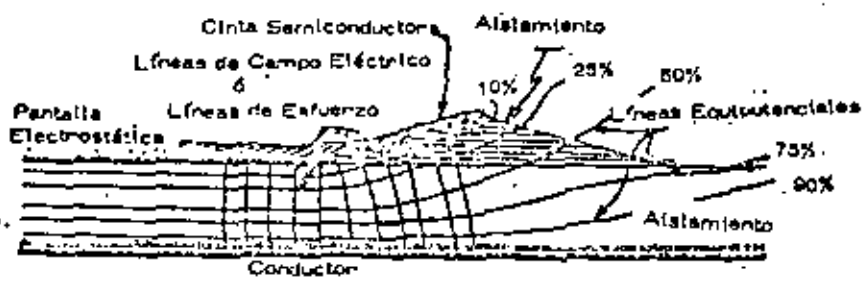


Fig. N° 6

2.2.3 Control del campo eléctrico através 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.

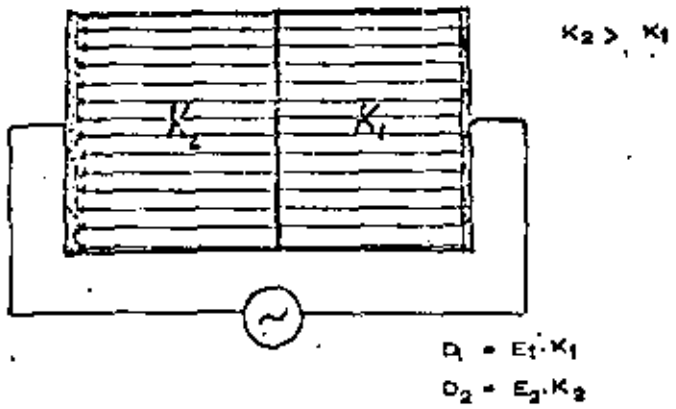


Fig. N° 7

Siendo E_1 y E_2 los respectivos gradientes de potencial, como en este caso la densidad de flujo es constante entre ambas placas

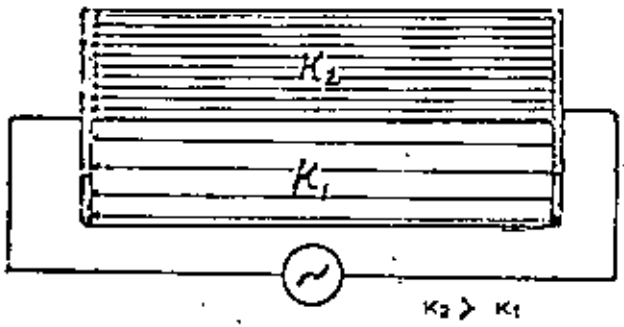
$$D_1 = D_2$$

$$E_1 K_1 = E_2 K_2$$

$$E_2 = \frac{K_1}{K_2} E_1 \qquad E_2 < E_1$$

o sea que la intensidad de campo es mayor en el aislamiento de mayor constante dieléctrica.

2.2.3.2 Consideremos los aislamientos dispuestos en paralelo. El campo eléctrico es paralelo a la interfase entre ambos dieléctricos.



$K_2 > K_1$

$D_1 = E_1 \cdot K_1$

$D_2 = E_2 \cdot K_2$

Fig. # 8

La diferencia de potencial aplicada a ambos dieléctricos es la misma:

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{D_1}{K_1} = \frac{D_2}{K_2}$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1} D_1 \qquad D_2 > D_1$$

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.

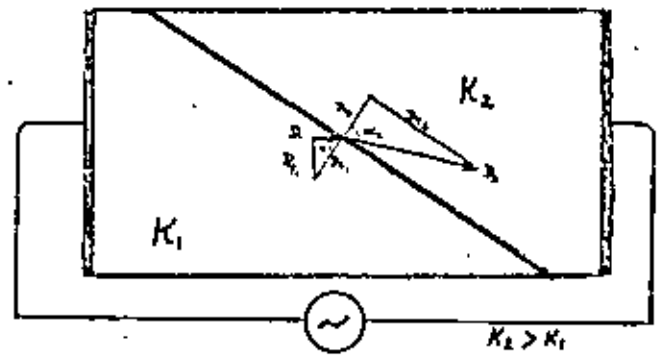


Fig. N° 9

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 α_1 el angulo de incidencia y α_2 el angulo de refracción tenemos:

$$D_{n_2} = D_{n_1}$$

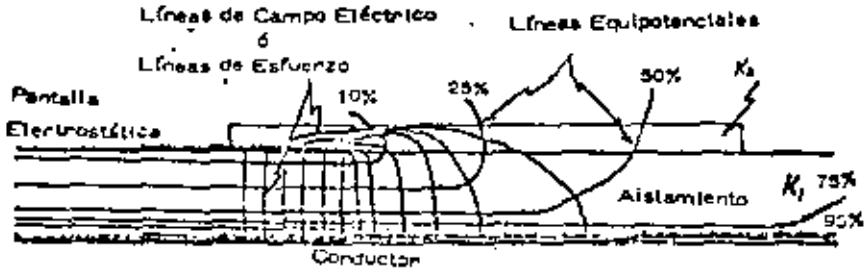
$$D_{T_2} = D_{T_1} \frac{K_2}{K_1}$$

resultando que:

$$\frac{T_g\, \alpha_2}{T_g\, \alpha_1} = \frac{K_2}{K_1}$$

47

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.K, muy elevados con bajos valores resultantes de gradientes de potencial, produciéndose una distribución lineal del voltaje

48

Estas propiedades son utilizadas por los accesorios a base de cintas especiales y tubos thermocontráctiles.

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 utilizan diferentes cintas para restituir los elementos del cable. Premoldeados: Estos elementos contienen ya prefabricados todos los elementos del cable. Thermoconráctiles: Cuando se utilizan materiales thermocontráctiles para reponer los elementos del cable. Rellenos: Cuando se utilizan moldes y estos son rellenados 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".

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SELECTING CABLE SIZE FROM PROTECTION TIME-CURRENT CURVES

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

FEBRERO, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

Selecting cable size from protection time-current curves

1

Conventional design practice calculates the thermal capacity of insulated cables by a mathematical analysis of cable damage curves, with correction factors applied to take into account the ambient temperature. Such curves are based on the short-circuit current and time, and also on the overload current and time. Damage from high-current short-circuits. The method described here provides full protection.

SELECTION of insulated conductor sizes should be made as a function of protective device time-current coordination curves for low- and medium-voltage industrial power systems. To use such curves to best advantage, their characteristics and cable damage curves should be known and understood. A unified and complete treatment of this important subject must include the effect of temperature on the resistance of conductors and the general equation of the short-time thermal capability of insulated cables. A review of the method usually used and the difficulties encountered in selecting the right size of feeder conductor does recommend a new method of selection.

For circuits to motors, transformers, motor-control centers, switchgear and similar loads, selection of conductors should be made according to the operating voltage, the voltage drop and the currents which can be carried safely by the conductor under continuous load, overload and short-circuit conditions. Conductors often operate under overload conditions; and if conductor size is not selected in accordance with the time interval of overload permitted by the time-current protection devices, the cable may be damaged. Appropriate tripping coordination curves must be used for selecting cable sizes. Short-circuit current magnitudes, overload conditions, and interrupting time of overload or short-circuit current provided in the coordination diagrams of the protection must be factored into the selection of conductor cross-section area. Usually, the minimum cross-section area is plotted versus the short-circuit current at which the cable should remain undamaged, provided the relay protection will operate to trip the circuit breaker. In practice, it is very difficult to say which situation is more dangerous: a short-circuit fault with a very short time before the fault is cleared, or an overload current with a long time, more than 10 seconds, before the inverse-time relay or thermal element will trip the circuit. The size of cable must be sufficiently large to carry the overload current for a suitable time interval until the circuit breaker is tripped, and this must be before the cable is heated to the point where its insulation will be damaged. However, the economical aspects should not be overlooked.

NOTE: This article summarizes the results of a study made by the authors. The complete, detailed report on which this article is based includes the mathematical computations and offers much wider application of the evaluative method to cable selection. Further details may be obtained from the authors.

A rigorous analysis of the effect of temperature on conductor resistance was utilized to determine both the short-circuit thermal capability and the overload thermal capability of conductors. Determination of these thermal limits, based on current vs time, was made for copper and aluminum conductors. The cable short-circuit thermal capability was evaluated on the assumption that the time interval of current flow is very short, up to 10 seconds, and hence the heat developed during that period is contained within the conductor. Heat released from the conductor by conduction or radiation is considered negligible. Overload conditions were taken as currents for a time longer than 10 sec.

The insulated conductors discussed here are the most common ones—i.e., cross-linked polyethylene insulated cables (XLPE, called Type XHHW in the NE Code) and the thermoplastic polyvinyl chloride insulated cables (PVC, called Type TW or THW in the NE Code). Since aluminum has cost advantages and is being used more and more in industrial and commercial installations, both copper and aluminum cables, for single or three conductors, are considered.

For many years, graphs that relate insulated conductor size to safe maximum thermal capacity based on cross-section area vs current have been available. Such graphs were plotted from a mathematical analysis of the thermal capability of insulated cables. These diagrams have been used to select the cables in accordance with short-circuit requirements. Insulated cable manufacturers provide such a family of curves for each kind of insulation and copper material and as a function of cable cross-section area. The difficulty in applying that method for selecting the right size of cables is that it is necessary to check the size of the cable for each value of the short-circuit current and the corresponding time.

An alternative method of mathematical analysis produces another family of parallel straight lines on the same log-log graph paper used for protection coordination curves. Using equations for different cross-section areas and conductor materials of cables, Figs. 1 to 4 were obtained, and these offer an approach to cable selection that is distinctly different from that of the old graphs. The curves in Figs. 2 to 5 provide effective application for ambient temperatures from 20C to 40C, although these lines are plotted for 20C. For overload and short-circuit currents, differences in sets of graph lines for conductors are negligible.

For practical work, the graphical representation of the overload current limit is a straight line on a log-log graph paper, in continuation of the

short-circuit thermal capability lines and asymptotic to the cable ampacity (vertical lines, from NE Code Tables) as shown in Figs. 1 to 4, Fig. 6 and Fig. 7. The short-circuit and overload cable thermal capability curves represent the cable damage curves. These curves should always be above and on the right-hand side and close to the corresponding feeder protection devices' time-current curves. In this case, cable and equipment are protected by the same devices. For any conductor, the "ampacity"—the maximum safe, continuous, full-load current rating—must be carefully selected. For any one of the sizes and types of conductors in Figs. 1 to 4, the specific ampacity to be used for a particular application will depend upon the Table from which it is selected and upon actual conditions that may alter that ampacity.

For instance, the ampacity for a conductor might be selected from NE Code Tables 310-16 or 310-17—referring to conductor material (copper or aluminum), type of insulation (75C PVC or 90C XHHW) and to conditions of use (in conduit, in cable, in open air, etc.). Then, even that ampacity might

2

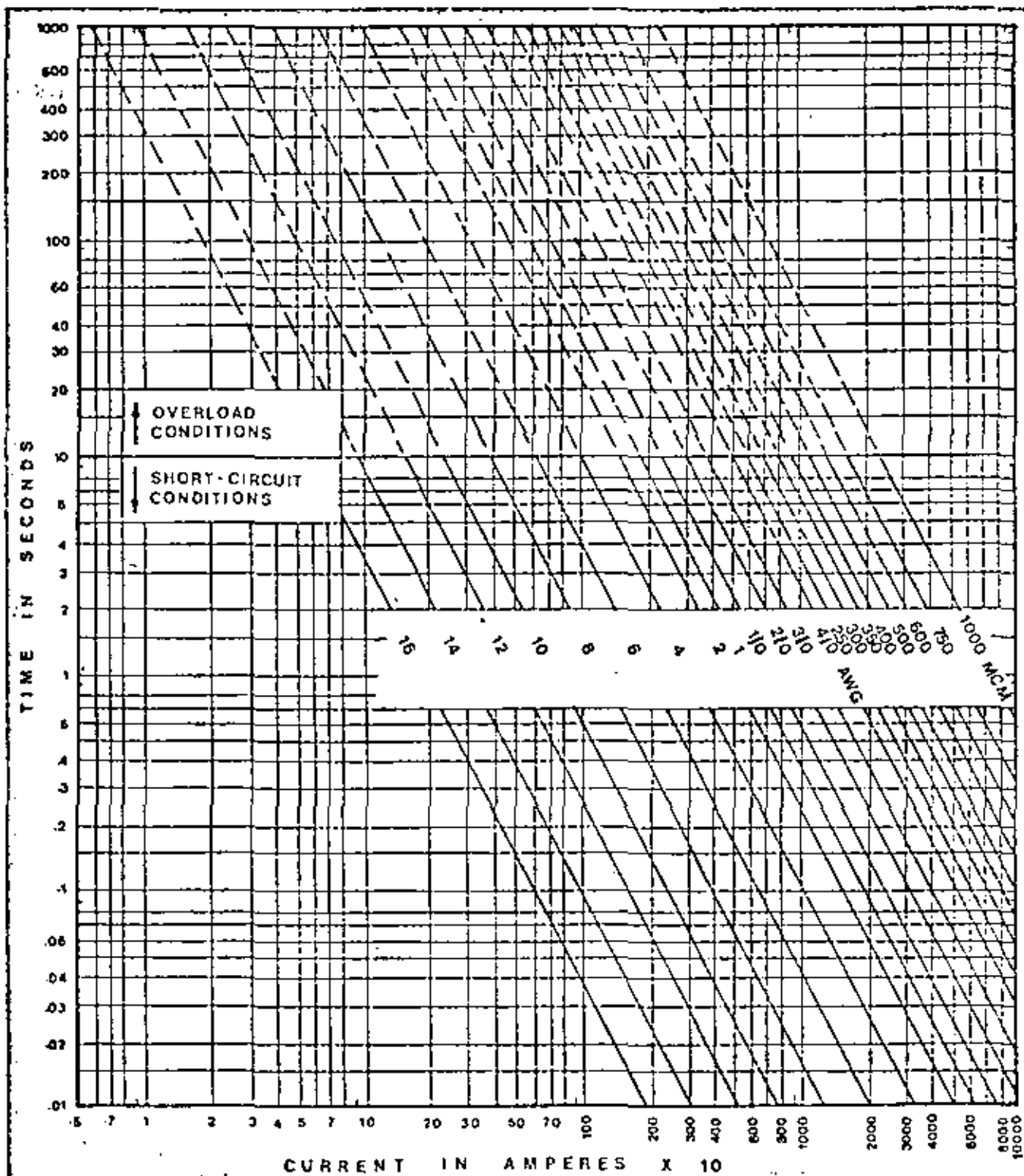


FIG. 1. Maximum short-circuit and overload curves for cross-linked polyethylene insulation (XLPE) cable with copper conductors. Ambient temperature is 20C.

have to be altered to satisfy other code rules: It may be necessary to reduce the Table-value of ampacity if the ambient temperature is over 30C or if more than three conductors are in a conduit (Note 8 to Table 310-16/19). Then Section 220-10(b) of the NE Code requires that conductors supplying a continuous load (load operating steadily for 3 hours or more) must have an ampacity at least equal to 125% of the load. If the circuit operates above 2000 volts, NE Code Tables 310-39 to -54 may be used to determine ampacity, along with the notes to those Tables.

Although the ampacity of any given size and type of conductor may vary due to application conditions, as described above, the thermal damage lines for overload or short circuit for that conductor is essentially constant and must, therefore, be adjusted for the actual ampacity. When the ampacity of any conductor is determined, that value of current must be marked on the top (horizontal) coordinate of the graph—such as by a short vertical line at that current value, as in Fig. 6. Then the straight-line damage curve for the particular conductor is made asymp-

3

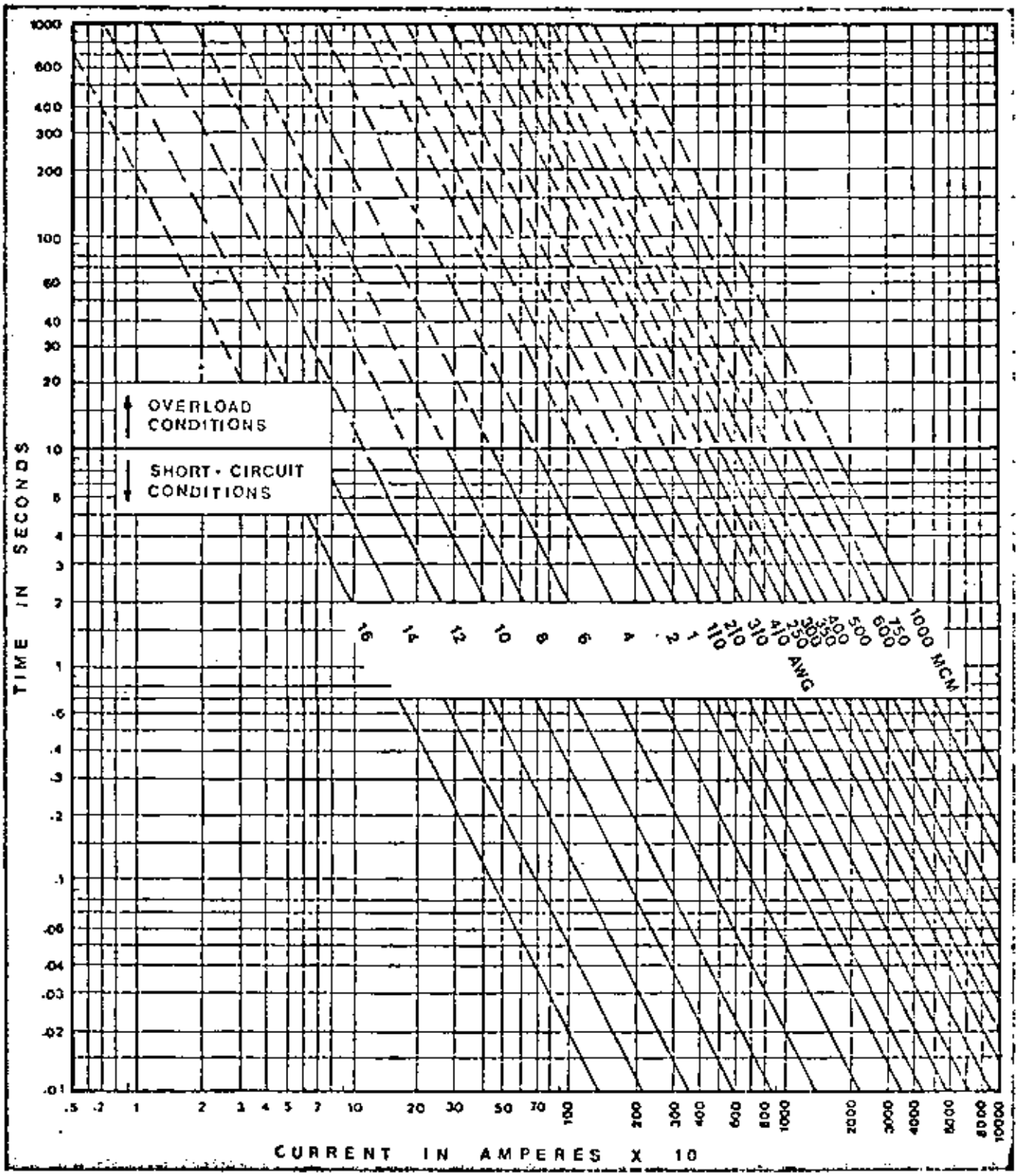


FIG. 2. Maximum short-circuit and overload current curves for thermoplastic polyvinyl chloride (PVC) cable with copper conductors. Ambient temperature is 30C.

totic to the short vertical line at the top of the graph.

In the one-line diagram of Fig. 5, only the protection device numbers that are used for the selection of the cable sizes are given. The device protection coordination curves of this system are shown in Fig. 6 and Fig. 7. Fig. 6 is used to select the low-voltage cables (600 volts) for switchgear, motor-control centers, individual motors, or other load feeders. Selection of 4.16-kv cable is based on the protection diagrams shown in Fig. 7.

For 600-volt and 4.16-kv ac motors, rated 70 hp or more, thermal overload and short-circuit protection were provided in the CB relays. For motors supplied from the MCC, the molded-case circuit breakers with magnetic element (only instantaneous trip) were used for short-circuit protection, and for running protection the overload relay heaters in the starters were used. For each MCC and transformer feeder, the protection relays included an instantaneous unit to provide instantaneous tripping for very high currents and an induction overcurrent unit with inverse-time-delay characteristics.

4

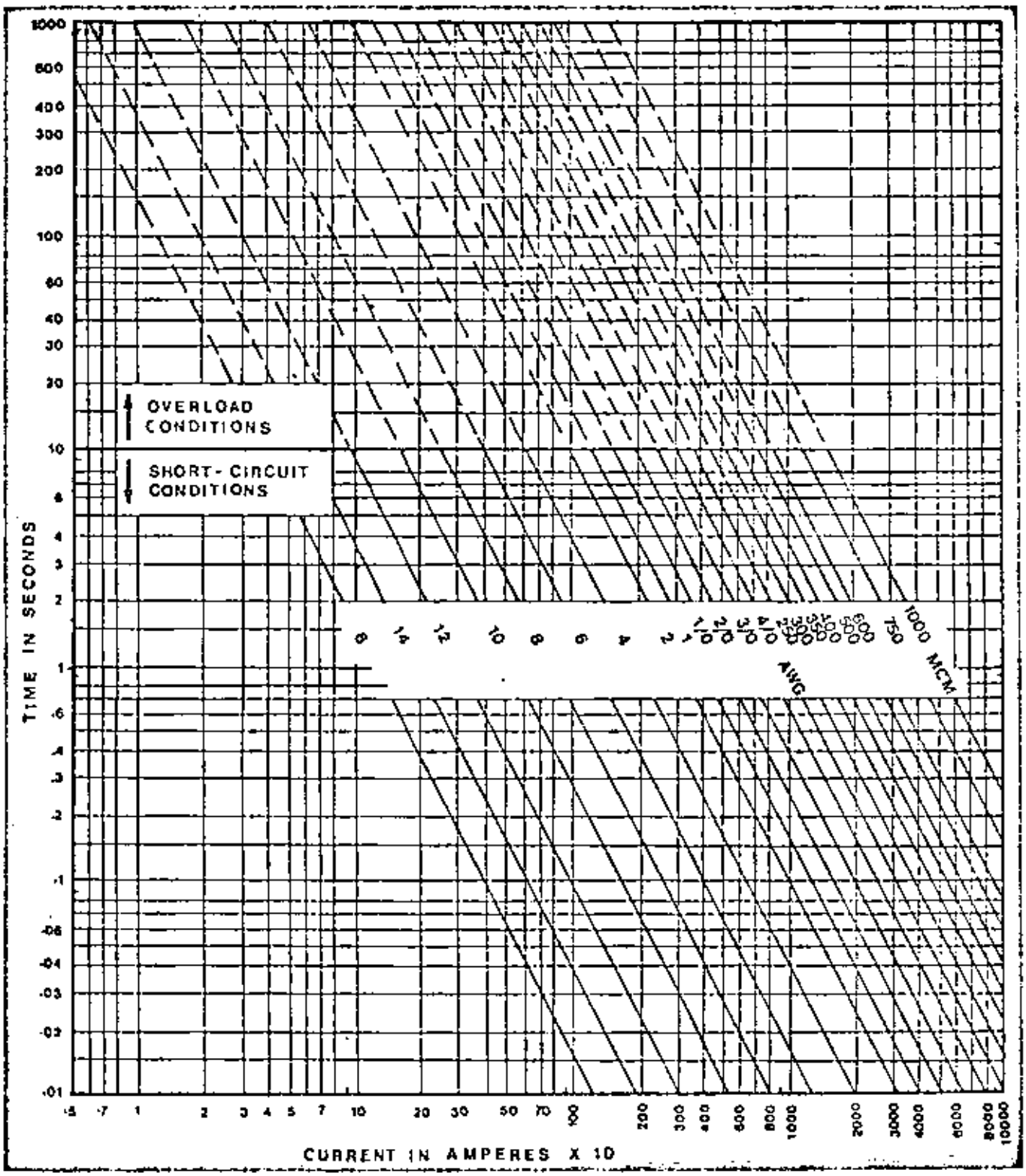


FIG. 3. Maximum short-circuit and overload current for cross-linked polyethylene insulation (XLPE) cable with aluminum conductors. Ambient temperature is 20C.

For 4.16-kv feeders, 3-conductor XLPE insulated cables with copper conductors were used. For 600-volt feeders, PVC insulated cables were used. NE Code Table 310-41 on ampacities of cable must be used to establish permitted cable load current rating. It is assumed that the feeder cables are installed in air at 40C ambient temperature. Conductor temperature of 75C for PVC insulated cables and 90C for XLPE insulated cables, with a derating factor of 0.82 and 100% load factor, were considered. Under other conditions—e.g. single- or 3-conductor cables direct-burial, single- or 3-conductor cables in air, etc.—the same method may be used, considering the corresponding cable ampacity (NE Code Tables 310-39 to 310-54) with corresponding correction factors for various ambient temperatures, ambient earth temperatures, and group correction factors. (See Notes to NE Code Tables 310-39 to 310-54).

When selecting cable size from the diagrams, the method consists of selecting the cable so that the domain on the right-hand side of its cable damage curve will not overlap the

5

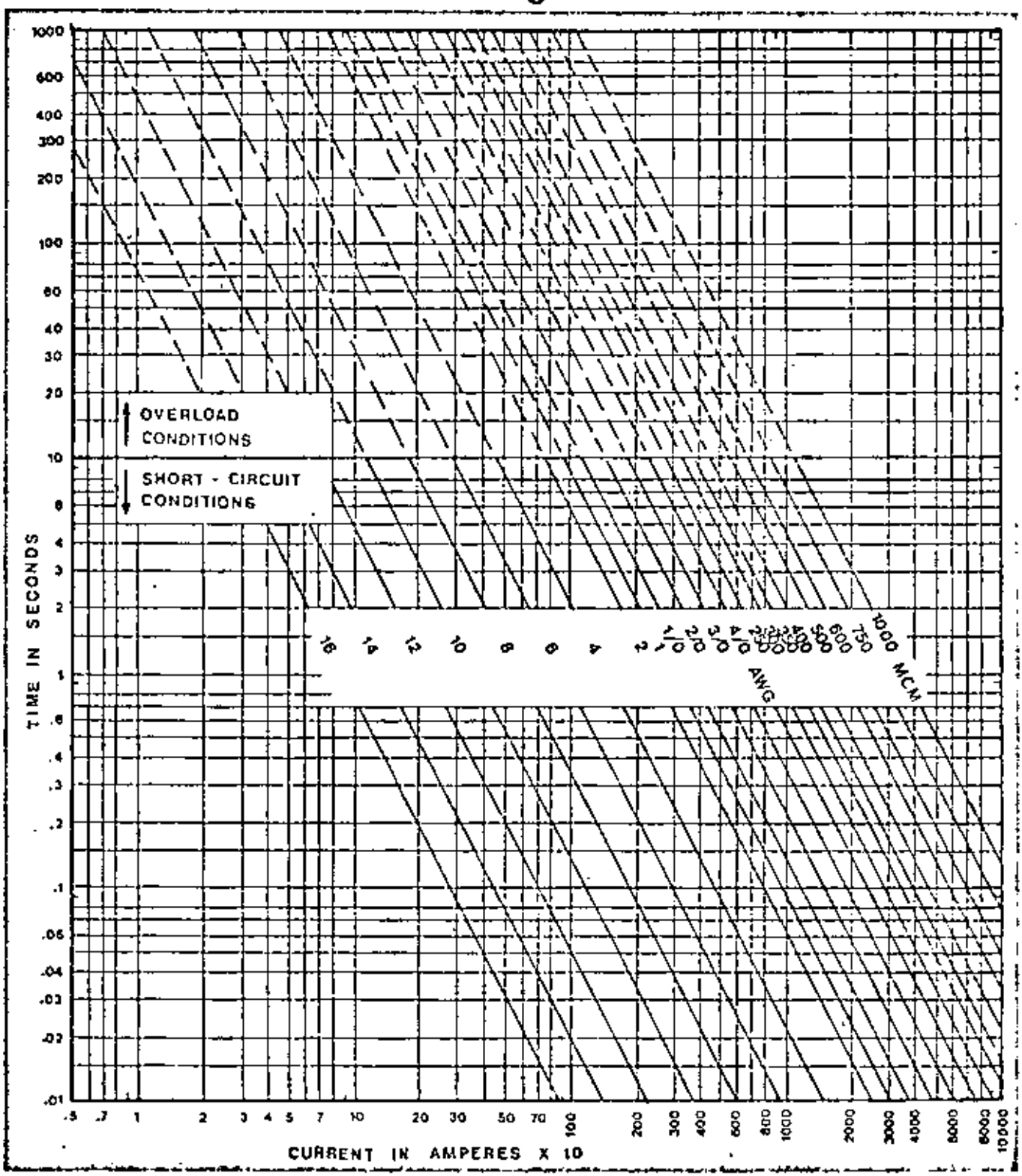


FIG. 4. Maximum short-circuit and overload current curves for thermoplastic polyvinyl chloride (PVC) cable with aluminum conductors. Ambient temperature is 20C.

domain on the left-hand side of the protective device curves. In other words, the time-current curve of the protective devices such as relays, fuses, CBs should be below and to the left of the damage curve of the selected cable. If the protection curves for an electrical system are plotted on a transparent log-log graph paper and the time-current cable damage curves are plotted on the same scale on another page, the paper with the protection curves may be put over the paper with the cable curves and the selection of cable size may be made readily.

In the example shown in Fig. 5 the cable size will be first selected on the basis of ampacity, in accordance with the full-load current. These values are shown in the diagram. Because in many cases, when selecting initially on ampacity only, the corresponding damage time-current curves intersect the protective device protection time-current curves, the conductor cross-sectional area of cables will increase until curves do not intersect.

The cables selected by this method, for the given electric system, are shown in Fig. 6 for 600-volt feeders and in Fig. 7 for 4.16-kv feeders. From Fig. 6 it can be seen that, for loads supplied from the MCC-bus and for the smaller loads, the size of cables should be selected in accordance with the short-circuit current. However, for large loads, the size of cables should be selected in accordance with the over-current protection curves. Δ

6

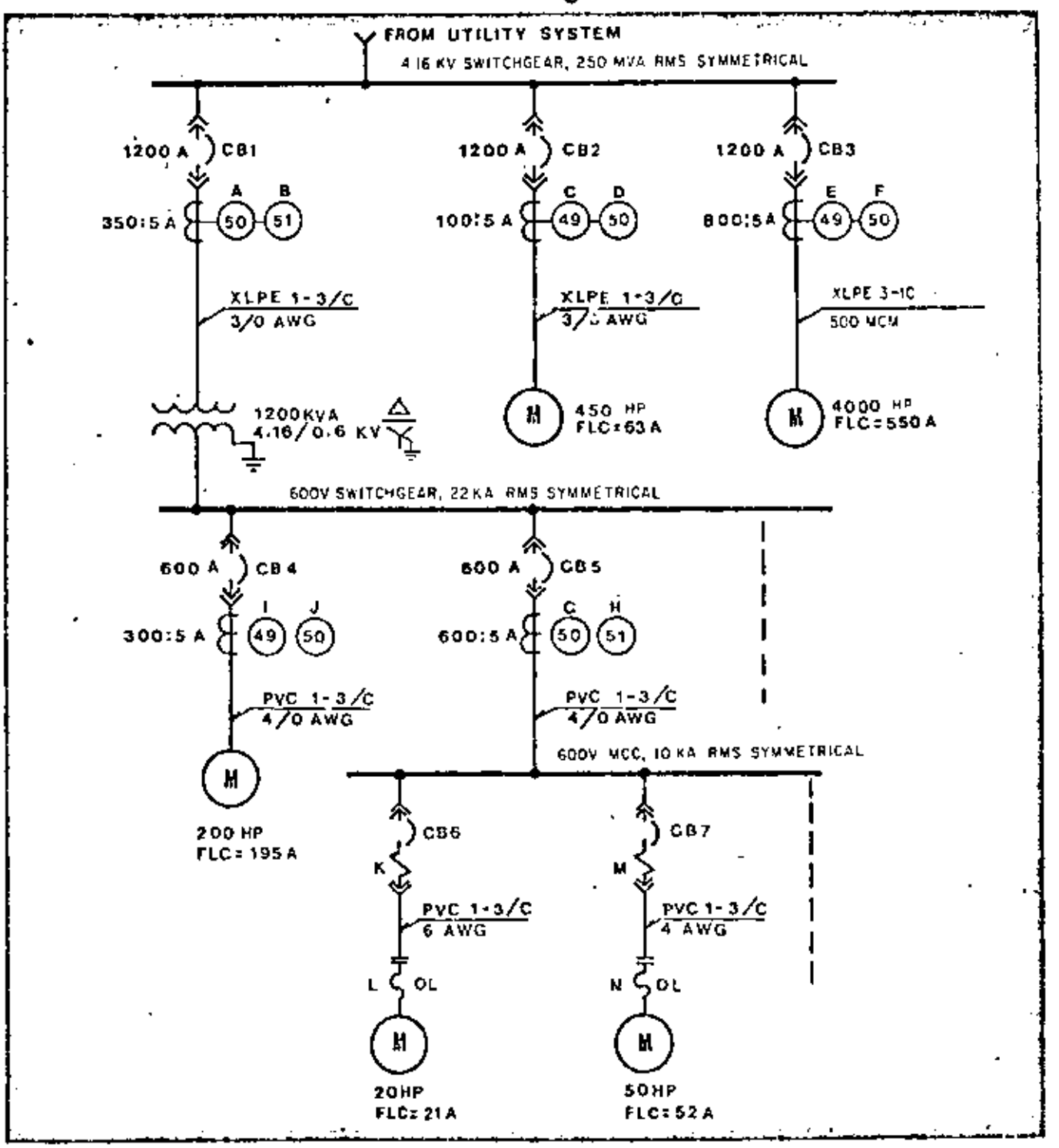


FIG. 5. One-line diagram of an electric system

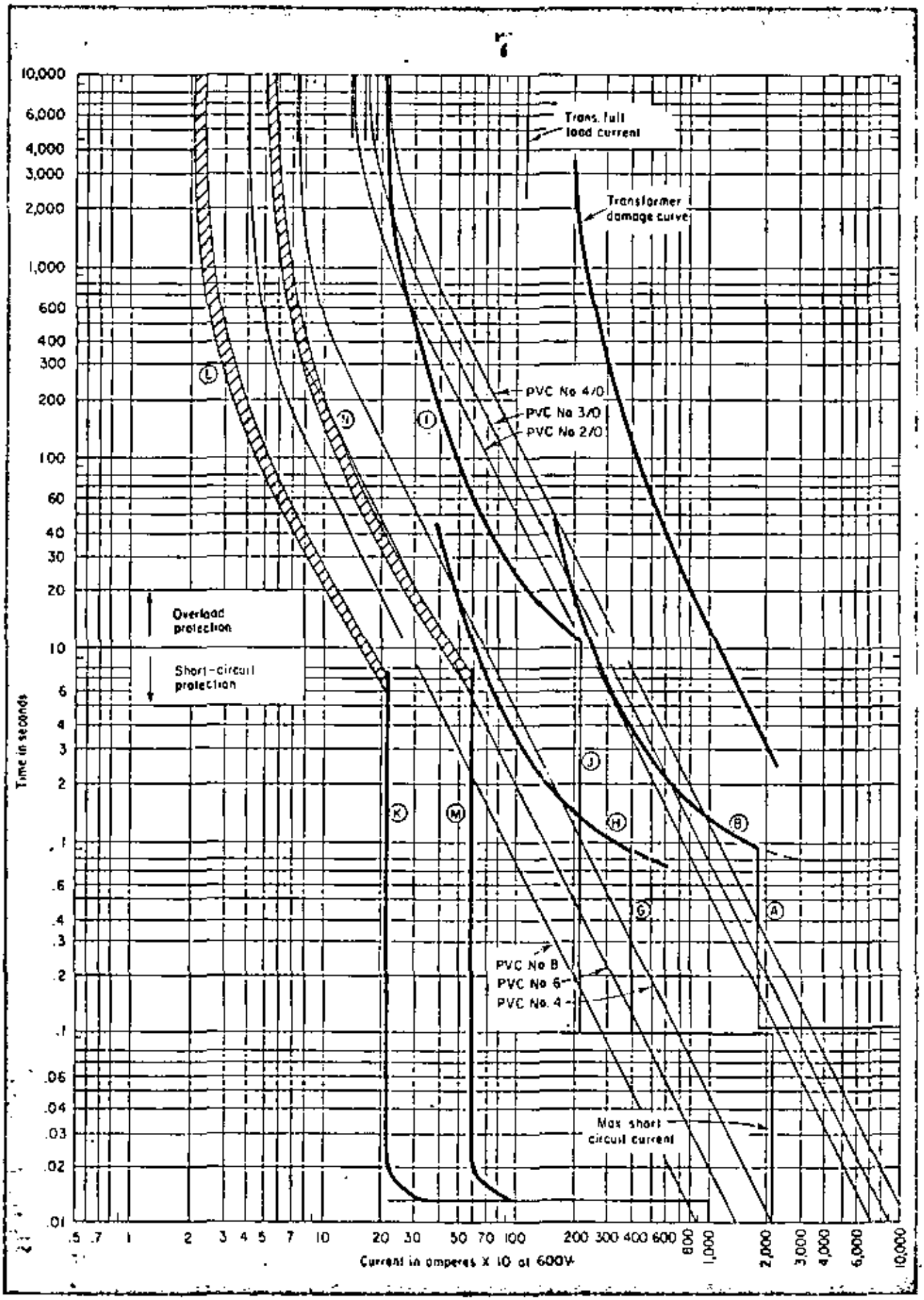


FIG. 8. Short-circuit and overload protection curves and selection of 600-volt PVC insulated cable with copper conductors.

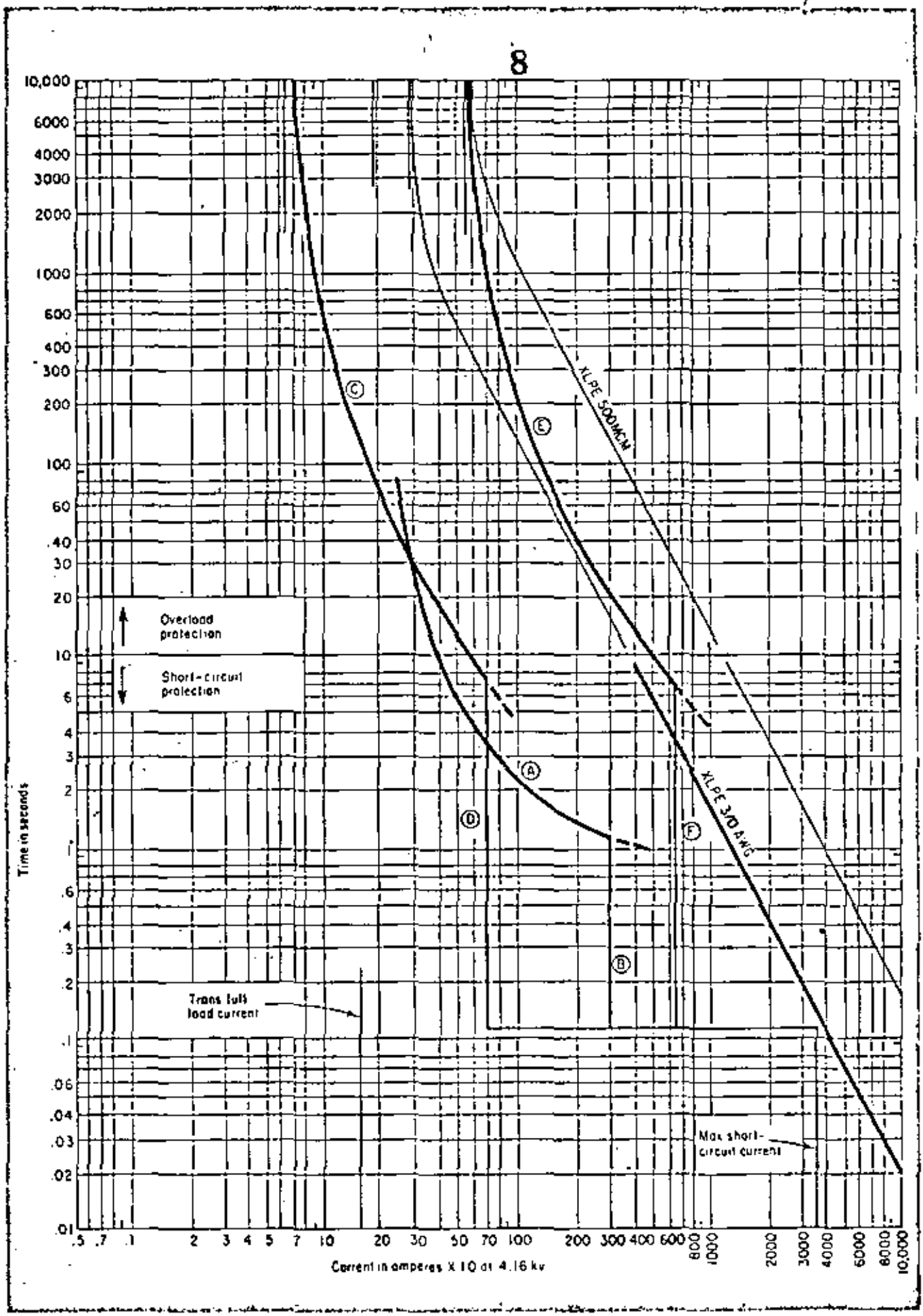


FIG. 7. Short-circuit and overload protection curves and selection of 4.16-kv XLPE insulation cable with copper conductors.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

MEDIOS DE SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES

ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

DIA 1

TEMA: MEDIOS DE CANALIZACION

- MEDIOS de SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES

CANALIZACION ELECTRICA :- (ROIE 2-1).
"CONDUCTORES ó 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 ó DISPOSITIVOS DE CONTROL Y PROTECCION ELECTRICA

¿PROTECCION? ⟶ Vs:

- CORROSION
- DAÑO MECANICO

(ROIE 10-3)

DIA 2

PROTECCION vs CORROSION

- MATERIAL RESISTENTE (Ej. AL.).
- RECUBRIMIENTO (INT y EXT) DE CAPA RESISTENTE (Zinc)
- PINTURA → SOLO INTERIORES
  → NO { • CONDICIONES SEVERAS (Ej. PLANTAS QUIMICAS)
  • CERCA DE COSTA

PROTECCION vs DAÑO MECANICO

- SI EXISTE EXPOSICION:

CUBIERTA

RESGUARDO

CARACTERISTICAS GENERALES

MEDIOS de CANALIZACION

- CONTINUIDAD ENTRE 2 SALIDAS ó ACCESORIOS CONSECUTIVOS
- PUEDE ALOJAR CONDUCTORES DE DIFERENTES SISTEMAS : AMAX. 600V ó 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 S/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 S/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.)

CONDUCTOR Calibre AWG. o MCM.	Sección Transversal en milímetros cuadrados.	Temperatura permisible y material del aislamiento: 60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	85° C Papel, Termoplástico 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	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	195	215	230	250
000	85.01	165	200	210	245	265	285
0000	107.22	195	230	235	275	310	340
250	126.66	215	255	270	315	335	...
300	152.02	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	395	460	490	560	600	...
750	380.04	410	475	500	590	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	840	...	...

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.

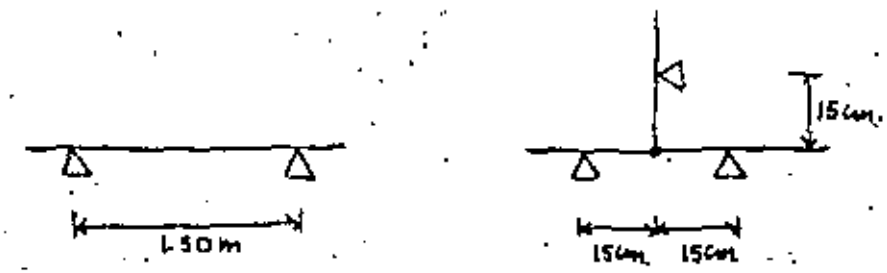
Véanse las disposiciones de la Fracción 11-4

TEMPERATURA PERMISIBLE Y MATERIAL DEL AISLAMIENTO

CONDUCTOR Calibre AWG. o MCM.	60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	80°C A prueba de intempe-rie.	85°C Papel, Termoplástico 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	255	270
0	195	230	235	245	285	305	325
00	225	265	275	285	330	355	370
000	260	310	320	330	385	420	430
0000	300	360	370	385	445	475	510
250	340	405	410	425	495	520	....
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	1000	....
750	655	785	810	845	950	1045	....
800	680	815	845	880	1020	1065	....
900	730	870	935	940	....	....	....
1000	780	935	965	1030	1160	1240	....
1250	890	1065	....	1180	....	....	....
1500	980	1175	1215	1340	1480	....	....
1750	1070	1265	....	1370	....	....	....
2000	1155	1355	1405	1470	1715	....	....

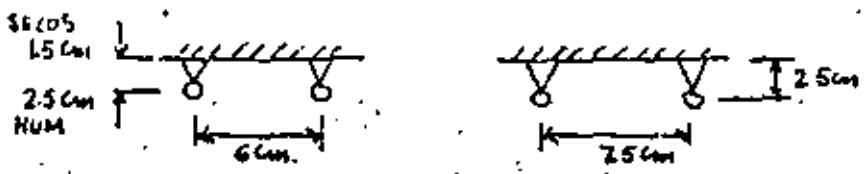
MONTAJE

CONDICIONES MINIMAS



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:

- T.C.
  - METALICA
    - ACERO
      - RIGIDA
        - PARED GRUESA
          - ESMALTADA
          - GALVANIZADA
        - PARED DELGADA
          - ESMALTADA
          - GALVANIZADA
        - PARED EXTRA DELGADA
          - ESMALTADA
          - GALVANIZADA
      - FLEXIBLE
        - NORMAL
        - IMPERMEABLE
    - ALUMINIO
      - PARED GRUESA
      - PARED DELGADA
  - NO METALICA
    - PLASTICAS
      - RIGIDAS (PVC)
        - LIGERO
        - PESADO
      - FLEXIBLES (POLYDUCTO)
    - ASBESTO CEMENTO
    - CEMENTO

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		ACERO					
	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 TIPICOS 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

COSTO - ANALISIS COMPARATIVO TUBERIA CONDUIT

Dim (pulg)	13 (1/2)	19 (3/4)	25 (1)	32 (1 1/4)	38 (1 1/2)	51 (2)	63 (2 1/2)	76 (3)	102 (4
P.G. GSM	16.5	20.6	32	41.3	53.6	73.5	155.8	196	288.6
P.G. GALV.	18.4	23.4	36.4	46.8	60.9	83.3	176	222	322
P.D. ESM	11	15.4	27	29.3	41.1	51.7			
P.D. GALV	12.8	17.8	31	42	47.3	59.5			
P.E.D ESM.	7.56	10.4							
P.E.D. GALV.	9.24	12.7							
FLEX NORM	12.5	18.2	23.9	37.4	45.8	88.4	101.4	113.9	237.1
FLEX IMP.	33.3	48.4	67.6	104	135.2	225.1	307.8	376.6	1382
ALUM P.G.	205.9	263	385	528.8	632.7	844.3	1364.1	1785.9	2502.9
PL. RIG. LIG.	6.3	8.3	10.7	17.9	21.8	31.5			
PL. RIG. PES.	9.4	12.5	15.8	20.6	26.1	39.5	54.9	68.4	92.2
PL FLEX (PONTO.)	1.7	3.2	5.0	7.4	8.6	12.0		31.5	
ASB CEM.							38.7	44.5	58.9
CEM NTO.									32.2

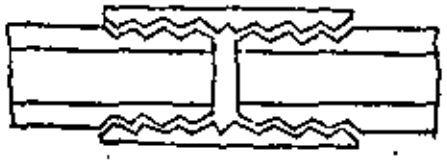
TUBERIA PARED GRUESA

VS

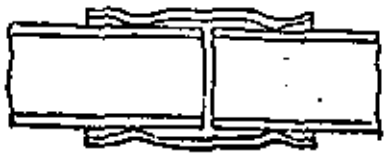
TUBERIA PARED DELGADA

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
  - → -SOLO 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 (½") ART. 17-4
- NUMERO PERMITIDO de CONDUCTORES:
  - → LIMITADO POR: FACILIDAD DE → (ART. 10-8)
    - COLOCAR
    - REMOVER
    - DISIPAR CALOR
- AREA UTIL (FACTOR de RELLENO).

INSTALACION NUEVA.	1 CONDUCTOR	55%	de AREA INT
	2 CONDUCTORES	30%	" "
	3 ó MAS CONDUCTORES	40%	" "
REPARACION	1 CONDUCTOR	60%	" "
	2 CONDUCTORES	40%	" "
	3 ó MAS CONDUCTORES	50%	" "

EJEMPLO :-

17

4 CONDUCTORES # 14 — 34.8 mm²
2 CONDUCTORES # 8 — 79.0 mm²
3 CONDUCTORES # 10 — 43.0 mm²
9 COND. TOTAL = 156.8 mm²

138 < 156.8 < 223

40% = 19 mm 40% = 25 mm

FACTOR RELLENO = 40%

∴ DEBE SER 25 mm

TABLA DE FACTOR DE RELLENO EN INSTALACIONES ELECTRICAS

TUBERIA CONDUIT JUPITER

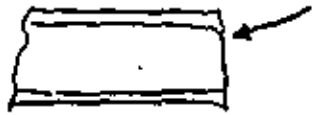
DIAMETRO NOMINAL EN mm.	DIAMETRO INTERIOR EN mm.	SECCION INTERIOR EN mm²	SECC. UTIL EN INSTALACIONES NUEVAS 1 COND. 53%	2 COND. 31%	3 COND. 43%	4 Y MAS 40%	SECC. UTIL EN REPARACION 1 COND. 60%	2 COND. 40%	3 Y MAS 60%
13	17.45	241.0	104	61	84	76	118	76	93
19	22.36	392.3	182	107	148	138	206	138	172
25	28.20	624.5	295	173	240	223	334	223	279
32	36.70	1 057.7	511	299	415	386	579	386	482
38	42.60	1 425.0	696	407	565	526	788	526	527
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	1 235	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

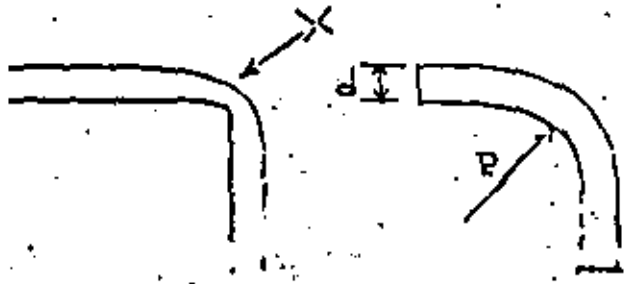
CALIBRE AWG O MC	DIAMETRO APROX. m.m.	SECCION APROXIMADA m.m²	2 HILOS m.m²	3 HILOS m.m²	4 HILOS m.m²	5 HILOS m.m²	6 HILOS m.m²	7 HILOS m.m²	8 HILOS m.m²
18	2.69	5.683	11.4	17.0	22.7	28.4	34.1	39.8	45.5
16	3.00	7.069	14.1	21.2	28.3	35.3	42.4	49.5	56.6
14	3.33	8.709	17.4	26.1	34.8	43.5	52.3	61.0	69.7
12	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	280.6	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	13.04	152.621	305.2	457.9	610.0	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	2 029.0	2 434.7	2 840.4	3 646.4
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	661.697	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	2 188.9	2 918.3	3 646.2	4 378.0	5 109.8	5 837.3
800,000	32.58	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	916.496	1 833.0	2 749.5	3 665.9	4 582.0	5 499.0	6 415.0	7 332.0
1,000,000	35.68	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

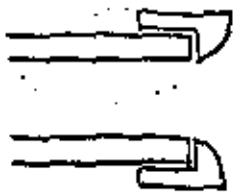


② DOBLADO



$R \geq 6d$

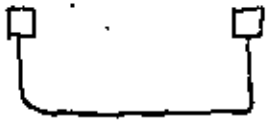
③ MONITORES:



④ CURVAS :-

•) RECOMENDABLE — 2 de 90°

Nº MAXIMO

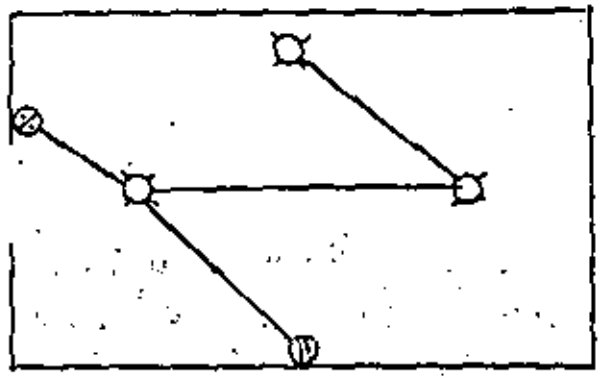


•) PERMITIDO → 4 de 90° (CON RADIO AMPLIO).

TRAYECTORIAS:

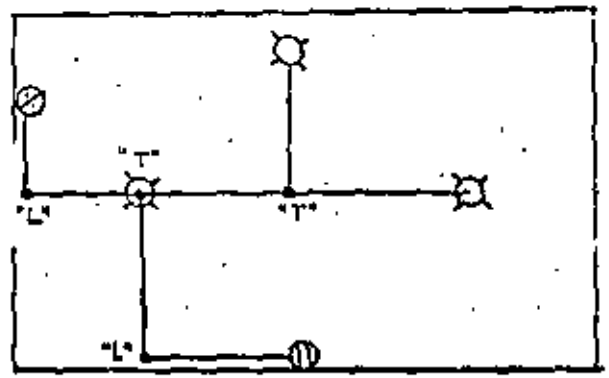
INSTALACION OCULTA:

TRAYECTORIAS LO MAS CORTAS POSIBLE →



INSTALACION APARENTE:

TRAYECTORIAS PARALELAS A EJES ESTRUCTURALES →



CAJAS de CONEXIONES

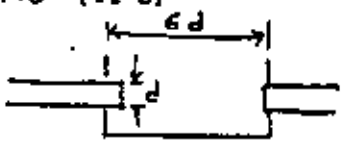
- LOS CONDUCTORES DEBEN SER CONTINUOS EN EL INTERIOR DE LAS TUBERIAS

- FIN CAJAS:
  - CONEXION a UTILIZACION
  - CONEXIONES de CABLES
  - FACILIDAD PARA CABLEAR.

- DIMENSIONES CAJAS:

PROFUNDIDAD MINIMA (22-2) → 35mm (13mm 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

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
3½ x 1½ Octagonal	10.9	5	4	4	3
3½ x 1½ "	11.9	5	5	4	3
4 x 1½ "	17.1	8	7	6	5
4 x 2⅛ "	23.6	11	10	9	7
4 x 1½ Square	22.6	11	10	9	7
4 x 2⅛ "	31.9	15	14	12	10
4 11/16 x 1½ Square	32.2	16	14	12	10
4 11/16 x 2⅛ "	46.4	23	20	18	15
3 x 2 x 1½ Device	7.9	3	3	3	2
3 x 2 x 2 "	10.7	5	4	4	3
3 x 2 x 2¼ "	11.3	5	5	4	3
3 x 2 x 2½ "	13	6	5	5	4
3 x 2 x 2¾ "	14.8	7	6	5	4
3 x 2 x 3½ "	18.3	9	8	7	6
4 x 2½ x 1½ "	13.1	5	4	4	3
4 x 2½ x 1⅞ "	13.9	6	6	5	4
4 x 2½ x 2⅛ "	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
3⅜	4	4	3
4	6	6	4
4½ x 4 Square	9	7	6
4 21/16	8	6	6

Any box less than 1½-inch deep is considered to be a shallow box.

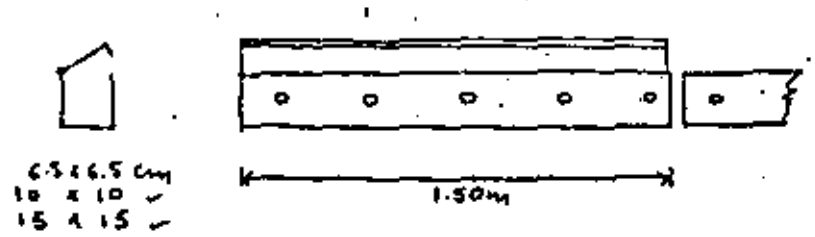
Table 370-6(b). Volume Required Per Conductor

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

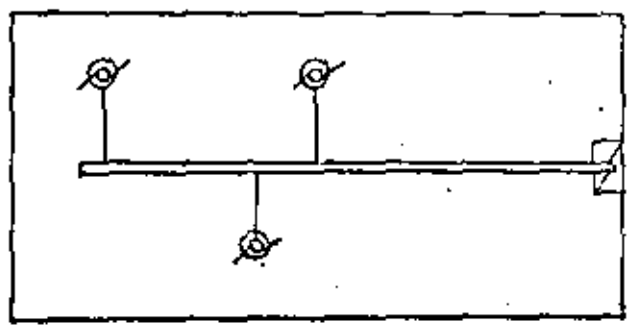
CANALIZACION a BASE de DUCTOS METALICOS

- •) 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^2 UTILIZABLE :-

			AREA UTIL (mm^2)	COSTO (%)
TUBO	CONDUIT GALV	13mm.	78	100
✓	✓	19 ✓	136	83
✓	✓	25 ✓	222	77
✓	✓	32 ✓	390	66
✓	✓	38 ✓	530	61
✓	✓	51 ✓	870	47
✓	✓	64 ✓	1240	66
✓	✓	76 ✓	1590	64
✓	✓	101 ✓	3300	48
DUCTO 6.5x6.5 cm			1690	54
DUCTO 10x10 cm.			4000	27
DUCTO 15x15 cm			9000	24

DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO

25

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.

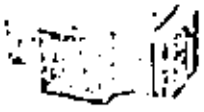
Calibre del Conductor	Area del cable con forro en cm² Tipo THW-THHW	No. Máximo de Conductores en Ducto †		
		5 × 5 cm.	10 × 10 cm.	15 × 15 cm.
14	0.102	92	237	533
12	0.132	72	186	418
10	0.166	55	142	321
8	0.322	30	78	176
6	0.515	15	39	87
4	0.650	11	29	66
3	0.765	9	25	57
2	0.958	8	21	48
1	1.267	6	15	35
0	1.474	5	13	30
00	1.767	4		25
000	2.011	3	9	21
0000	2.435	3	8	18
250000	3.216	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 menos que los alambres en exceso de 30, sean para circuitos de señales o de control para que no se usen solamente en el período de arranque.

REGISTRO

NIPLE

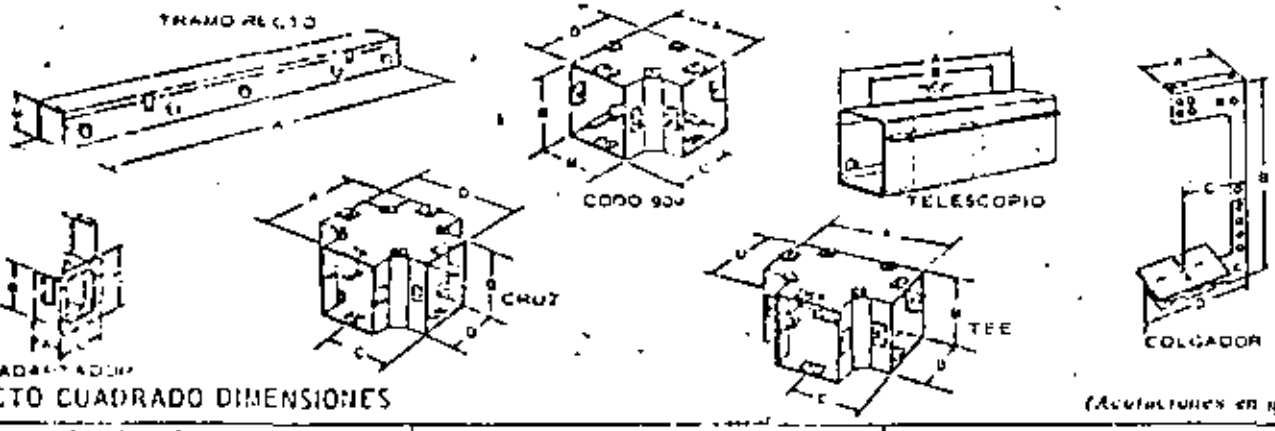
ADAPTADOR



TEE

REDUCTOR

TELESCOPIO

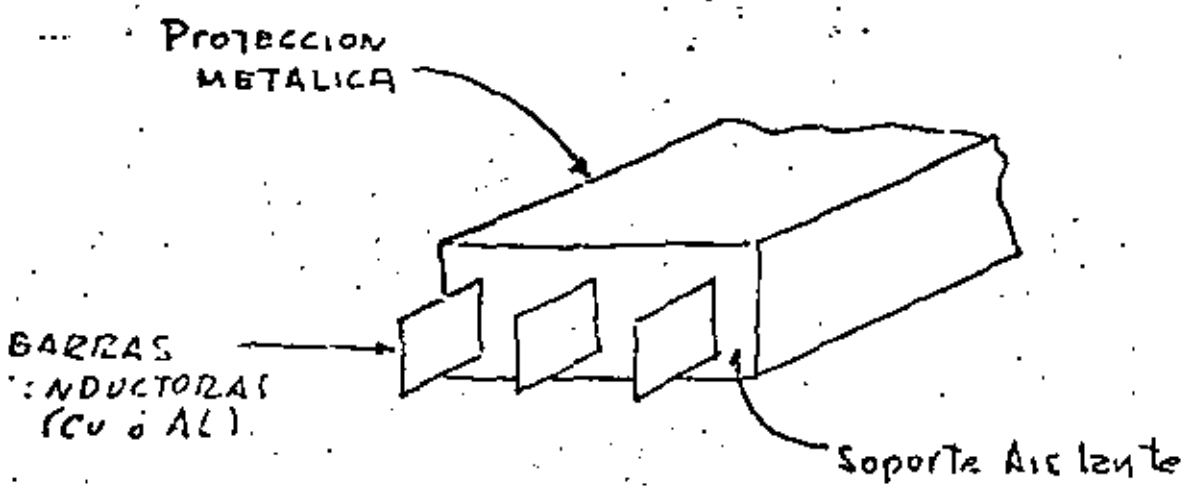


DUCTO CUADRADO DIMENSIONES

(Acotaciones en mm.)

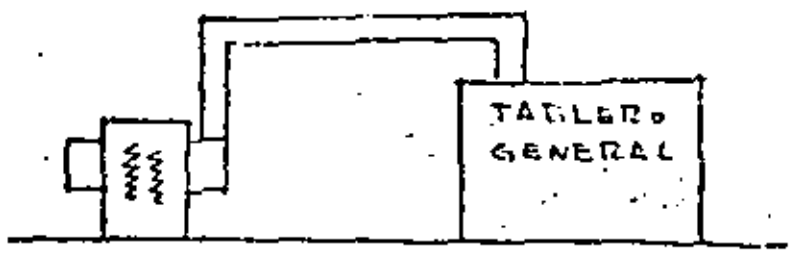
DUCTO 5 × 5 cm					DUCTO 10 × 10 cm					DUCTO 15 × 15 cm				
CAT. No	A	B	C	D	CAT. No	A	B	C	D	CAT. No	A	B	C	D
LD21	304	66	66	—	LD41	304	105	105	—	LD61	304	155	155	—
LD22	[illegible]	66	66	—	LD42	609	105	105	—	LD62	609	155	155	—
LD25	1524	66	66	—	LD45	1524	105	105	—	LD65	1524	155	155	—
LD25OL	[illegible]	66	83	117	LD45OL	152	105	105	117	LD65OL	222	157	144	222
LD25SL	71	66	—	73	LD45SL	89	105	—	89	LD65SL	127	157	—	127
LD25SL	59	66	—	59	LD45SL	67	105	—	67	LD65SL	92	157	—	92
LD27	318	66	66	117	LD47	268	105	105	156	LD67	289	156	144	222
LD27	318	66	66	168	LD47	206	105	105	206	LD67	289	156	144	289
—	—	—	—	—	LD47PG	367	[illegible]	—	367	LD67PG	500	156	—	500
LD27F	381	262	13	—	LD47F	381	262	13	—	LD67F	381	262	13	—
LD27H	110	254	81	111	LD47H	110	265	100	152	LD67H	138	431	129	206
LD27A	82	67	82	—	LD47A	82	135	130	—	LD67A	113	156	156	—

DUCTO ALIMENTADOR



USO :- ALIMENTAR GRANDES CARGAS

EJ :-



VENTAJAS:-

- BAJA IMPEDANCIA
- RESISTENCIA MECANICA
- RESISTENCIA a CTES C.C.
- FACILIDAD de INSTALACION

DUCTO ALIMENTADOR - USO

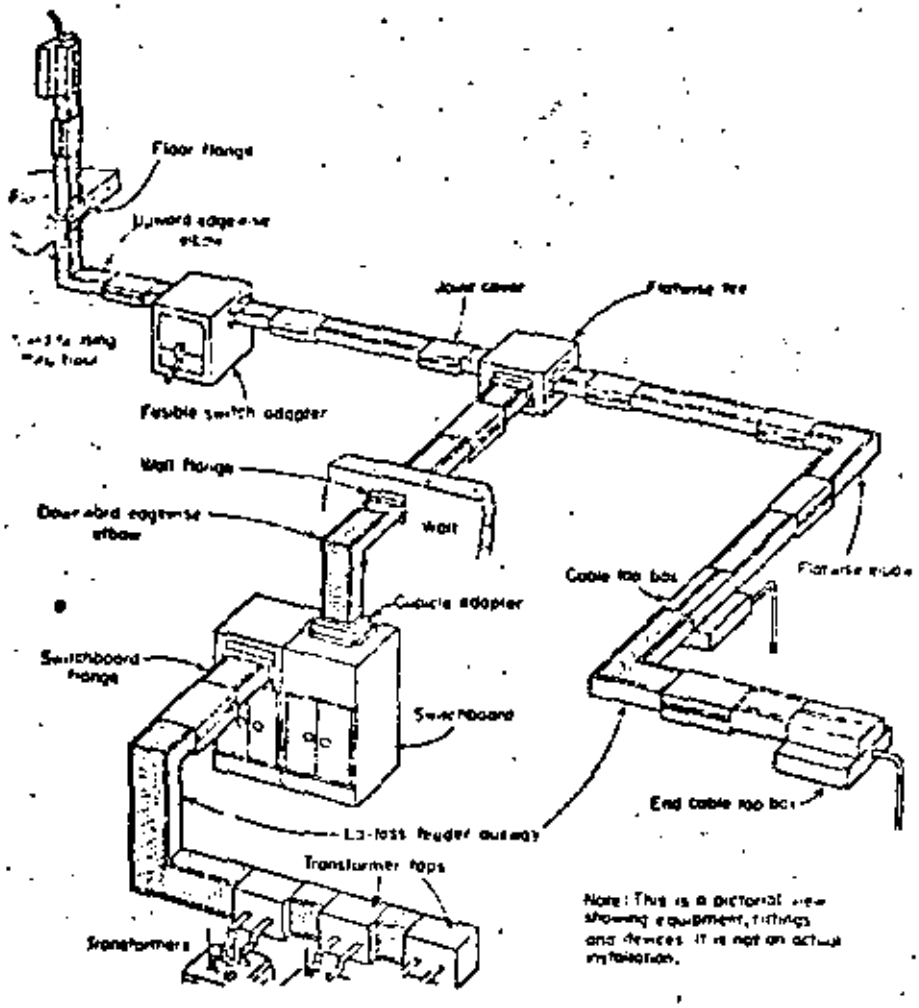
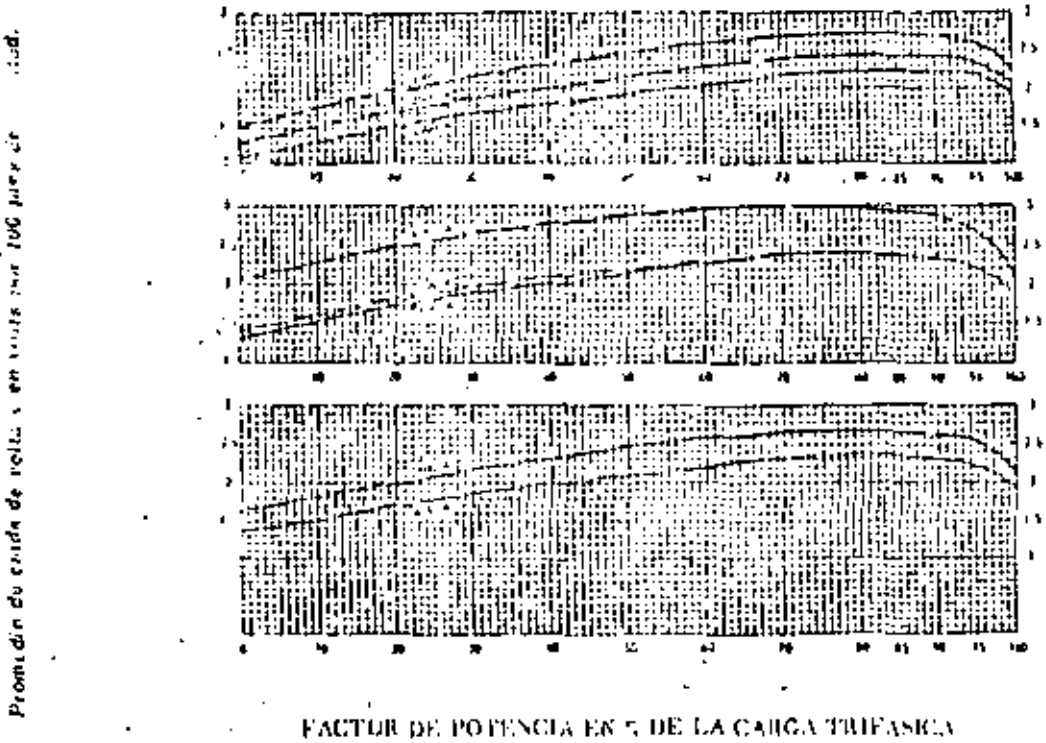


FIG. 162 *Typical low-voltage-drop feeder bus-way system. (National Electric Div., H. K. Porter Co., Inc.)*

ELECTRODUCTO ALIMENTADOR FEED-IN
28

CURVAS DE CAIDA DE VOLTAJE

ELECTRODUCTO DE COBRE FEED-IN (POLOS 5000A)
Promedio de caída de voltaje en volts de línea a línea por 100 piés de longitud, en sistema trifásico a la capacidad nominal, con carga trifásica balanceada al final de la trayectoria.



FACTOR DE POTENCIA EN % DE LA CARGA TRIFASICA

TABLA DE CAIDA DE VOLTAJE

Rango en amperes	R Resistencia en Ohms por 100 piés línea a neutro	X Reactancia en Ohms por 100 piés 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	[illegible]	[illegible]	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	[illegible]	[illegible]	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	[illegible]	[illegible]	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
1350	[illegible]	[illegible]	2.06	2.29	2.47	2.63	2.77	2.88	2.97	3.01	2.88	2.94	2.86	2.72	2.17
1650	[illegible]	[illegible]	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	[illegible]	[illegible]	1.14	1.33	1.50	1.67	1.81	1.95	2.06	2.15	2.21	2.22	2.21	2.13	1.91
2500	[illegible]	[illegible]	1.30	1.50	1.69	1.88	2.02	2.17	2.29	2.38	2.44	2.45	2.44	2.38	2.08
3000	[illegible]	[illegible]	1.56	1.77	1.98	2.16	2.3[illegible]	2.47	2.54	2.66	2.72	2.72	2.7[illegible]	2.62	2.23

Ejemplo de cálculo para electroducto de 1000 Amps. con 50 % de F.P.

Caída de voltaje: $\sqrt{3} \times I \times (R \cos \theta + X \operatorname{sen} \theta)$

$\sqrt{3} \times 1000 \times (.00105 \times .50 + .00053 \times .866)$

2.19 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 $\frac{\text{longitud real en pies}}{100 \text{ pies}}$

6.- Para caídas de voltaje al final de la trayectoria con carga uniformemente distribuida, usar la mitad de los valores.

ELECTRODUCTO ALIMENTADOR FEED-IN

29

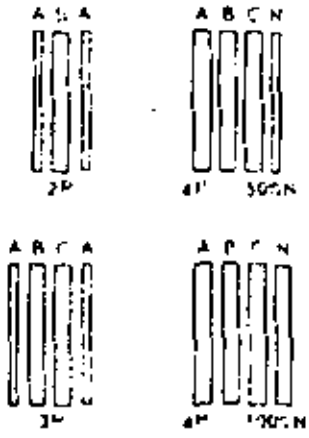
CONTENIDO DE SOLERAS DE COBRE, PESO Y DIMENSIONES

RANGO EN AMPERES	CONTENIDO SOLERAS DE COBRE (mm.)			PESO POR METRO EN KG.				DIMENSIONES EN mm.				
	FASE "A" 2 y 3 POLOS	Ø 2P, Ø B, C 3P (A, B, C, 100% N 4P)	50% NEUTRO	2P.	3P.	50% N 4P.	100% N 4P.	H	2P.	3P	50% N 4P.	100% N 4P.
600A	25-3X51	15-6X51	15-3X51	25	30	31.5	33	219	54	67	70	73
800A	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	81	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	—	—	—	—	—

* *Hileras dobles: en 4000A, son 2 de 1000A, en 5000A, son 2 de 2500A, en 6000A, son 2 de 3000A.*

1 *Barras espaciadas 76 mm. (centro a centro).*

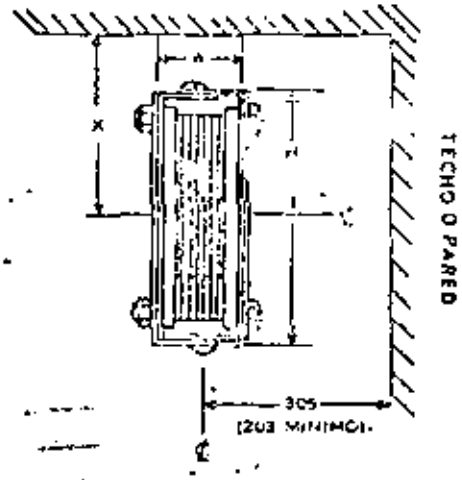
ACOMODO DE SOLERAS



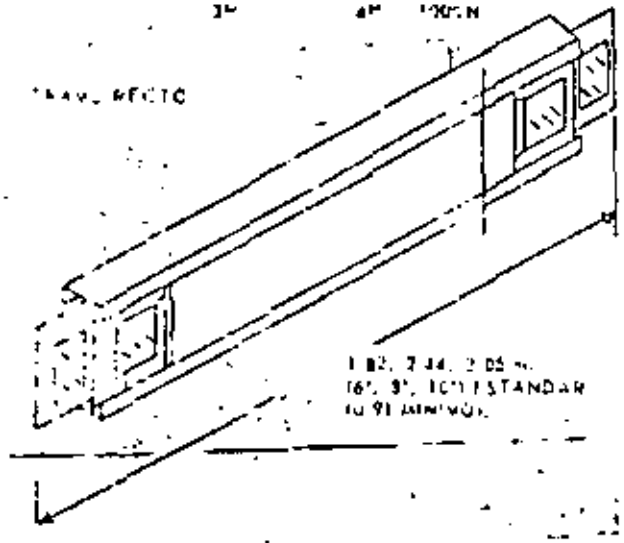
Espacio recomendado al techo o pared

RANGO AMPERES	X (mm.)
600-1000	203
1350	203
1600-2000	254
2500-3000	305

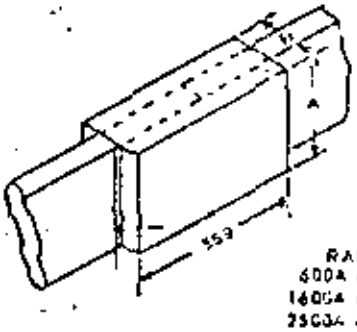
TECHO O PARED



TRAMO RECTO



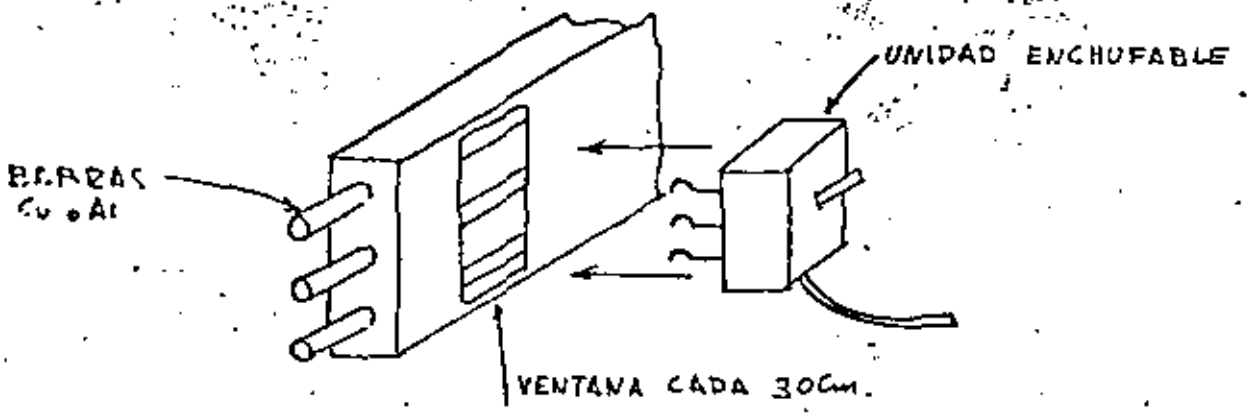
ENSAMBLE DE UNION

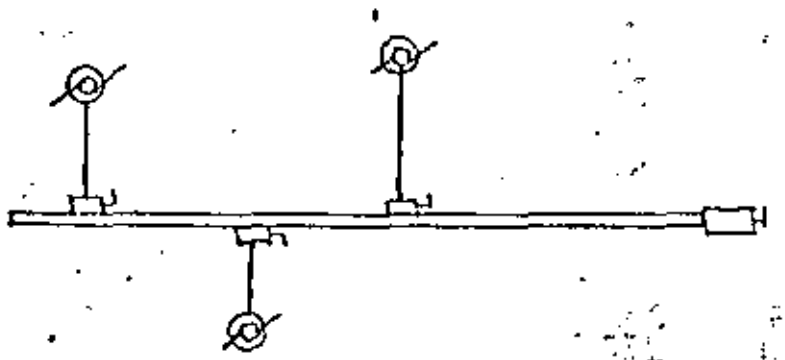


POLOS	B
2	179
3	190
4	203

RANGO	A
600A a 1350A	228
1600A a 2000A	330
2500A a 3000A	432

DUCTO DISTRIBUIDOR



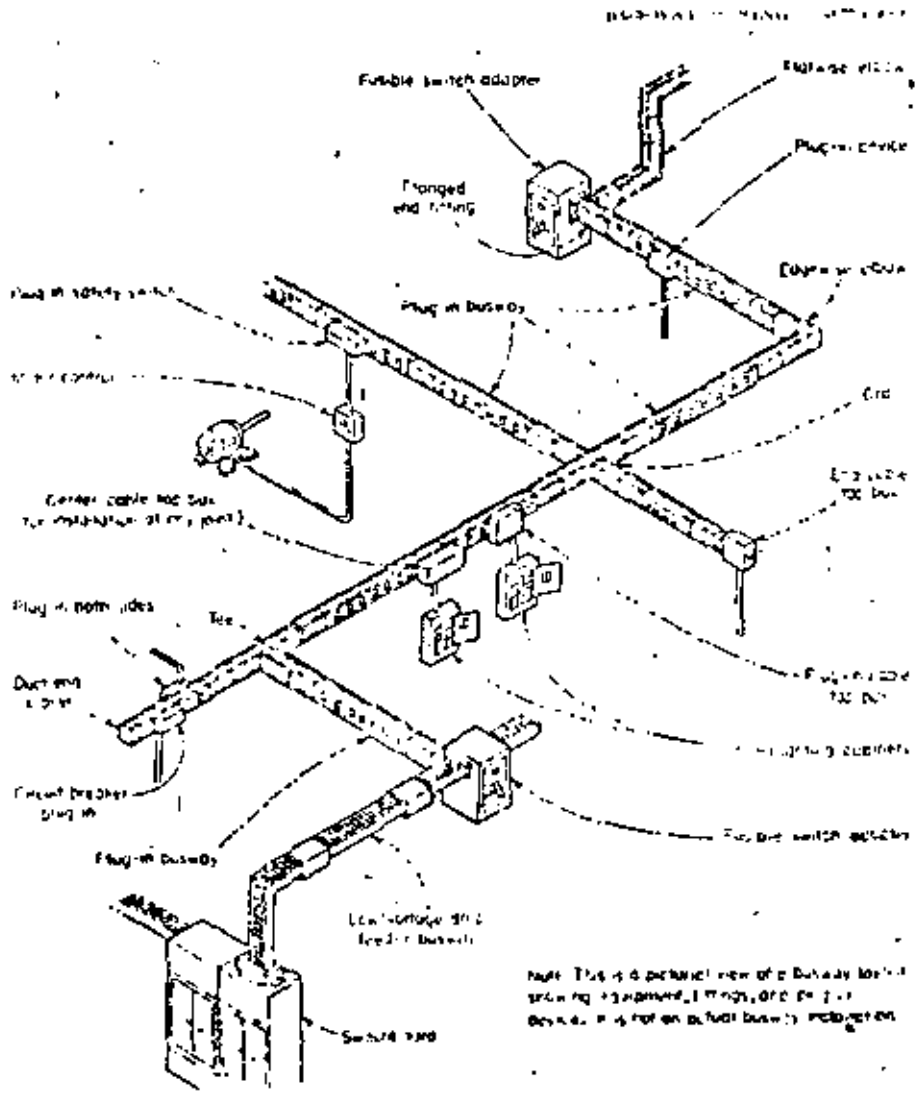


EQUIVALE A UN TABLERO DE DISTRIBUCION DESARROLLADO SOBRE EL AREA DE TRABAJO.

VENTAJA PRINCIPAL:

- MAXIMA FLEXIBILIDAD.
- RAPIDEZ INSTALACION.

DUCTO DISTRIBUIDOR USO

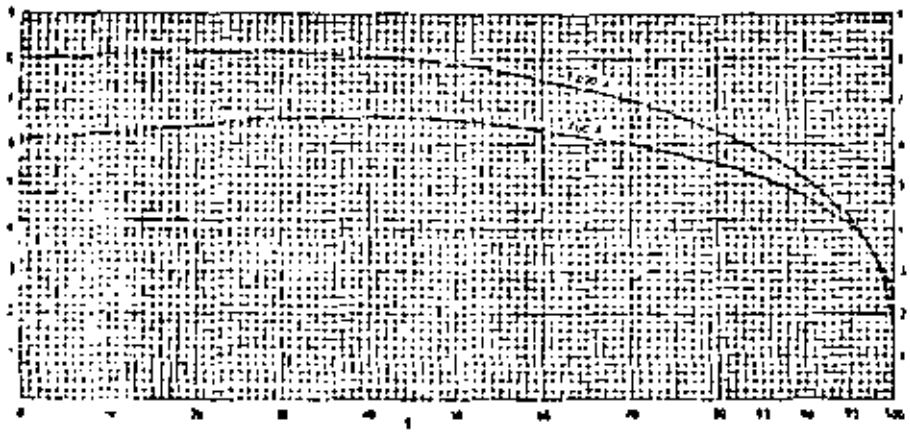


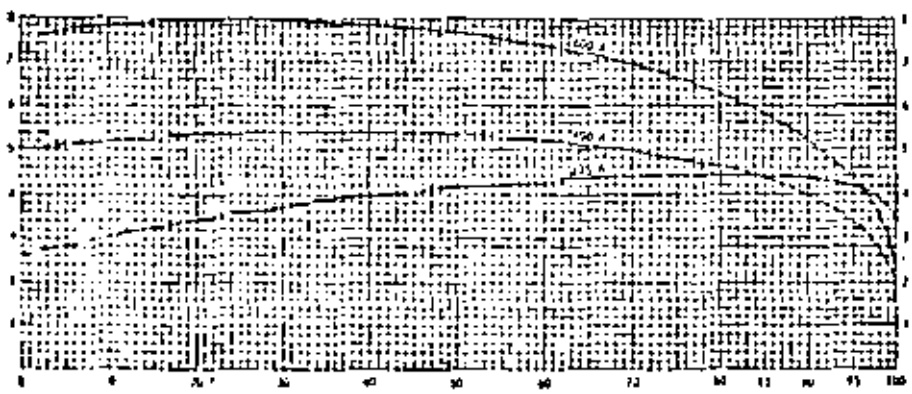
ELECTRODUCTO DE ENCHUFAR PLUG-IN

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

Rango de amperios	Resistencia en OHMS por 100 pies (línea a neutro)	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
[illegible]	[illegible]	[illegible]	2.72	3.05	3.36	3.64	3.89	4.12	4.28	4.30	4.44	4.42	4.34	4.18	3.81
[illegible]	[illegible]	[illegible]	4.38	5.16	5.30	5.36	5.38	5.34	5.21	4.90	4.62	4.36	4.01	3.48	2.04
[illegible]	[illegible]	[illegible]	7.63	7.80	7.90	7.91	7.84	7.68	7.38	6.95	6.29	5.92	5.24	4.40	2.13
[illegible]	[illegible]	[illegible]	6.08	[illegible]	6.43	6.57	6.53	6.45	6.30	5.98	5.53	5.22	4.77	4.12	2.38
[illegible]	[illegible]	[illegible]	7.95	8.07	8.14	8.13	8.03	7.81	7.46	6.95	6.25	5.79	5.14	4.26	1.89

[illegible] Corriente [illegible] hasta de 1,630 Amps., con 50% de F. P.

[illegible] = [illegible] (R cos Ø+X sen Ø)
= [illegible] .00[illegible]x.00109x.50+.00458x.866)
= [illegible] x 15 [illegible](.00451)+7.81 Volts. x 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

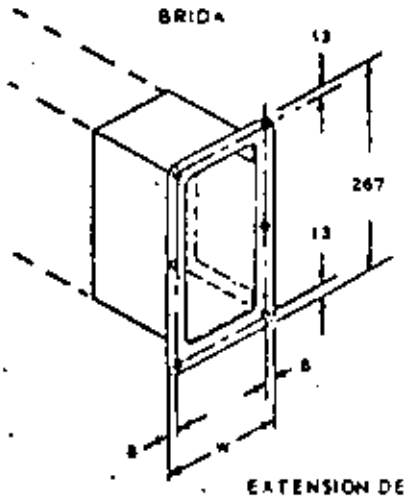
33

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.	3 + N	2P.	3P.	3 + N
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	17.1	17.8
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	17.6	19.5
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	16.4	19.4	21.0	25.4	27.4
1000 A.	——	——	2-B 22 Dia.	2-B 16 Dia.	—	—	—	26.0	33.0	35.0

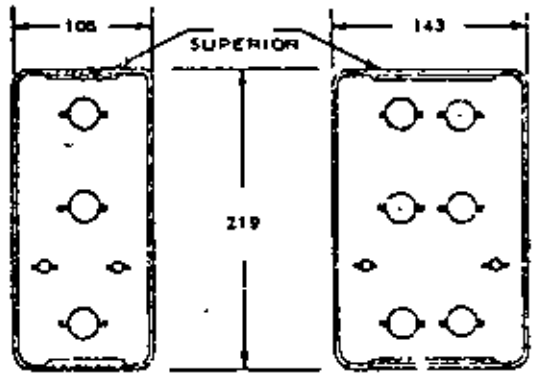
DIMENSIONES EN mm. DATOS POR FASE.

BRIDA



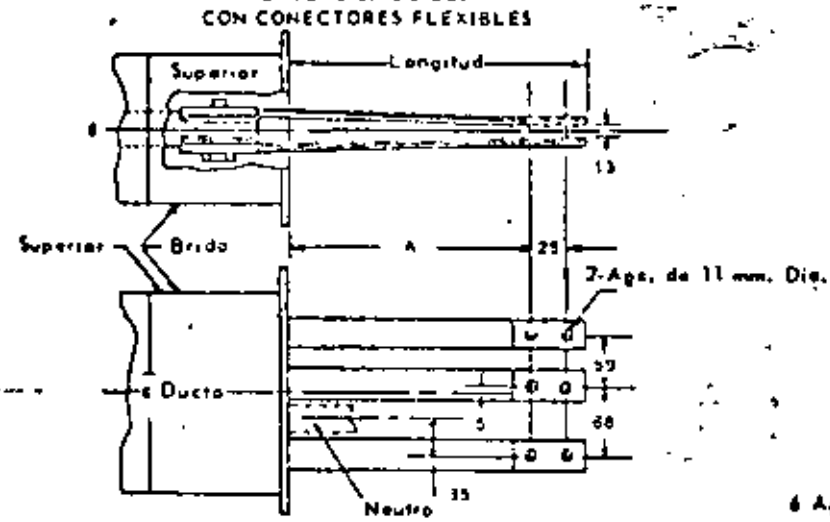
RANGO	W (mm.)
225A. 400A. 600A.	143
800A. 1000A.	181

DIMENSIONES SECCION TRANSVERSAL

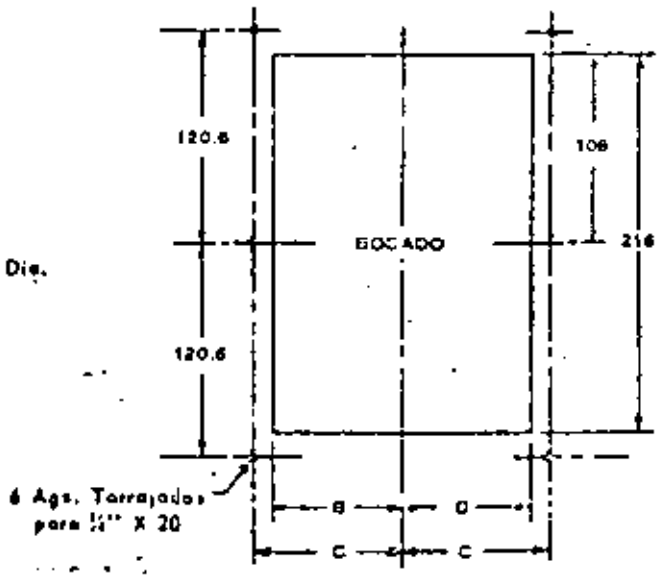


225A., 400A., 600A. 800A. Y 1000A.

EXTENSION DE BUS CON CONECTORES FLEXIBLES



BOCADO PARA MONTAJE DE BRIDA



225A., 400A., 600A. B=94, C=62.5

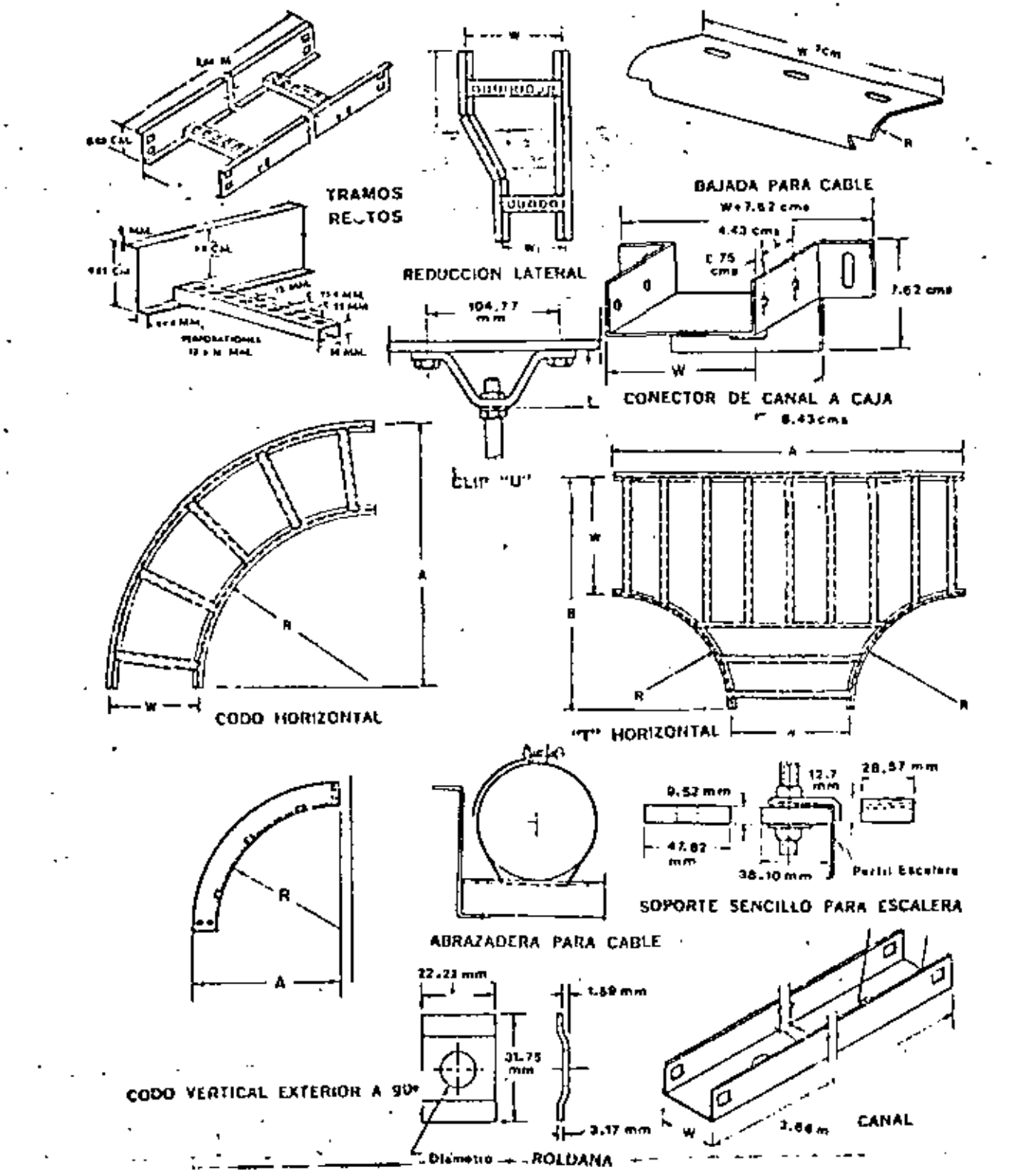
800A. Y 1000A. B=73, C=62.5

LONGITUD		A
mm	PIES	
305	1	267
610	2	571
914	3	876

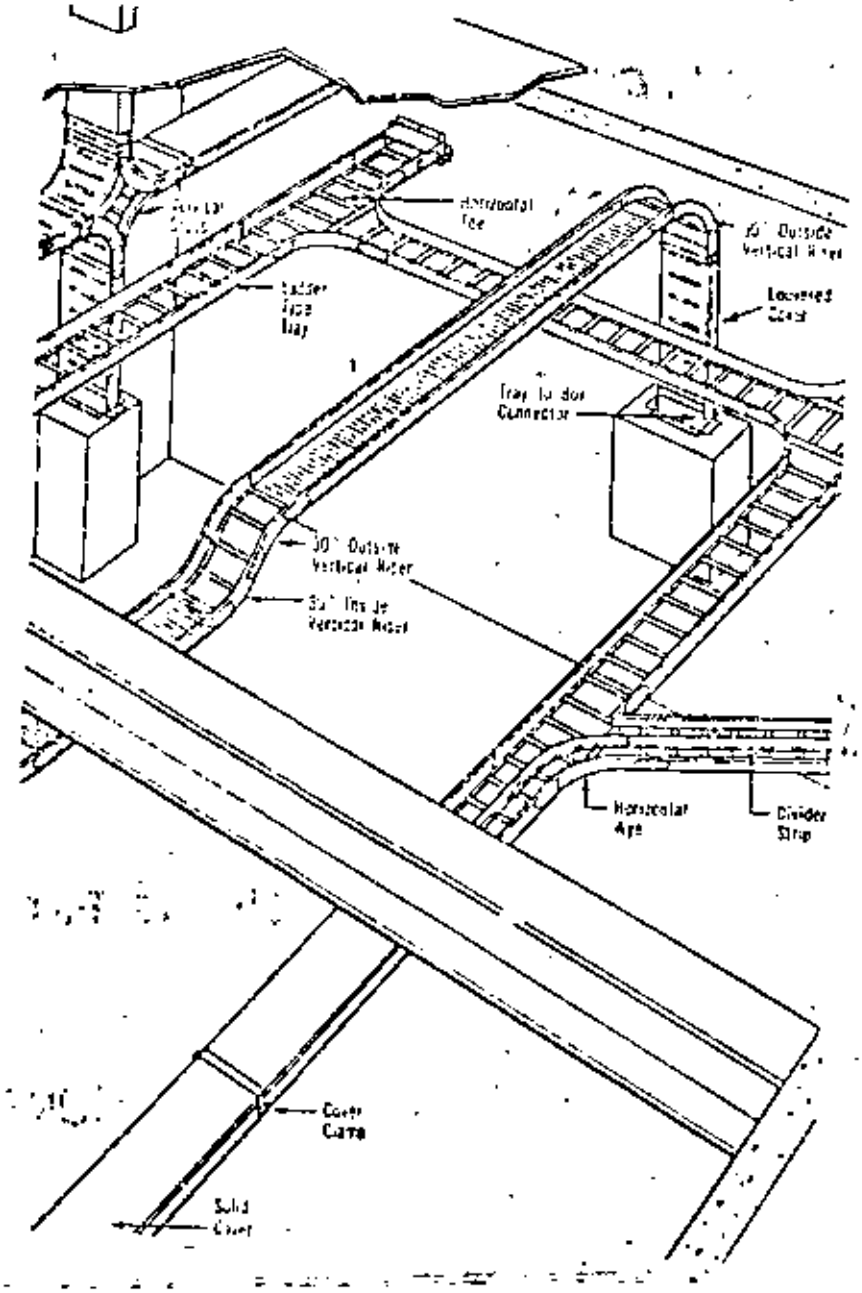
Acot. en mm.

34

SISTEMA de CHAROLAS o ESCALERAS



SISTEMA DE CHAROLAS. USO:



36

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 existan MONTACARGAS.

DIMENSIONES NORMALES.

AREA UTIL:-

CHAROLAS		TUBO CONDUIT		
Ancho	Area Util	Diámetro	Area Total	Area Util
15.2 cm.	86.64 cm^2	5.08 cm.	20.25 cm^2	8.06 cm^2
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:

CHAROLA.			NO. DE TUBOS. ø TUBO CONDUIT.			
Ancho		Area	5.08 *	6.35 *	7.62 *	10.16 *
cm.	Plg.	$cm.^2$	2"	$2\frac{1}{2}$"	3"	4"
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 instalados en aire, reduciéndose esta capacidad según el agrupamiento adoptado.

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 6 MAS *	0.50

CONDICIONES de DISEÑO

39

•) ANCHO CHAROLA ⟶ Nº de CABLES ⟶ ESPACIAMIENTO

15.2 cm

22.8 cm

30.48 cm

40.64 cm.

45.72 cm

50.8 cm

60.96 cm

•) ESPACIAMIENTO TRAVESAÑOS

⟶ CALIBRE CONDUCTOR

15.24 cm

22.86 cm

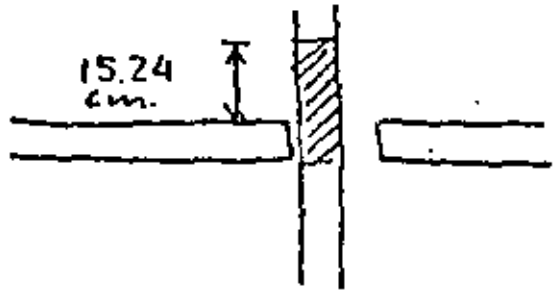
30.48 cm.

45.72 cm.

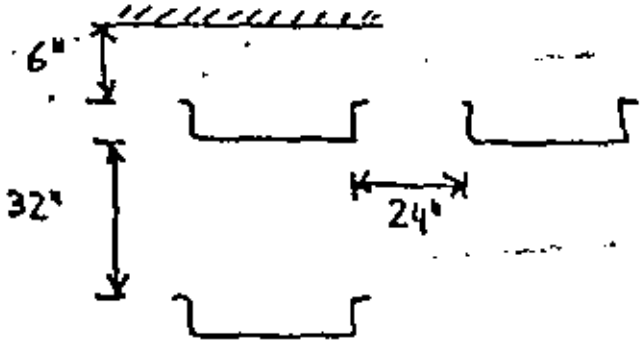
40

CONDICIONES de INSTALACION (NEC)

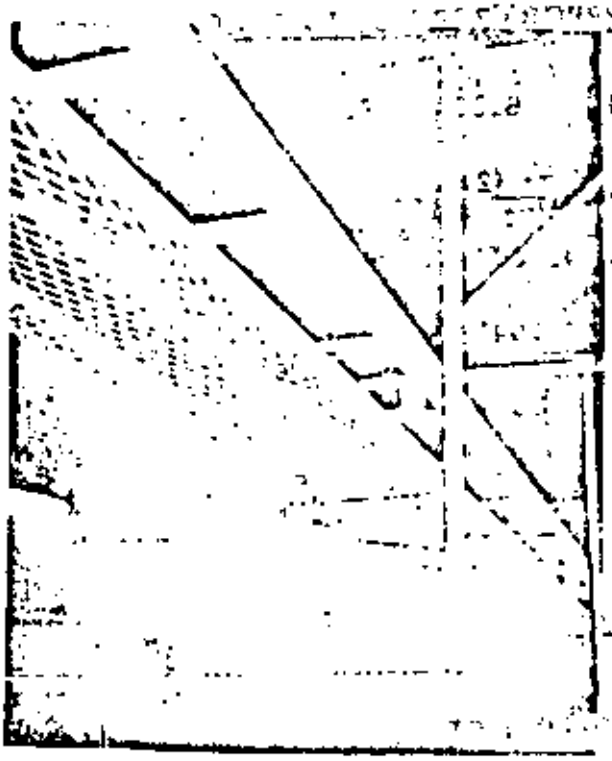
- SISTEMA COMPLETO y CONTINUO
- CABLEADO COMPLETO (CONEXIONES EN CAJAS)
- CONEXION MECANICA a CAJAS o DISPOSITIVOS DE DONDE SALEN o TERMINAN los CABLES
- PROTECCION al CRUZAR PISOS



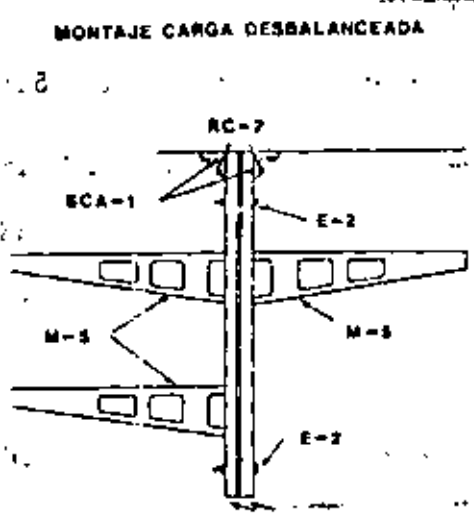
- CONEXION a TIERRA CONTINUA.
- SEPARACIONES:-

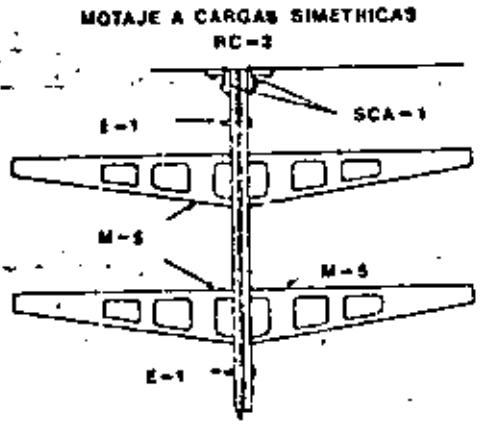


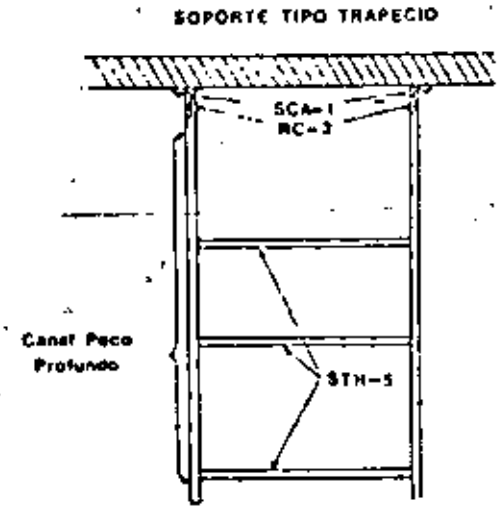
MONTAJE



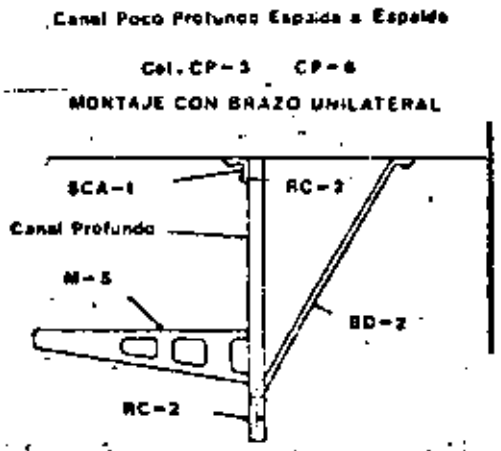
a) Sujeto a la estructura.







b) Empotrado en la loza.



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 nombre por 30.4 mts.

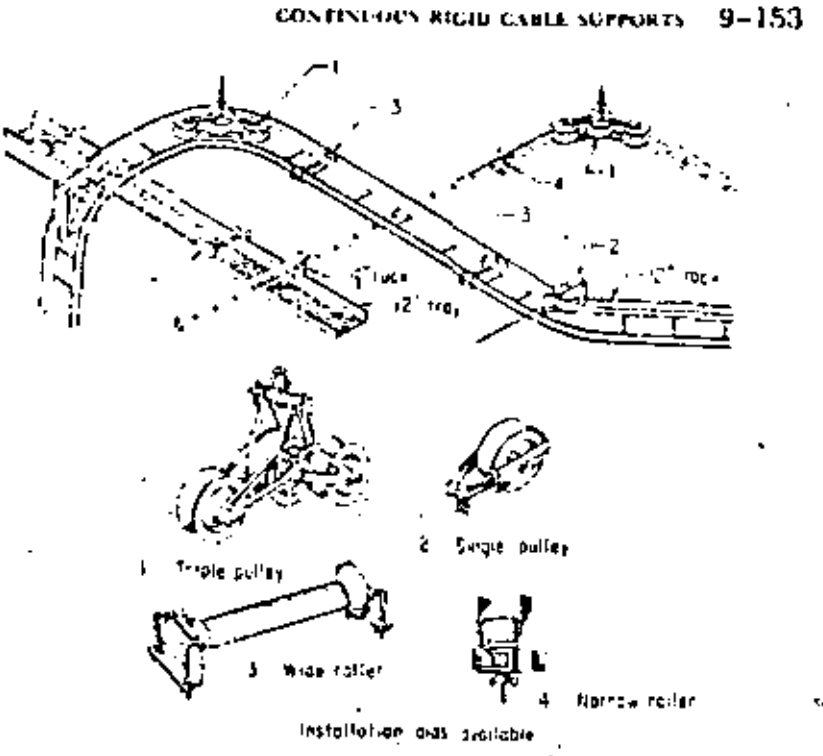
Ancho	Horas Hombre x 30 mts.	5.08 cm. ø (2" ø) Fe.	5.08 cm. ø (2" ø) Al.	7.62 cm. ø (3" ø) Fe.	7.62 cm. ø (3" ø) Al.	10.16 cm. ø (4" ø) Fe.	10.16 cm. ø (4" ø) Al
6" 15.2 cm.	12.0	53.0	34.0	40.3	26.0	42.0	22.0
12" 30.4 cm.	13.25	106.0	67.0	78.0	49.0	73.0	43.0
24" 60.9 cm.	16.75	212.0	135.0	156.0	98.0	146.0	83.0

* Unidades de trabajo para las Asociaciones de Contratistas Eléctricos en E. E. U.U.

CABLEADO

43

- LATERAL
- JALADO



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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

MEDIOS DE CANALIZACION

A N E X O

ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

TUBERIA CONDUIT
AREA UTILIZABLE

DIAMETRO NOMINAL (MM)	AREA-INTERIOR NOMINAL (MM2)	AREA UTIL (40%)
13	132.73	53.00
19	283.59	113.41
25	490.87	196.35
32	804.24	321.699
38	1,134.11	453.651
51	2,042.82	817.13
63	3,117.25	1,246.90
76	4,536.47	1,814.58
90	6,361.74	2,544.69
100	7,854.00	3,141.60
127	12,667.71	5,067.08
150	17,671.50	7,068.60
200	31,416.00	12,566.40

COSTO . ANALISIS COMPARATIVO TUBERIA CONDUIT

MM (PULG)	13 (1/2)	19 (3/4)	25 (1)	32 (1 1/4)	38 (1 1/2)	51 (2)	63 (2 1/2)	76 (3)	102
P.G. ESM	100	125	194	250	325	445	944	1,188	1,750
P.G. GALV.	112	142	221	284	369	505	1,067	1,345	1,952
P.D. ESM	67	93	164	178	249	313			
P.D. GALV	78	108	188	255	287	361			
P.E.D. ESM.	46	63							
P.E.D. GALV.	56	77							
FLEX. NORM	76	110	145	227	278	536	615	690	1,437
FLEX. IMP.	202.4	293	410	630	813	1,368	4,229	5,919	8,376
ALUM. P.G.	1,248	1,594	2,333	3,205	3,835	5,117	8,271	10,824	15,169
PL. RIG. LIG.	38	50	65	108	132	191			
PL. RIG. PES.	57	76	96	125	158	239	333	415	559
PL. FLEX (POLYD.).	10	15	30	45	52	73		191	
ASB. CEM.							235	270	352
CONCRETO									195

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

MEDIOS DE PROTECCION

ING. CARLOS MARTINEZ CALDERON

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle Tacuba 5 México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. P 1 M-2285

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 sobrecorriente.

Tienen la desventaja de no ser ajustables y ser lentos para -- operar con valores moderados de sobrecorriente. Son menos precisos que los relevadores, pero comparables con los interruptores 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 quedar 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 circuito, mucho antes de alcanzar su valor máximo, logrando reducir notablemente el valor de la potencia aparente a interrumpir.

La curva de operación CORRIENTE - TIEMPO DE RESPUESTA es una - curva de tiempo inverso.

Los interruptores automáticos de bajo voltaje pueden ser:

1) electromagnéticos, y
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 dispositivo 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

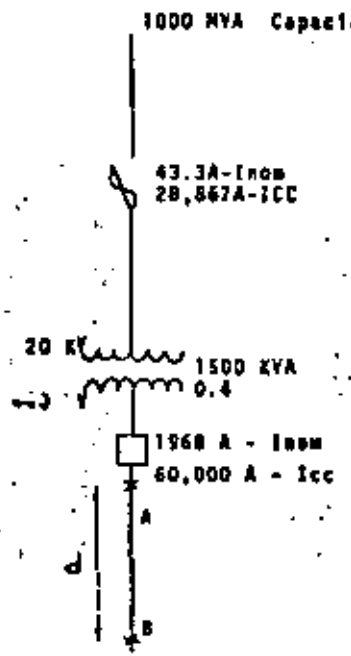


Diagrama unifilar

Impedancia pu $= Z_s 0/1 = \frac{KVA_b}{KVA_{cc}} = \frac{1500}{1000,000} = 0.0015$

c.c en el punto A

Reactancia total = 0.0015 + 0.04 = 0.0415

$KVA_{cc} = \frac{1500}{0.0415} = 36,145$ KVA

$Icc_s = 47,427$ A

$Icc_{as} = 1.25 \times 47,427$ A $= 59,284$ A

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 relacionan el valor del c.c. con la longitud del alimentador.

METODO SIMPLIFICADO DE CALCULO DE VALORES DE FALLA PARA SISTEMAS ELECTRICOS.

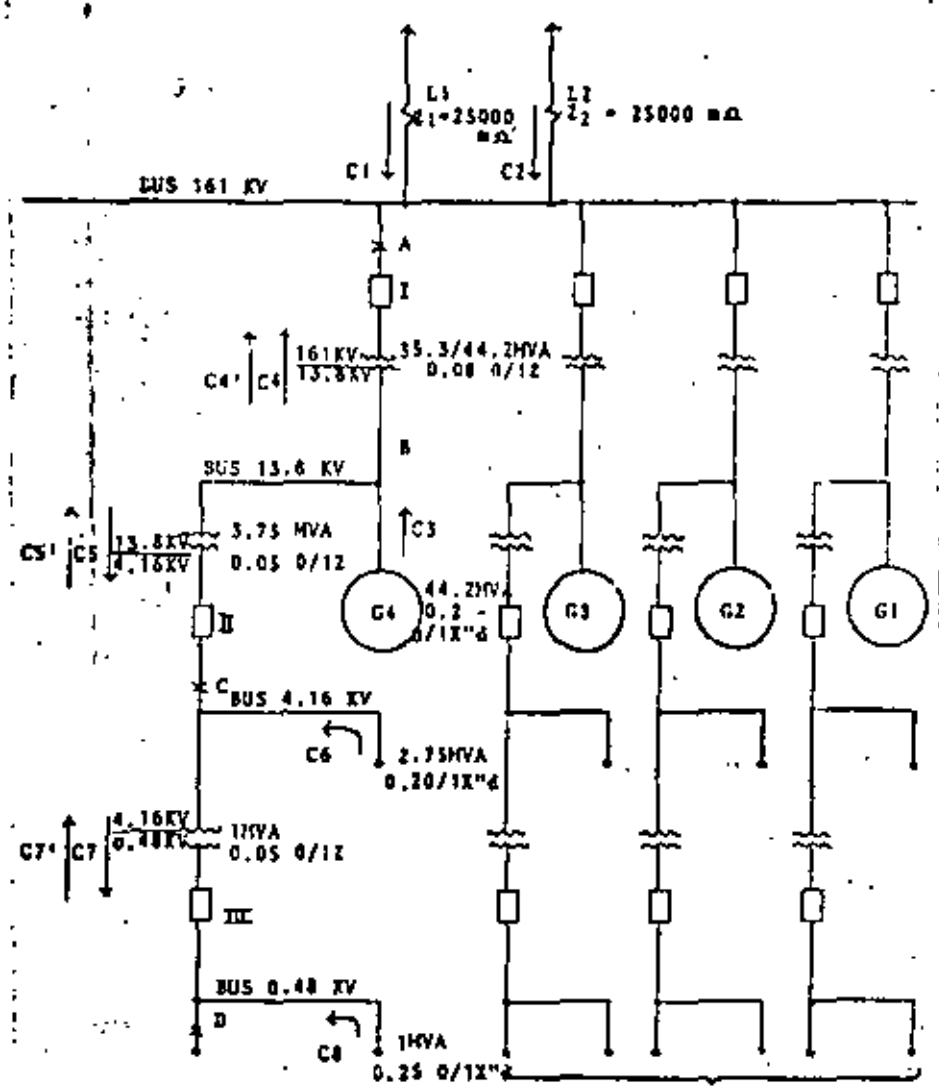
Uno de los procesos más útiles, como herramienta fundamental de un Ingeniero especializado, es la determinación de los valores de falla en los diferentes puntos de un sistema a partir de los datos que nos son presentados en cada caso.

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.

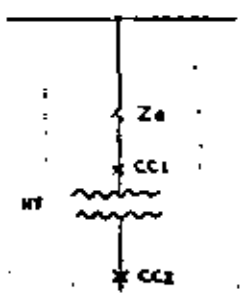
Impedancias de líneas en miliohms.

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.



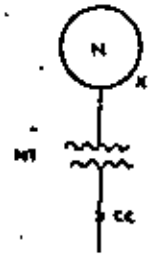
$$Ze = \frac{NT}{CC1}$$

$$CC2 = \frac{NT}{\frac{NT}{CC1} + ZT} \quad \text{---} (1)$$

2.- EQUIPO ROTATORIO.

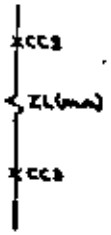
$$CC = \frac{N}{X} \qquad (2)$$

3.- EQUIPO ROTATORIO A TRAVES DE UN TRANSFORMADOR.



$$CC = \frac{N}{\frac{NT}{N} + ZT} = \frac{N}{\frac{NT}{N} \cdot X + ZT} \qquad (3)$$

4.- LINEA SUMINISTRADORA O PASO POR REACTOR.



$$MVA = \frac{1000\ KV^2}{ZL\ (m\Omega)}$$

$$CC3 = \frac{KV^2}{Ze+ZL} = \frac{KV^2}{\frac{KV^2}{CC2}+ZL} = \frac{1}{\frac{1}{CC2} + \frac{ZL}{1000\,KV^2}} \qquad (4)$$

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.

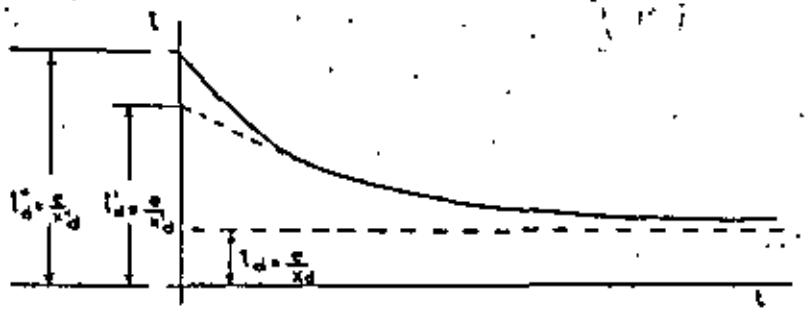


FIG.N°2

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 estática (id) determinadas cada una por las reactancias subtransitoria (x''d), transitoria (x'd) y síncrona (xd) característica de cada máquina, todas de eje directo.

Table 4.22

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	Multiplying Factor	Machine Reactances to Use: Generators, Synchronous Converters, Synchronous Condensers, Frequency Changers	Synchronous Motors	Induction Motors
Power Circuit Breakers				*Interrupting Duty*		
Eight cycle or sooner (general case)	Above 600 v	Any place where asymmetrical short-circuit loss is less than 300 kva	as 1.0	Subtransient	Transient	Neglect
Five cycle	Above 600 v		as 1.1	Subtransient	Transient	Neglect
				Momentary Duty		
General case	Above 600 v	Near generating station	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Less than 5 kv	601 to 5 kv	Remote from generating station (X/R ratio less than 10)	1.5	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Enclosed-Voltage Fuses				*Maximum Rms Asymmetrical Interrupting Duty*		
All types, including all-current-limiting fuses	Above 600 v	Anywhere in system	1.0	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
Medium-Voltage Fused Motor Starters				*Maximum Rms Asymmetrical Interrupting Duty*		
Full horsepower rating	2400 & 4160 v	Anywhere in system	1.6	Subtransient	Subtransient	Subtransient
Medium-Voltage Motor Starters				*Interrupting Duty*		
Circuit breaker or contactor type	601 v to 5 kv	Anywhere in system	1.0	Subtransient	Transient	Neglect
				Momentary Duty		
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
Apparatus, 600 Volts and Below				*Interrupting or Momentary Duty*		
Low-Voltage power molded case circuit breakers, in its 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 in ASA C37.10 have been proposed (References 8, 9). These revisions eliminate the use of these multiplying factors in applying power circuit breakers.

**These factors are increased to 1.1 and 1.2 respectively if the asymmetrical fault level is above 300 mva and the system is fed predominantly by generators or through current-limiting reactors.

† Fuses which open in under 0.004 second have a multiplying factor of 1.4 to 1.6.

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 amortiguador 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 circuito (%) o por unidad (0/1) basados en la capacidad nominal (%) de la máquina.

Podemos deducir, analizando las diferentes componente de contribución que si necesitamos conocer los esfuerzos eléctrico mecánicos 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 la sido tomada de la página 99 de la publicación Electric Power Distribution for Industrial Plants (IEEE No. 141).

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	0.35
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

$$\%Z = \frac{Z(\Omega) \times KVAb}{10KV^2} = \frac{100 \times KVAb}{1.73 \times Icc \times KV} = 100/1$$

$$Z(\Omega) = \frac{10(\%Z) \times KV^2}{KVAb}$$

$$Z(\Omega)E_1 = \frac{E_1^2 \times ZB_1}{E_2^2}$$

$$Z(KVAb_2) = \frac{KVAb2}{KVAb_1} \times Z(KVAb_1)$$

$$KVAcc = \frac{100\ (KVAb)}{\%Z} = \frac{1000\ KV^2}{Z\ (\Omega)} = 1.73\ (KV)\ Icc$$

$$Icc = \frac{100\ (KVAb)}{1.73 \times \%Z \times KV} = \frac{E}{1.73 \times Z\ línea\ (\Omega)}$$

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.

Tomando como base los datos de la figura número 1.

$$C1 = C2 = \frac{1000\ KV^2}{ZL\ (=\Omega)} = \frac{1000 \times 161^2}{25000} = 1036.84\ MVA$$

$$C3 = \frac{N}{x''d} = \frac{44.2}{0.2} = 221.\ MVA$$

$$C4' = \frac{N}{\frac{NT}{N} \cdot x''d + ZT\ T/0} = \frac{44.2}{\frac{44.2}{44.2} \times 0.2 + 0.08} = 157.86\ MVA$$

$$CCA = C1 + C2 + 4C4' = 2705.12\ MVA$$

$CCA' = CCA - C4' = 2547.26$ MVA (falla CCA equivalente para cálculos derivados ya que C4 no contribuye a su falla primaria)

$$C4 = \frac{NT}{\frac{NT}{CCA'} + ZT0/1} = \frac{44.2}{\frac{44.2}{2547.26} + 0.08} = 454.02\ MVA$$

$$C5' = \frac{N}{\frac{NT}{N} \cdot x''d + ZT\ 0/1} = \frac{2.75}{\frac{3.75}{2.75} \times 0.2 + 0.05} = 8.52\ MVA$$

$$CCB = C3 + C4 + C5' = 221 + 454.02 + 8.52 = 683.54\ MVA$$

$$CCB' = CCB - C5' = 675.02\ MVA$$

$$C5 = \frac{NT}{\frac{NT}{CCB} + ZT0/1} = \frac{3.75}{\frac{3.75}{675.02} + 0.05} = 67.5\ MVA$$

$$C6 = \frac{N}{x''d} = \frac{2.75}{0.2} = 13.75\ MVA$$

$$C7 = \frac{N}{\frac{NT}{N} \cdot x''d + ZT0/1} = \frac{1}{\frac{1}{T} \times 0.25 + 0.05} = 3.33\ MVA$$

$$CCC = C5 + C6 + C7 = 67.5 + 13.75 + 3.33 = 84.58\ MVA$$

$$CCC' = CCC - C7 = 81.25\ MVA$$

$$C7 = \frac{NT}{\frac{NT}{CCC'} + ZT0/1} = \frac{1}{\frac{1}{81.25} + 0.05} = 16.05\ MVA$$

$$C8 = \frac{N}{x''d} = \frac{1}{0.25} = 4\ MVA$$

$$CCD = 16.05 + 4 = 20.05\ MVA$$

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 MVA y $CC4^1$ = 454.02 MVA

Es natural que preferimos optar por basarnos en la mayor para especificar capacidad de interrupción.

Para II: C5 = 67.5 MVA o bien C6 + C7' = 17.08 MVA

optamos por C5

Para III: C7 = 16.05 MVA o bien C8 = 4 MVA

optamos por C7

Sin embargo en el caso de II y III podemos especificar.

Para II: C5 + C6 + C7 = 84.58 MVA

Para III: C7 + C8 = 20.05 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:

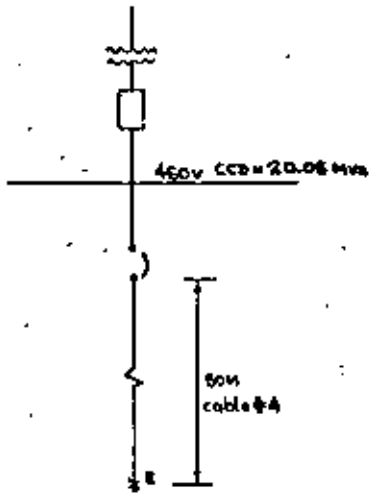


Fig. No. 3

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 pueda 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)	8.51	5.43	3.35	2.15	1.39	.867	.537	.347	.272	.217	.174	.170	.142	.1445	.135	.135

Con la tabla anterior, podemos estimar la impedancia del cable de nuestro ejemplo:

$ZL = 50 \times 0.867 = 43.35$ mΩ

Y entonces el corto circuito se verá reducido a:

$$CCE = \frac{1}{\frac{1}{CCD} + \frac{ZL}{1000\ KV^2}} = \frac{1}{\frac{1}{20.05} + \frac{43.35}{1000 \times .48^2}} = 4.202\ MVA$$

o sea en amperes: $CCE = \frac{4.202 \times 1000}{\sqrt{3} \times .48} = 5054$ amperes.

CAIDA DE TENSION DEBIDA AL ARRANQUE DE UN MOTOR

Habiendo obtenido el nivel de falla en un punto determinado, podemos estimar nuestra caida 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:

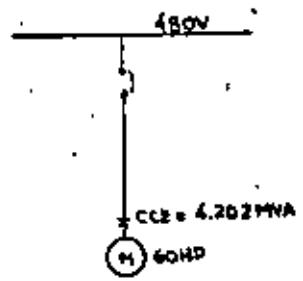


Fig. No. 4

La expresión para la estimación de la caida de tensión es:

$$\% CDT = \frac{100 \times MVA_A}{MVA + CCA}$$

Donde MVA_A = Potencia de arranque en MVA.

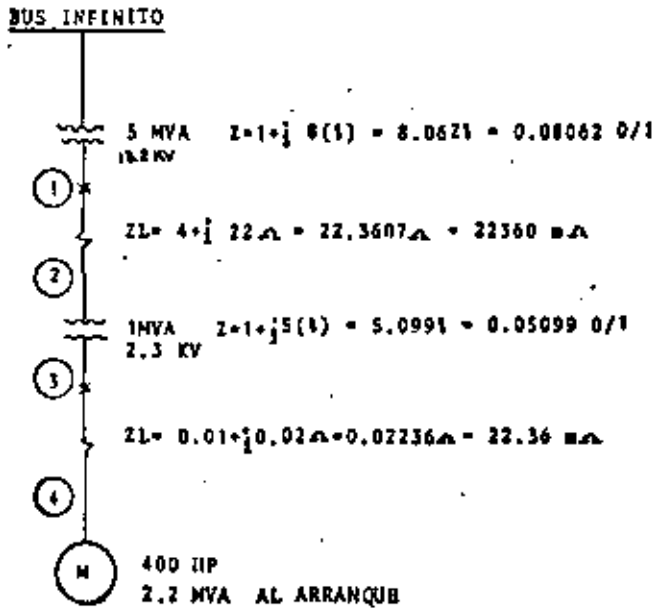
Supongamos un motor con letra de código G (5.6 KVA/HP), entonces; $MV_A = 0.0056 \times 60 = 0.336$

Substituyendo:

$$\% \, CDT = \frac{100 \times 0.336}{0.336 + 4.202} = 7.4$$

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:

$$1.- \; CC1 = \frac{5}{0.0862 + \frac{5}{60}} = 62.02 \text{ MVA}$$

$$2.- \; CC2 = \frac{1}{\frac{1}{62.02} + \frac{22360}{1000 \times 13.2^2}} = 6.923 \text{ MVA}$$

$$3.- \; CC3 = \frac{1}{0.0509 + \frac{1}{6.923}} = 5.1167 \text{ MVA}$$

$$4.- \; CC4 = \frac{1}{5.1167 + \frac{22.36}{1000 \times 2.3^2}} = 5.008 \text{ MVA}$$

$$5.- \; CDT = \frac{100 \times 2.2}{2.2 + 5.008} = 30.52\%$$

Datos de Ingeniería

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 max. Amps. Asim.	Interruptor TIPO
225	625	15,650	25H-2			
300	835	20,900	25H-2			
450	1250	31,300	25H-2	590	14,750	25H-2
600	1660	41,200	65H-2	790	19,750	50H-2
750	2080	52,000	65H-2	985	24,600	50H-2
1000	2780	69,500	75H-2	1310	32,800	50H-2
1500	4160	104,000	100H-2	1970	48,200	65H-2
2000				2620	65,500	75H-2
3000				3940	96,400	100H-2
4000						

NOTA: Las corrientes de corto circuito estan basadas en un 5o/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	2,236	1,306
	No. 0	5,426	5,386	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	4,183	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	6,352	4,460	2,856
	250 MCM	8,132	8,092	8,051	8,010	7,833	7,548	7,004	5,684	4,702
	2-250 MCM	8,132	8,105	8,078	8,064	7,969	7,820	7,524	6,691	5,630
	2-500 MCM	8,132	8,119	8,105	8,092	8,024	7,915	7,684	7,044	6,383
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	7,898	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	17,701	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	11,632	6,528	3,468
	250 MCM	22,249	22,100	21,896	21,495	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	22,042	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	29,326	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	13,600
1,500	No. 4	43,588	41,548	39,532	34,340	22,168	13,056	7,208	3,128	1,632
	No. 0	43,588	42,500	40,120	39,168	32,260	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	43248	42,840	42,160	39,712	36,176	32,028	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 maximos disponibles rcm simetricos, basados en transformadores llenos de liquido 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.

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		$\frac{I \times E}{1000}$	$\frac{I \times E \times 2}{1000}$	$\frac{I \times E \times 1.73}{1000}$
H.P. con la flecha del motor	$\frac{I \times E \times o/o\ Ef.}{746}$	$\frac{I \times E\ o/o\ Ef. \times F.P.}{746}$		$\frac{I \times E \times 1.73 \times o/o\ Ef. \times F.P.}{746}$

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
	2-500 MCM	16,350	16,245	16,055	15,675	14,535	13,015	10,622	6,840	4,275
300	No. 4	21,850	19,380	16,245	11,970	6,175	3,325	1,692	712	380
	No. 0	21,850	20,520	19,190	16,625	13,252	7,600	3,760	1,662	855
	250 MCM	21,850	20,995	20,140	18,525	14,535	11,590	6,862	3,182	1,662
	2-250 MCM	21,850	21,375	20,900	20,140	17,575	14,535	10,522	5,700	3,135
	2-500 MCM	21,850	21,612	21,327	20,615	18,575	15,960	12,502	7,505	4,322
500	No. 4	36,290	29,260	22,800	14,630	6,555	3,325	1,692	760	380
	No. 0	36,290	32,680	28,880	22,800	13,490	7,600	3,760	1,710	950
	250 MCM	36,290	32,200	32,110	27,930	19,095	12,920	7,520	3,230	1,710
	2-250 MCM	36,290	35,055	33,915	31,635	25,650	19,095	12,408	6,080	3,325
	2-500 MCM	36,290	35,530	34,675	32,870	27,930	22,610	16,150	8,550	4,750
750	No. 4	44,840	34,010	24,700	15,200	6,555	3,230	1,598	760	380
	No. 0	44,840	39,805	34,485	25,935	14,060	7,600	3,854	1,710	950
	250 MCM	44,840	41,420	38,000	32,585	21,850	13,300	7,520	3,230	1,710
	2-250 MCM	44,840	42,845	41,135	38,000	30,115	21,660	13,536	6,080	3,325
	2-500 MCM	44,840	43,605	42,085	19,615	32,870	25,650	17,202	8,740	4,750
1,000	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	15,1-5	8,272	3,230	1,776
	2-250 MCM	59,565	56,905	53,455	47,880	35,910	24,605	14,570	6,555	3,325
	2-500 MCM	59,565	58,710	55,290	51,965	40,280	29,921	19,740	9,500	3,135
1,500	No. 4	87,780	50,350	31,350	17,195	7,410	3,705	1,880	760	570
	No. 0	87,780	69,825	54,150	34,675	16,910	8,740	4,324	1,900	950
	250 MCM	87,780	76,000	66,025	49,400	28,500	16,530	8,048	3,610	1,900
	2-250 MCM	87,780	81,415	75,525	65,075	43,700	76,000	16,544	6,650	3,610
	2-500 MCM	87,780	83,600	78,850	70,300	54,150	36,100	22,372	10,450	5,700
2,000	No. 4	115,710	55,100	32,110	17,290	6,840	3,610	1,692	570	760
	No. 0	115,710	83,600	60,515	36,100	16,140	8,360	3,948	1,710	1,710
	250 MCM	115,710	95,190	79,610	57,000	29,450	16,150	7,990	3,040	3,325
	2-250 MCM	115,710	105,260	95,475	78,850	47,500	28,500	1,598	6,460	4,750
	2-500 MCM	115,710	108,490	100,700	86,450	58,900	38,000	22,466	9,500	

Las corrientes de falla que aparecen en la lista son los valores simétricos rcm 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

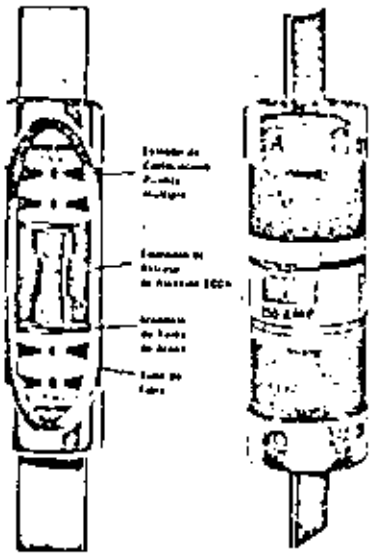
Fusibles de Cartucho de doble elemento

- 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 aplicaciones industriales de servicio general.

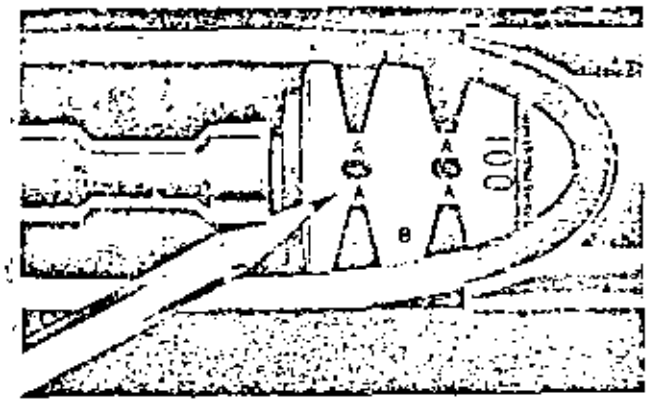
Amperes	250 VOLTS.				600 VOLTS.			
	Catálogo No.	Precio Unitario PUBLICO	Precio Unitario $ 1000.00 o más	Caja de	Catálogo No.	Precio Unitario PUBLICO	Precio Unitario $ 1000.00 o más	Caja de
.1, .15, .2, .3, .4, .5, .6, .8, 1, 1.125, 1.25, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.25, 2.5, 2.8, 3, 3.2, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.6, 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		15.50	18.00	10		46.50	37.00	10
70, 80, 90, 100		44.50	42.00	5		85.50	81.00	5
110, 125, 150, 175, 200		97.00	90.00	1		169.00	157.00	1
225, 250, 300, 350, 400		176.00	165.00	1		339.00	321.00	1
450, 500, 600		268.00	248.00	1		—	457.00	1

Tipo "Ferula" (casquillo), 60 amp. y menos. Tipo de navaja, 65 amp. y mayores.

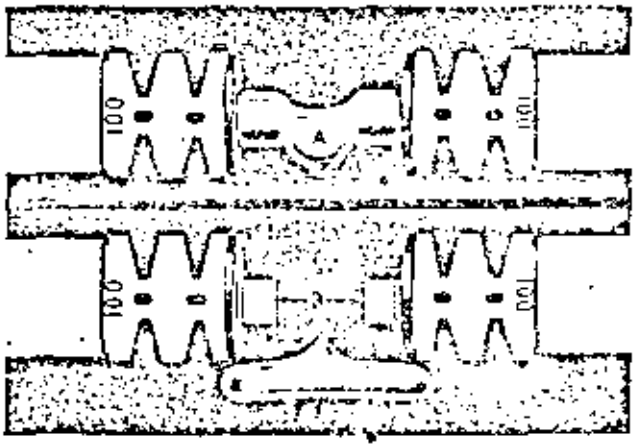
Para información detallada, solicítenos las hojas Descriptivas Clase 1330 en español.

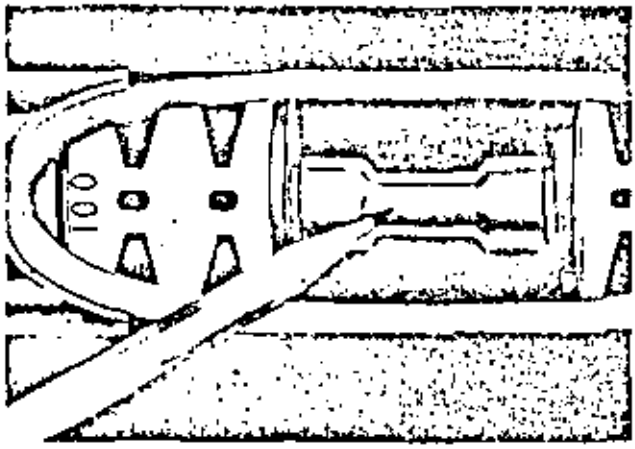


Acción instantánea en corto circuitos. Los eslabones de cualquier extremo abren el circuito inmediatamente cuando se produce un "corto" peligroso. Las gargantas (A) funden instantaneamente provocando la caída de las secciones más pesadas (B) interrumpiendo el circuito completamente.

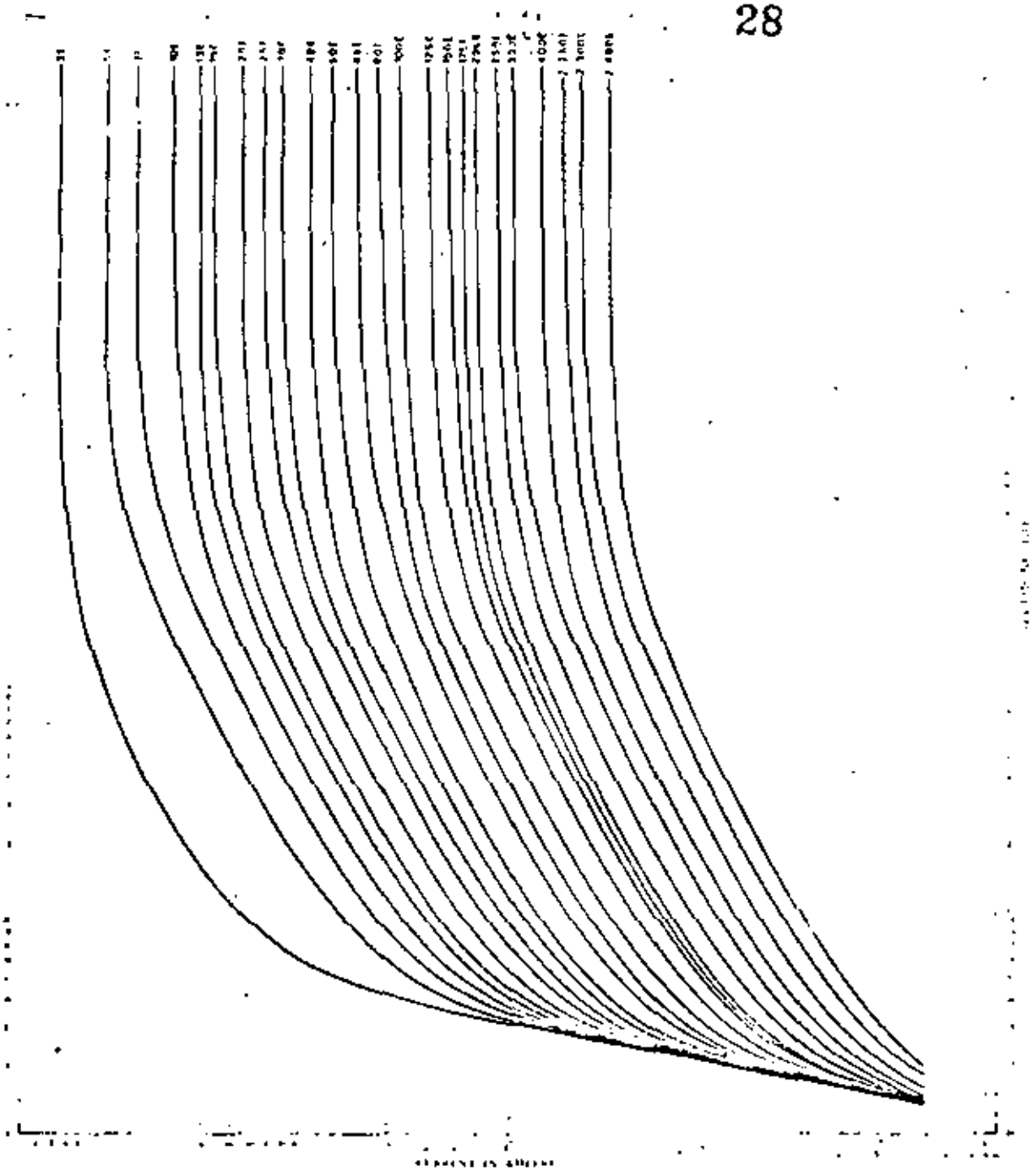


Acción rápida y positiva en caso de sobrecarga peligrosa. Cuando la sobrecarga excede límites de calor y de tiempo que se determinan de antemano, la aleación Econ (A) cambia instantaneamente de sólido a líquido, interrumpiendo positivamente el circuito. ATENCION: LA DISTANCIA (entre hierro) MUY GRANDE (B) PROPORCIONAN UN "CORTE SEGURO" DEL CIRCUITO... EVITA LA FORMACION DE UN ARCO.





Retraso en sobrecargas momentáneas e inofensivas. El elemento térmico de la exclusiva aleación ECON absorbe sobrecargas inofensivas hasta 200 o/o... el retraso calibrado evita interrupciones innecesarias... evita tiempos perdidos.



TOTAL CLEARING TIME-CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

SM REFILL UNITS — STANDARD SPEED

BASIS — These [illegible] are based on measurements made on the distributions described in NEMA Standard [illegible] for Power Fuses and Fuse Mounting [illegible] In accordance with these standards, curves are based on time starting with the rated load in an ambient temperature of 25°C and no prior load. Also [illegible] clearing current is not less than 200% of rated unit current rating.

CONSTRUCTION — Fusible elements for refill units rated [illegible] through [illegible] amperes are housed in [illegible] under pressure, fusible elements for refill units rated [illegible] through [illegible] amperes are open, hangers curved, [illegible] of indicating construction.

TOLERANCES — Curves are average for minimum [illegible] Fuses. All [illegible] are nominal.

APPLICATION — Refill units having rated currents at [illegible] operation are not subject to damage by [illegible] overcurrents. Refill units operating in higher ambient [illegible] in single phase or three phase installations when fuse 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 helpful in coordination studies where fuses are applied in series. [illegible]

[illegible] clearing time. This is a time [illegible] for fuses which [illegible] and which [illegible] 200% of rating. Although the fuse units [illegible] the [illegible] of this company. The reduction for [illegible] should be considered with Data Bulletin 205-21 and applied fuses on the manufacturer's clearing curve of the "projected" fuse.

1. When cross coordination is required.
2. When [illegible] of the performance of coordination, the refill unit is subject to [illegible] approach.

There are cases where the [illegible] measurements may not vary from time to time, for example, in distribution [illegible] a [illegible] system. The time required between the clearing characteristics of the two fuses [illegible] Using these curves [illegible] the [illegible] clearing time [illegible] the [illegible] clearing characteristics of the fuse.

The refill units represented by these curves [illegible] the [illegible] feature which [illegible] a [illegible] of [illegible] conditions. This feature

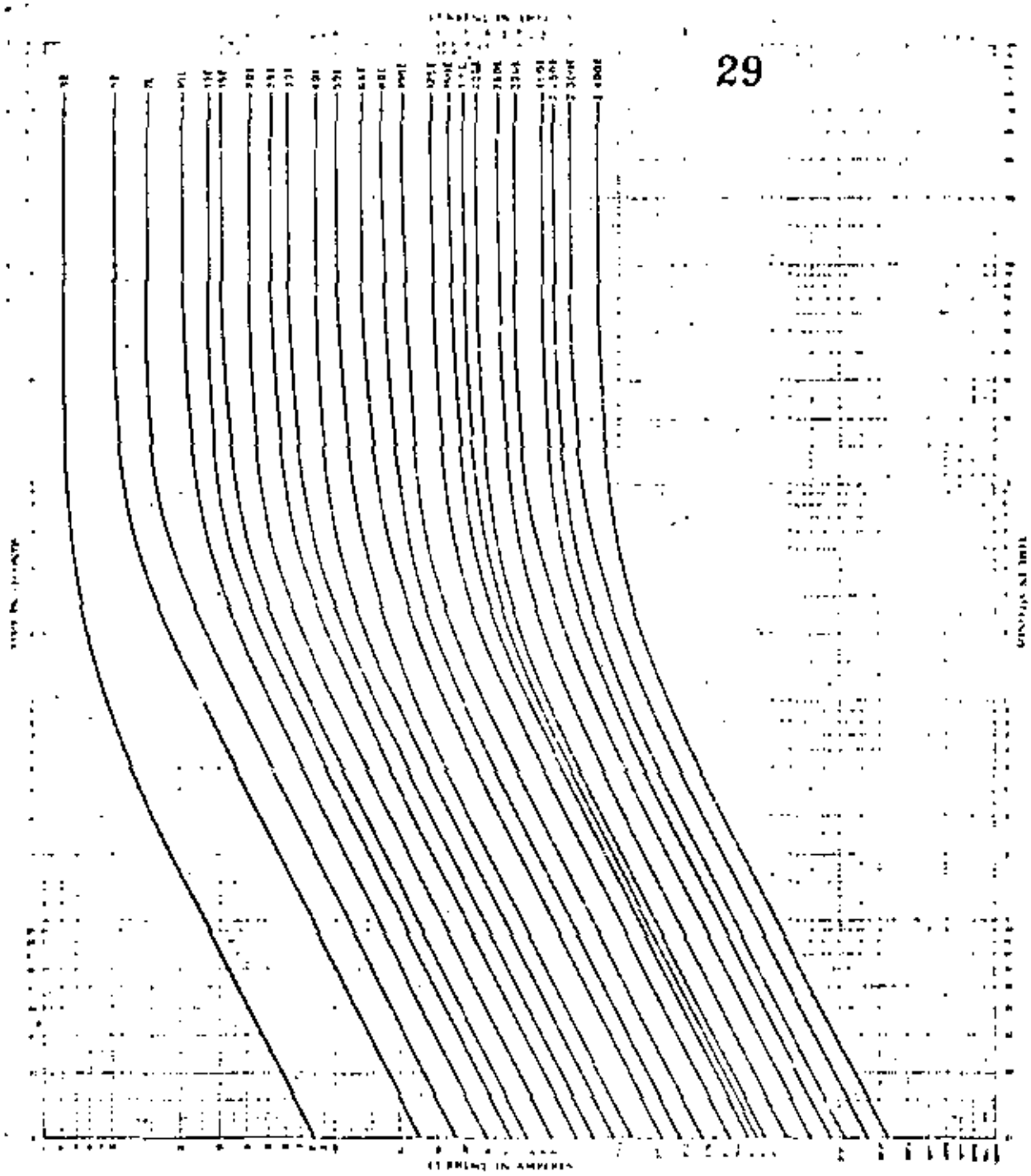
1. As little as 10% [illegible] through clearing current — compared to the 20% [illegible] of many fuses (10% and 20% [illegible] of range of fuses).
2. The [illegible] clearing [illegible]

[illegible] clearing current rating and has [illegible] the [illegible] requirements of the [illegible] speed. In the case the [illegible] at a higher [illegible] rating [illegible] will satisfy all requirements.

Do not assume that some other "time-lag" refill, "[illegible]" speed or "high surge" [illegible] fuse [illegible] a coordination [illegible] that the use of a higher ampere rating [illegible] the NEC [illegible] patterns. Such other [illegible] have larger [illegible] than 20% [illegible] clearing, also 40% [illegible] of fuses. In [illegible] they also [illegible] the use of "[illegible]" [illegible] the [illegible] of these fuse [illegible] and gap of total clearing between the [illegible] and total clearing [illegible] greater than [illegible] the case of 60C [illegible] units.

REFILL UNITS AVAILABLE:

Fuse Unit	Ex Fuse Ratings	Ampere Ratings
[illegible]	[illegible] and [illegible]	[illegible] through [illegible]
[illegible]	[illegible] through [illegible]	[illegible] through [illegible]



MINIMUM MELTING TIME-CURRENT CHARACTERISTIC CURVES

SM REFILL UNITS — STANDARD SPEED

BASIS — [illegible]

CONSTRUCTION — [illegible]

TOLERANCES — [illegible]

APPLICATION — [illegible]

COORDINATION — [illegible]

1. [illegible]
2. [illegible]

[illegible]

[illegible]

1. [illegible]
2. [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

REFILL UNITS AVAILABLE

Refill Unit	[illegible]	[illegible]
SM-4	[illegible]	[illegible]
SM-5	[illegible]	[illegible]
SM-6	[illegible]	[illegible]

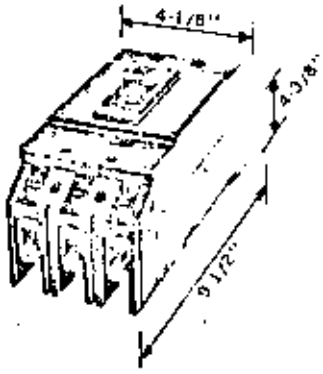
Interruptores Termomagnéticos Tipo Industrial

CLASE 1500

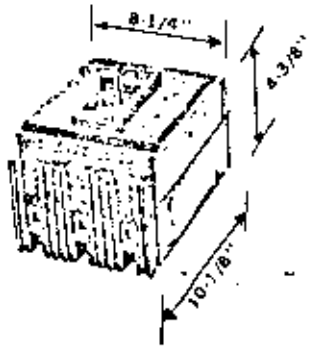
Tabla de Selección

Características de los Interruptores Termomagnéticos

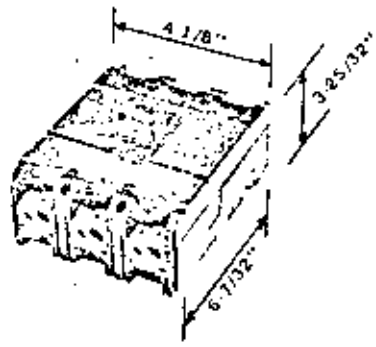
Marco	Amperes	TENSION MAXIMA		No. de Polos	CAPACIDAD INTERRUPTIVA AMPERES ASIMETRICOS RMC (AMPERES SIMETRICOS RMC) POR LOS UNDERWRITERS' LABORATORIES INC'				ZAPATAS DE COBRE/ALUMINIO		
										Calibre del Conductor	
		C. A.	C. C.		240V	480V	600V	C. C.	Rango	Mín.	Máx.
NEF-R	15-100	480	250	2,3	20M (18M)	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



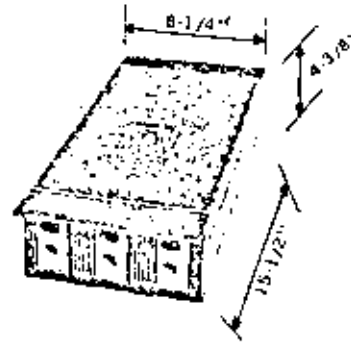
NFJ-R



NEF-R



NJL-R

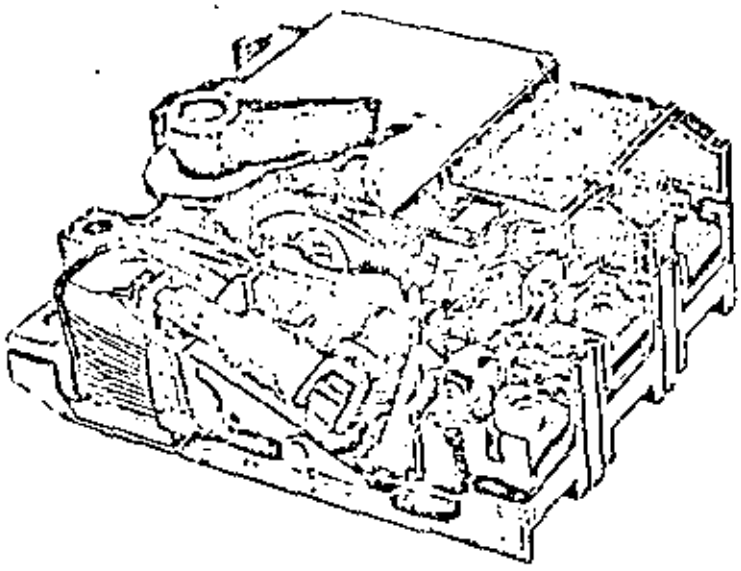


NM-R

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.

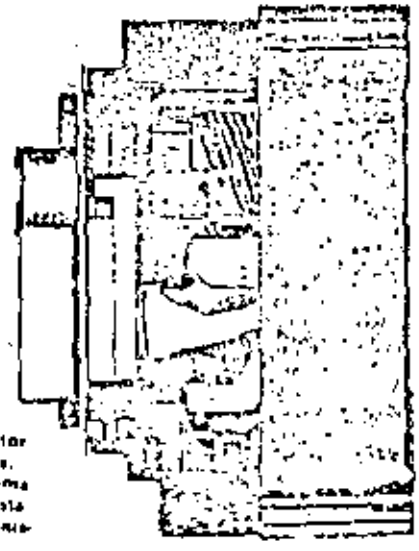
Las capacidades de corriente de los interruptores de la Línea de Alta Capacidad Interruptiva del Tipo Industrial de la Federal Pacific corresponden en general a las capacidades normales del Código Nacional Eléctrico de México y al NEC Americano, párrafo 240-7b. Véase la Tabla en la página 5.

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 está conectada al mecanismo.

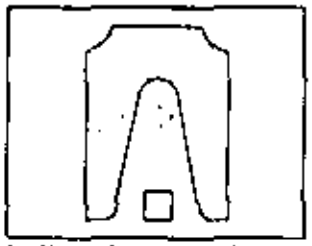
INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

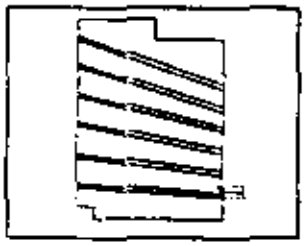
Hoja descriptiva

Principio deionizante de la cámara de arqueo.

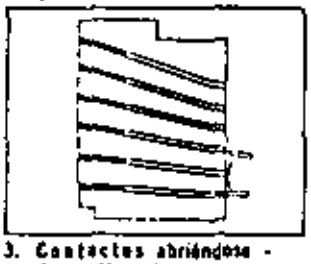
Extingue los arcos aproximadamente en 1/2 ciclo.



1. Placas de acero paralelas rodean los contactos fijos y móviles.



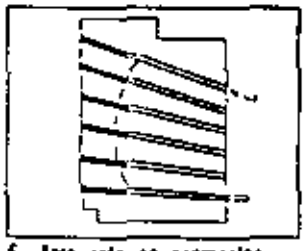
2. Contactos cerrados.



3. Contactos abriéndose - formación del arco.

4. Extensión del arco hacia la garganta de la cámara de arqueo.

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 partes costosas e innecesarias. 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 bimetálicos 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 arqueo.

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 fenólica 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 está "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 movibles 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 HM 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 termicamente 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

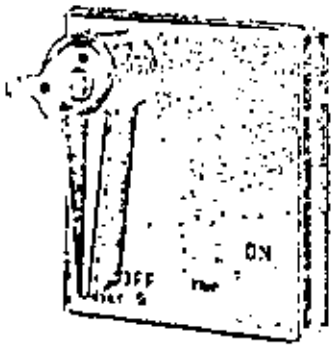
rapidez. La manija robusta de tamaño adecuado a la mano de un hombre, ofrece la ventaja de seguridad y la facilidad de ver sus diferentes posiciones a distancia.

CIERRE: Todos los interruptores termomagnéticos de manija rotatoria incluyen un anillo de cierre retractil 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.



El Juego del entrelace mecánico consiste de un junta, una barra de enclavamiento, un tope inmovilizador y una placa de "puerta abierta"

Dispositivo de seguro exclusivo para interruptor, que permite el bloqueo de la manija mediante su anillo retractable que puede acomodar hasta 3 candados.

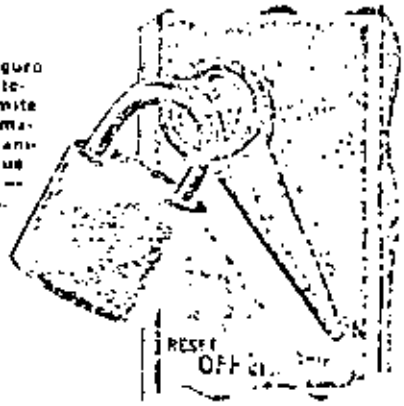


TABLA 1 — DATOS PARA SELECCION

Tipo	Polos	Capacidad en amperes.	TENSION (Volts) C.A.	TENSION (Volts) C.C.	U.L. CAPACIDADES INTERRUPTIVAS ASIMETRICAS—AMPERES RCM. U.L. Valores simétricos entre ( ) C.A. 120	C.A. 240	C.A. 480	C.A. 600	C.C.	Ajuste del disparo magnético	Unidad de disparo intercambiable
INTERRUPTORES NORMALES											
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	Si	—
NJL	2,3	70-500	600	250	—	50M (42M)	35M (30M)	25M (22M)	20M	Si	—
NM	2,3	125-1000	600	250	—	50M (42M)	35M (30M)	25M (22M)	20M	Si	Si
INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA.											
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	Si	—
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	Si	Si

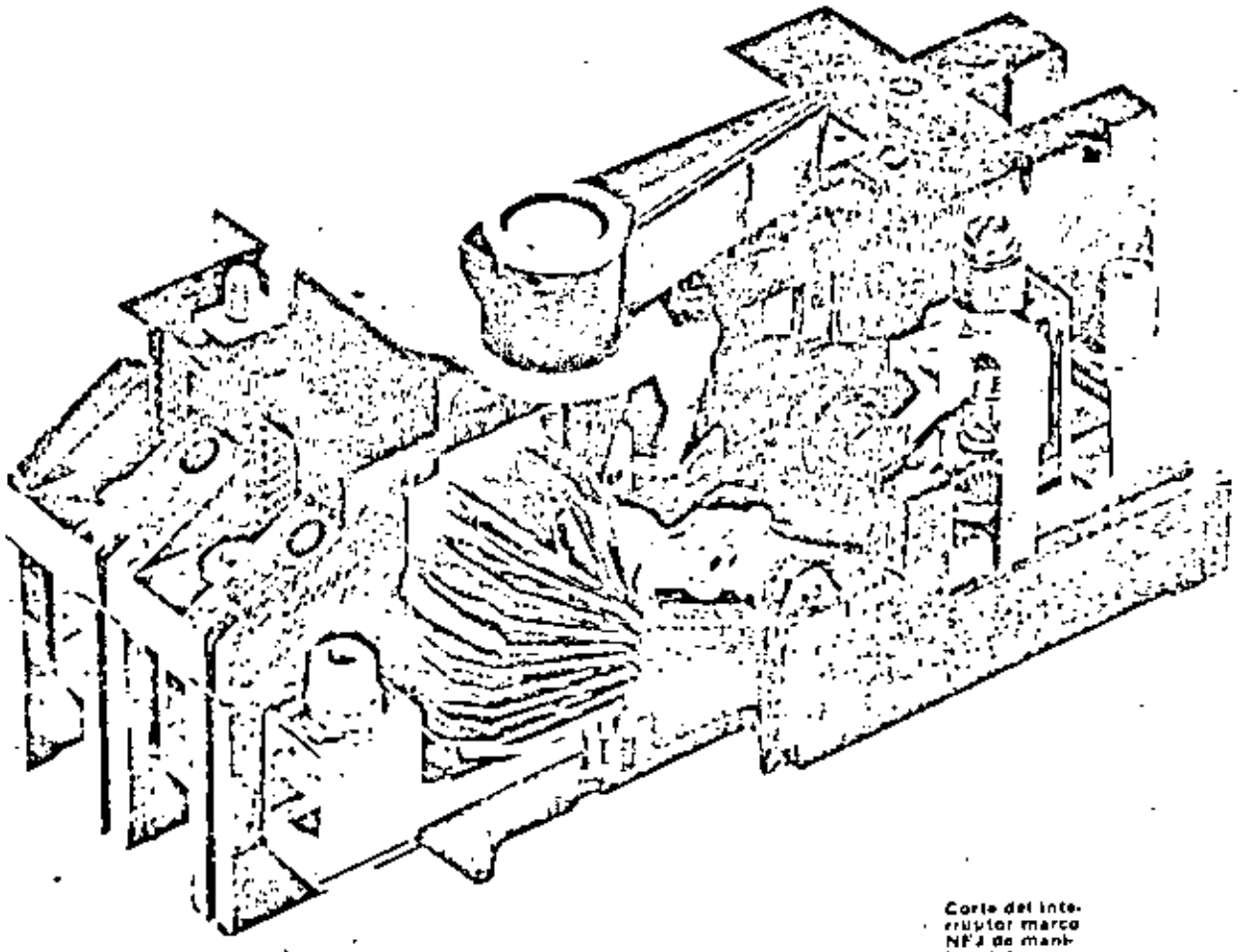
* Los valores simétricos son iguales a los valores asimétricos.

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

Tipos normales y de alta capacidad interruptiva

Hoja descriptiva

34



Corte del interruptor marco NF3 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 varían, 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 agrupamieno 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 magneticos instantáneos del interruptor cuando se selecciona 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		4	4	2	2	1	1	.8	.8	4.6	2.3	1.4
3/4*	10.2	5.1		5.6	4.8	2.8	2.4	1.4	1.2	1.1	1	6.6	3.3	1.8
1*	13	6.5		7	6.4	3.5	3.2	1.8	1.6	1.4	1.3	8.6	4.3	2.6
1 1/2	18.4	9.2		10	8.8	5	4.4	2.5	2.2	2	1.8	13.6	6.8	3.4
2	24	12		13	11.2	6.5	5.6	3.3	2.8	2.6	2.2	16.4	8.2	5
3	34	17				9	8	4.5	4	4	3.2	24	12	8.3
5	56	28				15	13	7.5	7	6	6	40	20	12
7 1/2	80	40	21			22	19	11	9	9	8	58	29	16
10	100	50	26			27	24	14	12	11	10	76	38	23
15						40	34	20	17	16	14	112	56	31
20						52	45	26	23	21	18	148	74	38
25						64	55	32	28	26	22	184	92	46
30						78	67	39	34	31	27	220	110	61
40						104	88	52	44	41	35	292	146	75
50						125	106	63	54	50	43	360	180	90
60						150	129	75	65	60	52	430	215	111
75						185	158	93	79	74	63	536	268	

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 construidos 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:
Para motores marcados con la letra de código		
Todos los motores monofásicos C.A. y los polifásicos de tipo jaula de ardilla y síncronos, 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 síncronos 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
Para motores que no están marcados con letra de código		
Monofásicos de todos los tipos	250	3
Motores tipo jaula de ardilla y síncronos (arranque a tensión plena con resistor y reactor)	250	3
Motores tipo jaula de ardilla y síncronos (arranque con autotransformador)	200	2
Tipo jaula de ardilla de alta reactancia:		
no más de 30 amps	250	3
más 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	350	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
HJL	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 termomagneticos 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 caracteristica ha sido demostrada por las pruebas de los Underwriters' descritas en boletín Clase 1400, pagina 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 derivacion 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 TIPOS 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 instantaneo contra cortocircuitos por medio de un elemento termomagnetico.

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 libre el bloqueo.

Los interruptores termomagnéticos deben ser de cierre y apertura ultra rápida, con disparo mecanico 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 calculo de la corriente de falla demuestra que dicha corriente excede la capacidad de los interruptores normales, los interruptores Linea "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 Economim en serie con interruptores normales en caja moldeada.

La aplicación de fusibles limitadores de corriente montados en serie con interruptores del tipo normal o Linea "H" (de alta capacidad interruptiva) no debe confundirse con la instalación de Interruptores en Caja Moldeada FPE Fusematic.

Los fusibles limitadores de corriente Economim 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 Economim, se limita la magnitud y la duración de la corriente de falla a una fraccion de su posible valor. Esta caracteristica 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 caracteristica 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 Nº 6 muestra las capacidades maximas de limitación para los lados de linea y de carga. El limitador del lado de la linea 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 linea 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 linea 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 mayoria de las veces la energia 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 pagina 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 Linea "H", se instalarán Fusibles Limitadores de Corriente Economim de la Federal Pacific, en serie con los interruptores termomagnéticos Federal Pacific con capacidades interruptivas de 100,000 amperes simetricos R.C.M. Los fusibles seran 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 Linea "H" en caja moldeada usados cumplirán con las especificaciones que aparecen en la Tabla Nº 6.

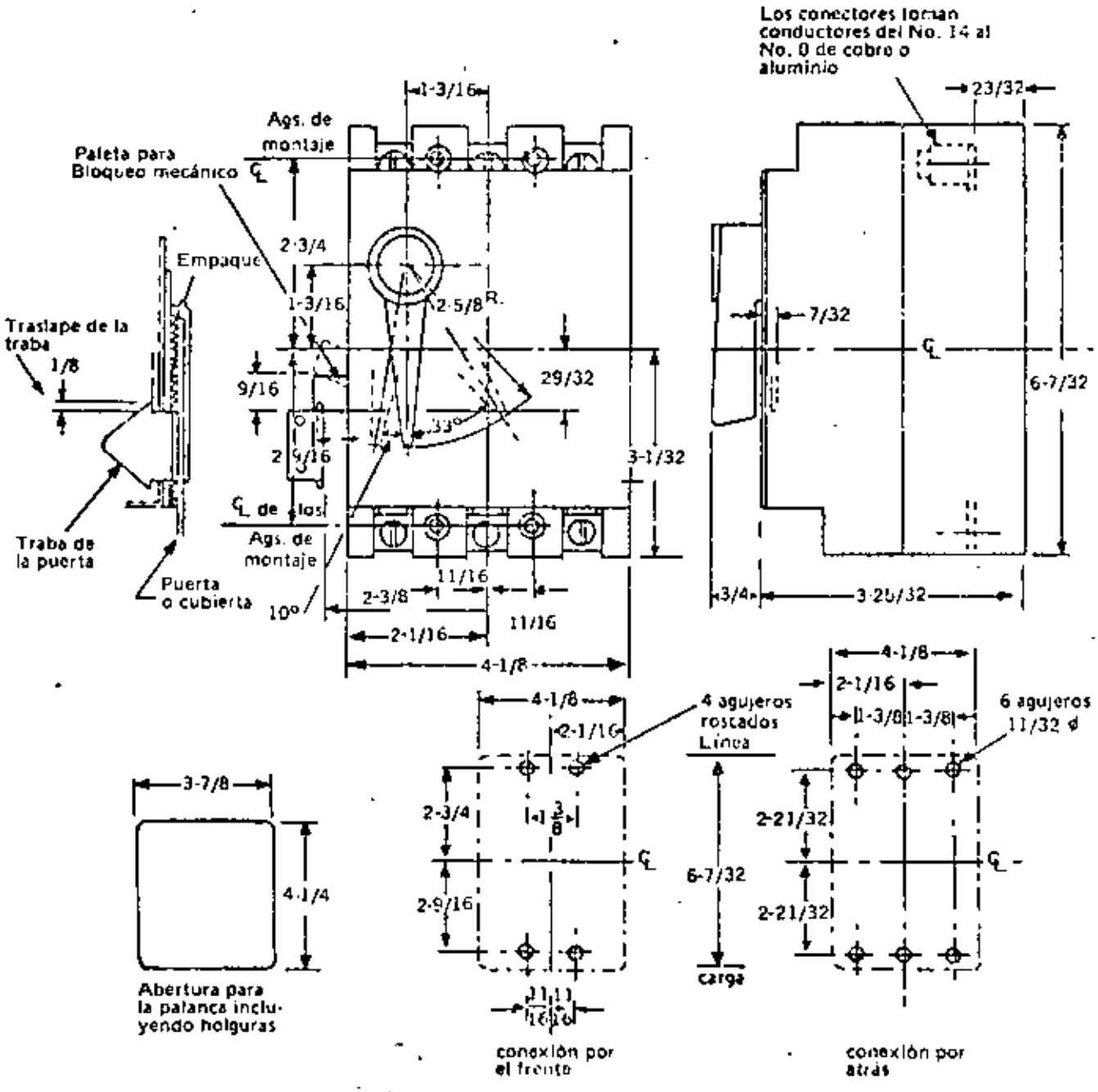
APLICACION EN CAPACITORES

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 seleccion 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 tambien se debe tomar en consideración para la seleccion.

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 Dimens



Dimensiones para montar interruptores termomagnéticos NEF de 3 polos con palanca rotatoria.

Dimensiones sujetas a cambio sin previo aviso

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA

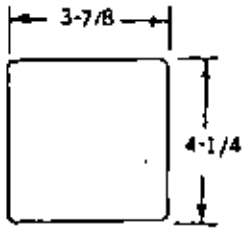
Tipos NJL y HJL (Rotatorio), 2 y 3 Polos, 70-500 Amp. 600 V. C-A, 250 V. C-C

Hoja de Dimensiones

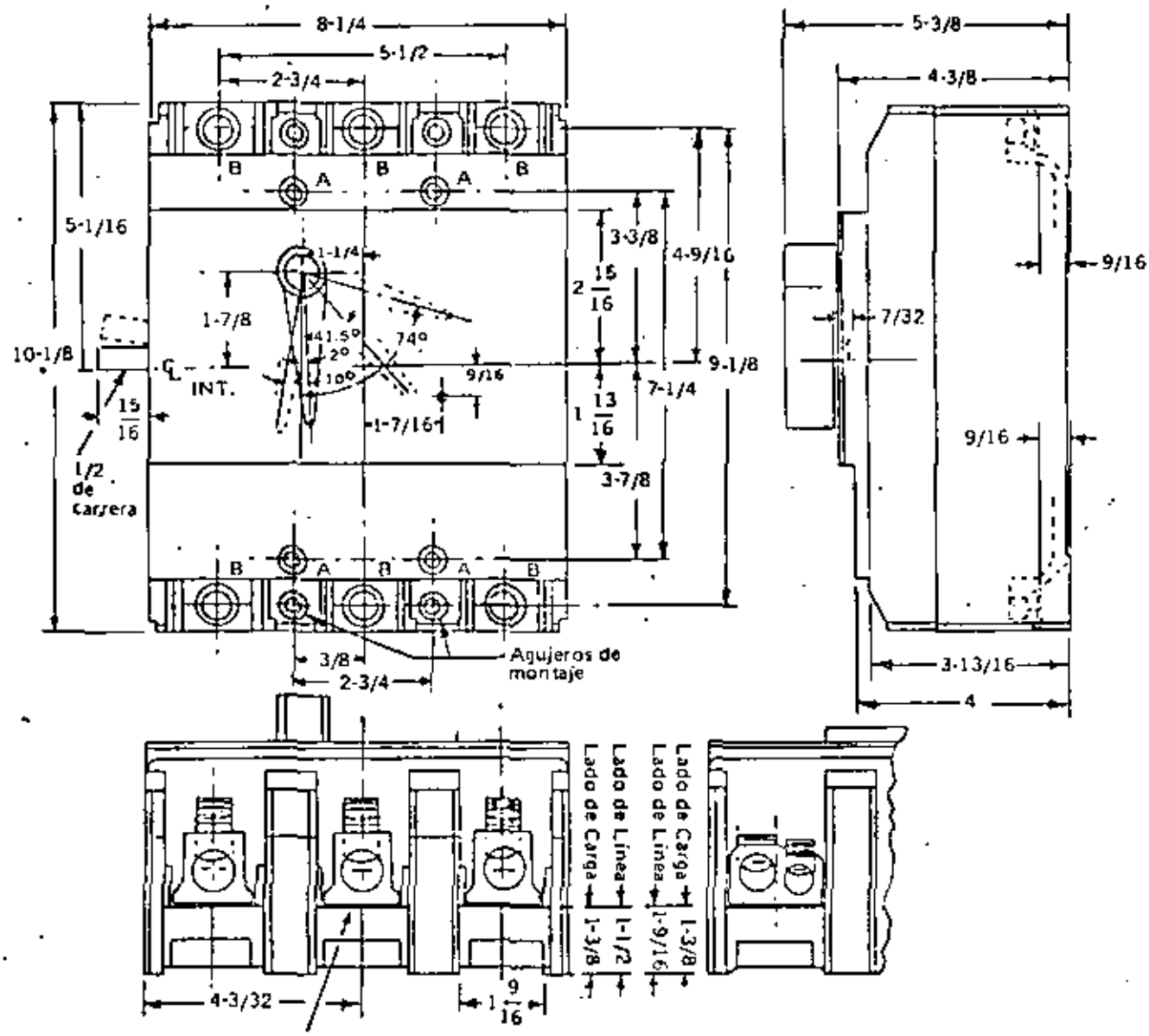
38

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, taladrese haciendo coincidir los agujeros con los marcados "B" 9/16" de diametro, para 70 a 225A y 13/16" de diametro para capacidades arriba de 225A.



Dimensiones de aberturas para la palanca incluyendo holguras.



Dimensiones sujetas a cambio sin previo aviso.

I) EFECTOS FISIOLOGICOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

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 atravezar 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 desfallecimiento. Las funciones del corazón y del aparato respiratorio continúan.
100-300	Empieza la fibrilación ventricular, pero las funciones respiratorias se mantienen intactas.
6000	Contracción sostenida del miocardio seguida por ritmo normal del corazón. Parálisis respiratoria temporal. Quemaduras si la densidad de corriente es alta.

Como nos muestra la tabla anterior a medida que la corriente que circula por el cuerpo humano alcanza valores mayores a 1 mA aparecen el dolor y las contracciones musculares involuntarias; a valores de 100 mA la fibrilación cardiaca puede ocurrir. Es interesante hacer notar, sin embargo, que con corrientes mayores a 100 mA, hay una tendencia a que las contracciones musculares sean tan rápidas y violentas que la persona es involuntariamente arrojada lejos del contacto con la fuente de energía eléctrica.

A su paso por el cuerpo humano, la corriente tomará camino por los tejidos de más baja resistividad, siendo éstos los más afectados naturalmente. La resistencia total de ese camino puede variar desde valores ligeramente menores a 1000 ohms, hasta valores alrededor de 100,000 ohms, dependiendo principalmente 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.

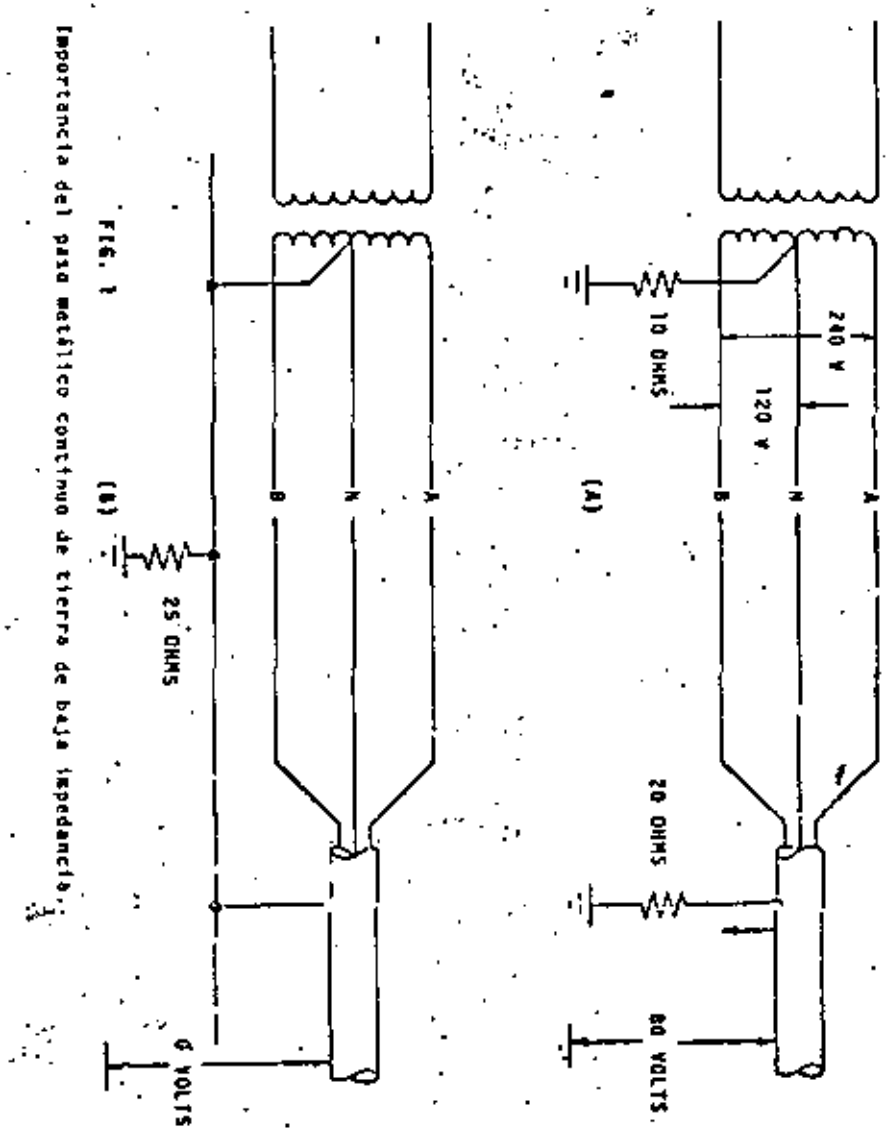


FIG. 1 Importancia del paso metálico continuo de tierra de baja impedancia.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SELECCION DE PROTECCION

a) Protección de conductores
b) Protección de cargas

MEDIOS DE CONTROL

a) Dispositivos de control para alumbrado
b) Circuitos alimentadores
c) Dispositivos de control para fuerza

ING. NOE ARMAS MORALES

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

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 Canalizaciones 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.
Linea de servicio (2.1 ROIE).- Los conductores y equipo que se usan para el suministro de energía eléctrica, desde las lineas o equipos inmediatos del sistema general de abastecimiento hasta los medios principales de desconexión y protección 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 protección contra sobre corriente del lado de la carga que protoja a esa parte.
Los arrancadores de motores con protección contra sobre corriente y otros dispositivos semejantes no se deben considerar 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 industrial 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
Edificiones industriales	20
Oficinas	20
Escuelas	30
Locales comerciales chicos	5
Hospitales	20
Hoteles (sin aparatos electricos para cocinar)	20
Iglesias	5
Peluquerias y salus 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 circuito.

5.8.- Conductores de circuitos derivados.

a) Calibre suficiente para conducir la corriente del circuito derivado cumpliendo en (6-2. caida 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 cumpliendo 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 excesivos por medio de dispositivos.

La capacidad de estos dispositivos deben cumplir lo siguiente

a) No deberá ser mayor que la corriente permitida para los — conductores del circuito.

b) 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.

c) Los alambres y cordones (5-8) se consideran protegidos por el dispositivo contra sobre corriente del circuito derivado.

5.10.-Dispositivos de salida.

a) Porta lamparas.- No menor a la carga a servir, mayores de 20 amps., sean de servicio pesado.

b) 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.- Caida 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 **5**

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 AWG o MCM.	Sección Transversal en milímetros cuadrados.	*Temperatura permisible y material del aislamiento* 60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	85°C Papel, Termoplástico en y abierto, Cambray barnizado y abierto o similar.	110°C Cambray barnizado y abierto o similar.	125°C Abierto impregnado o similar.	200°C Abierto 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	195
0	53.48	125	150	155	180	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	310
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	430	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	380.05	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	615	...	...	...
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 Centígrados	*Temperatura permisible y material del aislamiento* 60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar	85°C Papel, Termoplástico en y abierto, Cambray barnizado y abierto o similar.	110°C Cambray barnizado y abierto o similar.	125°C Abierto impregnado o similar.	200°C Abierto o similar.
40	0.82	0.88	0.90	0.91	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	0.83	0.86	...
60	...	0.58	0.67	0.77	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

6

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 apliquense los factores de corrección dados en la Tabla Número 2.

Véanse las disposiciones de la Fracción 11-A

TEMPERATURA PERMISIBLE Y MATERIAL DEL AISLAMIENTO

CONDUCTOR Calibre AWG. o MCM.	60°C Hule, Termoplástico o similar.	75°C Hule o similar.	80°C A prueba de intemperie.	85°C Papel, Termoplástico y asbesto, Cambray barnizado y asbesto o similar.	110°C Cambray barnizado y asbesto o similar.	125°C Asbesto impregnado o similar.	220°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	1250	....	1370	....	....	
2000	1155	1365	1405	1470	1715	....	

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

En los casos siguientes se podrá 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 cálcula 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 misceláneas 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 sobre -- calentamiento y bajo condiciones que se especifiquen. Para - caida 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.

Cuando 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 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 motores 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 contra sobrecorriente por el dispositivo de sobrecorriente que proteja 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 sobrecorriente 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 dejarse 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 suprimirse 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 ARRANQUE	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 conductor no conectado a tierra.
Monofásico ó de C.D.	Trifilar, monofásico ó de -- C.D., neutro conectado a --- tierra.	Uno, en cualquiera de los dos conductores no conectados a tierra.
Trifásico	Trifilar, trifásico no conectado a tierra.	Dos, en dos cualesquiera.
Trifásico	Trifilar, trifásico, un conductor conectado a tierra.	Dos, en los conductores no conectados a tierra.
Trifásico	Trifilar, trifásico, neutro conectado a tierra.	Dos, en dos conductores cualesquiera.
Trifásico	Tetrafilar, trifásico, neutro conectado ó no a tierra.	Dos, en dos conductores cualesquiera, 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 interrumpir 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 sobrecorriente.* 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 300 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 ⅛ de caballo de potencia o menos.* Para un motor fijo de ⅛ de caballo de potencia o menos, que normalmente se deje en marcha y que esté construído 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 ½ de caballo de potencia o menos.* Para un motor portátil de ½ 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 28-55), 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 construído 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).—*½ de caballo de potencia o menos.* Para motores fijos de ½ 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) interrumpa 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 accionables tanto manualmente como por algún otro medio auxiliar; pero en este último caso, deberán 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 incluído 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 volts

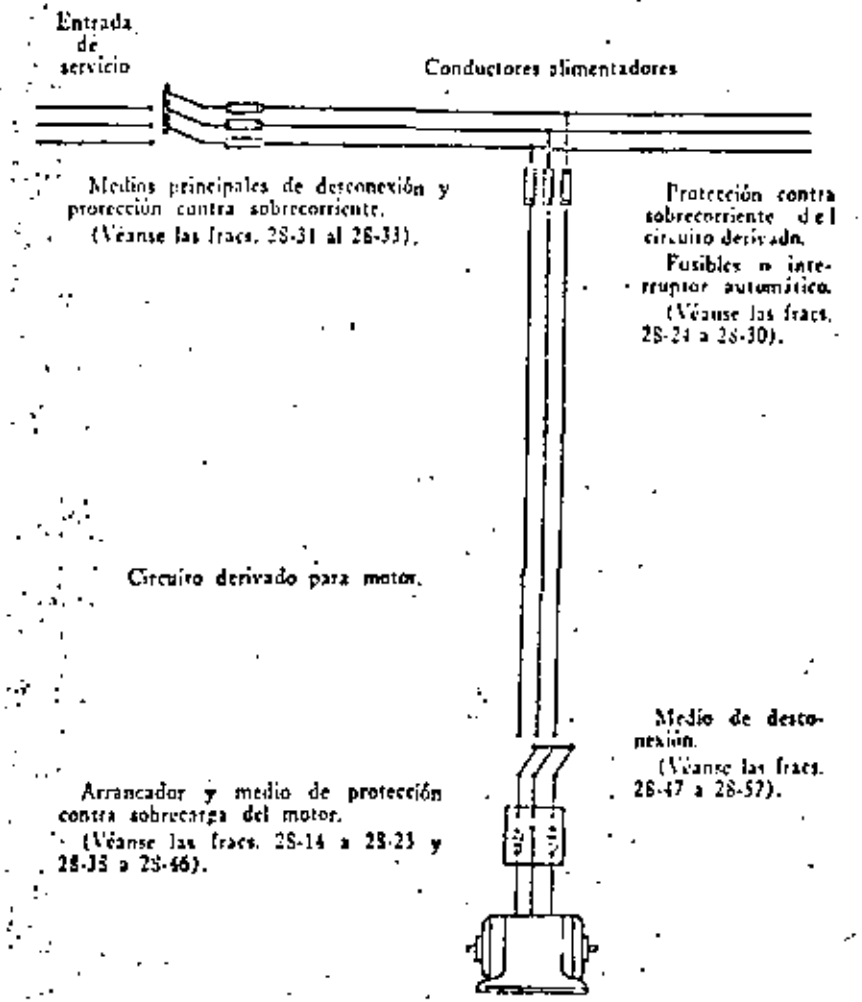
28-58.—*Requisitos para más de 600 volts.* Para motores de más de 600 volts entre conductores se aplicarán las disposiciones del presente artículo y las del capítulo X, en lo que les sea aplicable.

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).



GC 19

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 50;

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 funcionen 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.

DISPOSITIVOS DE PROTECCION

7).- 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 máximas 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 perdidas de transmisión mínimas. 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 sobrecalienten y, por esa razón, fallen prematuramente. También es causa de que los equipos electrónicos funcionen erraticamente 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 lámparas. 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.

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 baja tensión, y el cable se emplea ampliamente en todos los niveles de tensión usados en sistemas de distribución.

Las Cías. suministradoras 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 "area de carga" y distribuyendo la energía a cada una de dichas areas.

Como ya se ha dicho, las necesidades futuras deben prever se 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 interrupter ó el contactor. Con objeto de suministrar la energía eléctrica cuando se necesita, estos dispositivos deben llenar 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, caracteristicas de los ciclos de operación de los motores y a la corriente inicial de lamparas ó dispositivos electromágneticos. 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 circulado 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 mágneticos 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 mágneticos, el cierre rápido se obtiene por medio de un conjunto electromágnetico 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 termomágnetico 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 termomágnetico 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 termomágnetico 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 termomágneticos en caja moldeada.

Combinaciones de interruptores termomágneticos y fusibles.

Limitadores de corriente.

Interruptores de cuchillas combinados con fusibles.

V.- PROPORCIONAR PROTECCION PARA EL PERSONAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.-

La satisfacción de los cuatro fundamentos de la seguridad en las aplicaciones de equipo eléctrico reducirán 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 dos vías, de transferencia, etc., pueden ser usados, aunque no tienen capacidad interruptiva, siempre y cuando sean dotados de un enclavamiento ó entrelazado adecuado que no permita la apertura de estos dispositivos bajo carga.

B) Póngase todas las partes dentro de un gabinete metálico, el cuál debe estar conectado a tierra.

C) Póngase a tierra todas las cornizas de las máquinas y aparatos eléctricos.

D) No se haga ningún trabajo en equipo eléctrico que este enérgizado, cualquiera que sea la tensión.

Los primeros dos fundamentos de seguridad se satisfacen automaticamente cuando se especifica el equipo adecuado y se instala nuevo. Para satisfacer la tercera norma, se requiere poner en práctica los procedimientos adecuados de instalación. Y, para satisfacer la cuarta regla, basta con definir y poner en práctica reglas 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 termomágneticos 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 tratandose 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 termomágnetico, electromágnetico, 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 esta 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 este enterado sobre que hacer en esa emergencia. En los interruptores con mecanismos de "energía acumulada" ó de "acción rápida", el tiempo minimo 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 esta debidamente coordinado.

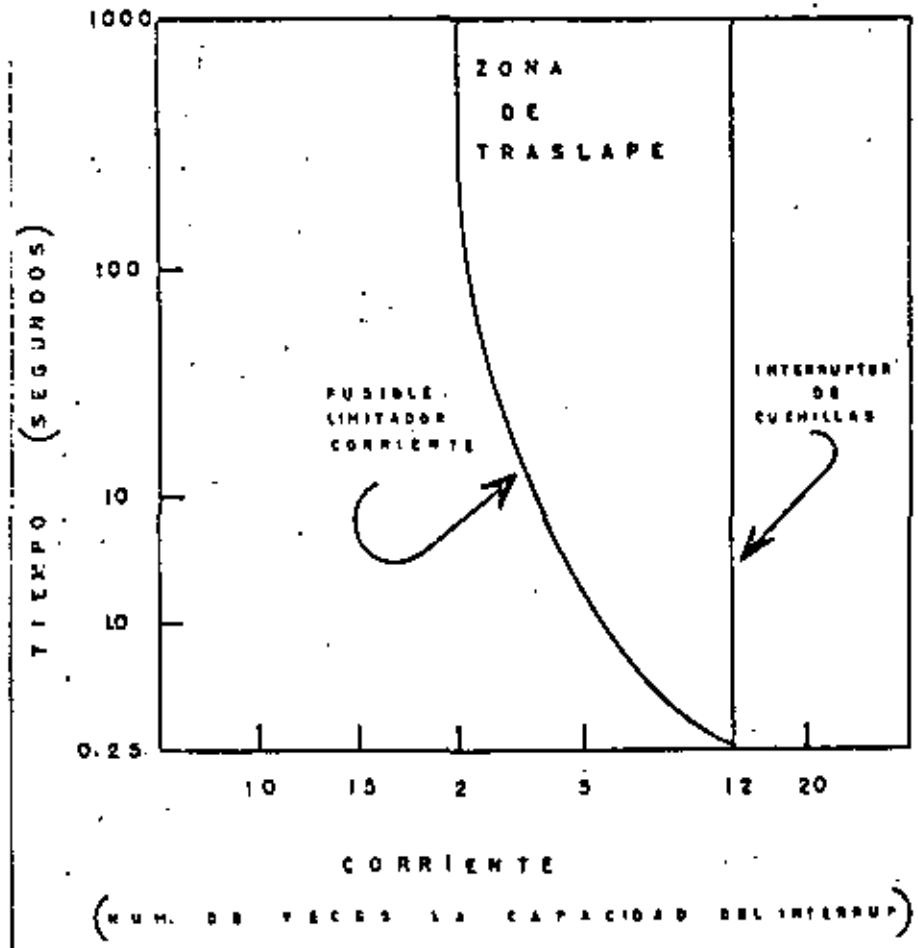


FIG- NR 1

Cc: 31

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 los diferentes clases y marcas de fusibles tienen características diferentes, deben usarse únicamente equipos combinados que hayan sido debidamente aprobados por sus manufactureros. Un interruptor combinado que no esta debidamente coordinado puede entallar al ser operado en tal emergencia, cuando el operario esta parado precisamente enfrente de el.

En otros casos se usan interruptores termomagnéticos combinados en forma coordinada con fusibles, con objeto de suministrar protección completa a bajo costo 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 al ser seleccionados:

A) Capacidad continua 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 (capacidad de corto circuito) que debe tener el dispositivo protector esta 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 deposito, de la presión del agua y del diámetro y la longitud del tubo que llega a la rotura. En un sistema eléctrico de

Cc. 32

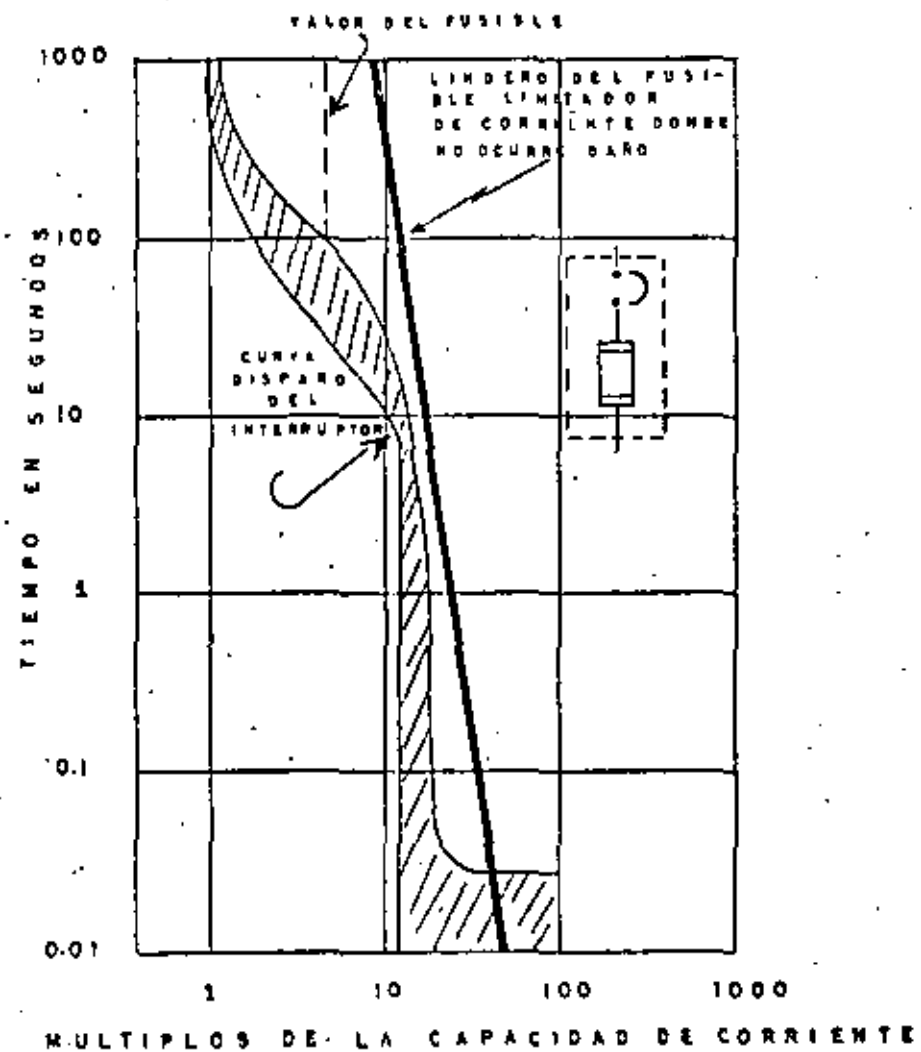


FIG. Nº 2

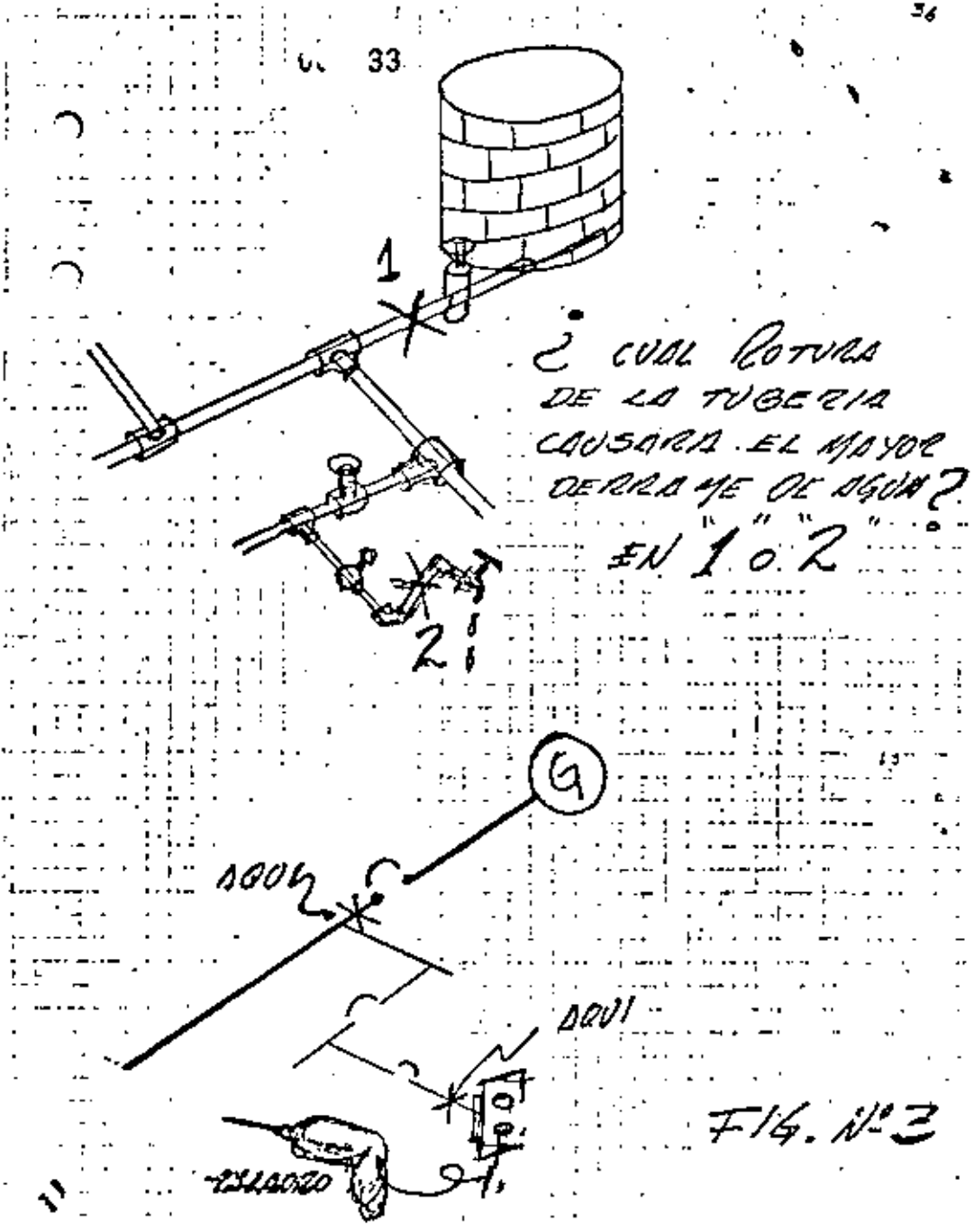


FIG. Nº 3

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, considerese 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 aparente 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 cálcula 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, condensadores sincrónicos y convertidores sincrónicos.

3.- Motores de inducción.

PROTECCION 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 termomágnetico de un arrancador magnético para motores, por ejemplo, se provee principalmente para dar protección de corto circuito. Sin embargo, se incluye comunmente 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 biretálico. Cuando el motor sufre una sobrecarga, la corriente que toma aumenta excesivamente, la cuál, al circular por los relevadores de sobrecarga, calentar 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 su período de aceleración resulta demasiado largo, a menos de que sean desconectados del sistema. Asimismo, los elementos del circuito que alimenta el motor se sobrecalientan, lo cuál puede ocasionar daños a los aislamientos, dando lugar a cortos circuitos e incendios a menos de que la carga sea desconectada.

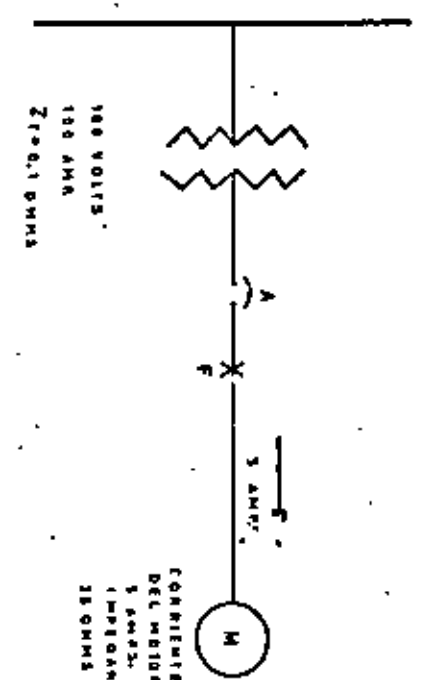


FIG. No 4

SOBRE PARA CORTAR EL CIRCUITO Y NO CAUSARA DAÑOS

LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO $= \frac{E}{Z} = \frac{100}{0.1} = 1000$ AMPS.

SI EL INTERRUPTOR Y SUS CABLES DE INTERCONEXION TIENEN UNA CAPACIDAD DE INTERRUPCION MENOR A 1000 AMPS.

3.- Motores de inducción.

PROTECCION 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 termomágnetico de un arrancador mágnetico para motores, por ejemplo, se provee principalmente para dar protección de corto circuito. Sin embargo, se incluye comunmente 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, calentar 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 apróximadamente seis veces su corriente normal durante el arranque, pueden sobrecalentarse y dañarse si por alguna -- razón no pueden arrancar, ó aún si su período de aceleración resulta demasiado largo, a menos de que sean desconectados del sistema. Asimismo, los elementos del circuito que alimenta el motor se sobrecalienten, lo cuál puede ocasionar daños a los aislamientos, dando lugar a cortos circuitos e incendios a menos de que la carga sea desconectada.

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 domesticos simultáneamente a los enchufes de una casa. Los circuitos no se calculan normalmente con capacidad 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 disparó por sobrecorriente. Esta característica debe caer 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 mágnetico, proporciona esta función de protección secundaria. Por ejemplo, su característica de tiempo de disparo ó de función se selecciona de modo que interrumpa la sobrecorriente del motor solamente en 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 función de los dispositivos protectores usados.

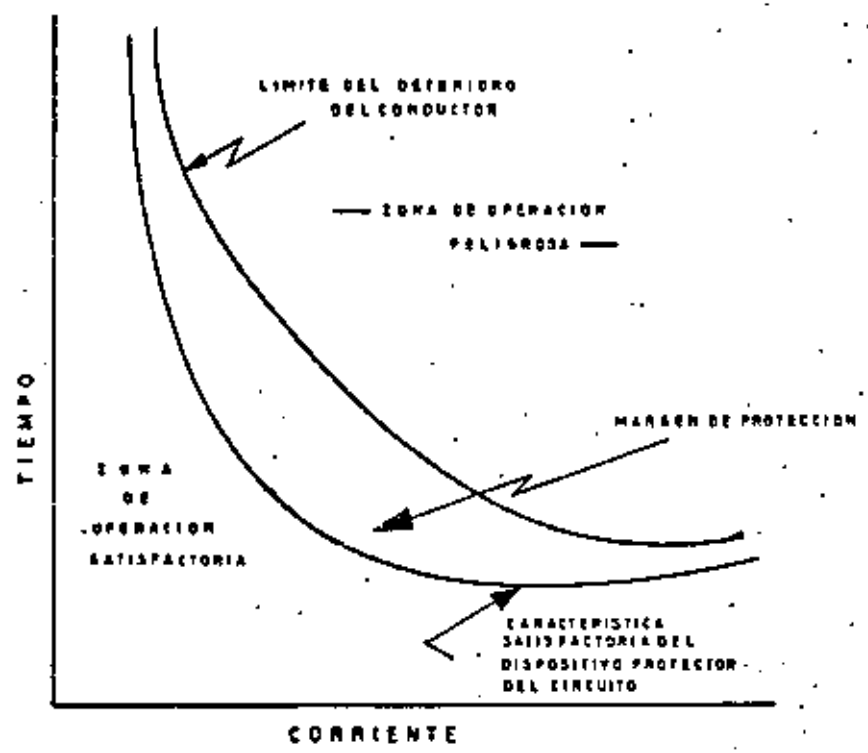


FIG. No 5

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 domesticos simultáneamente a los enchufes de una casa. Los circuitos no se calculan normalmente con capacidad suficiente para manejar todas las condiciones extraordinarias de carga, tales como las que se han mencionado debido al costo adicional que tendrian. Por consiguiente, el circuito debe estar protegido contra la posibilidad de que dicha contingencia se presente y, como resultado, la característica de disparó por sobrecorriente. Esta caracteristica debe caer 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 magnetico, proporciona esta función de protección secundaria. Por ejemplo, su caracteristica de tiempo de disparo ó de fusión se selecciona de modo que interrumpa la sobrecorriente del motor solamente en 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 función de los dispositivos protectores usados.

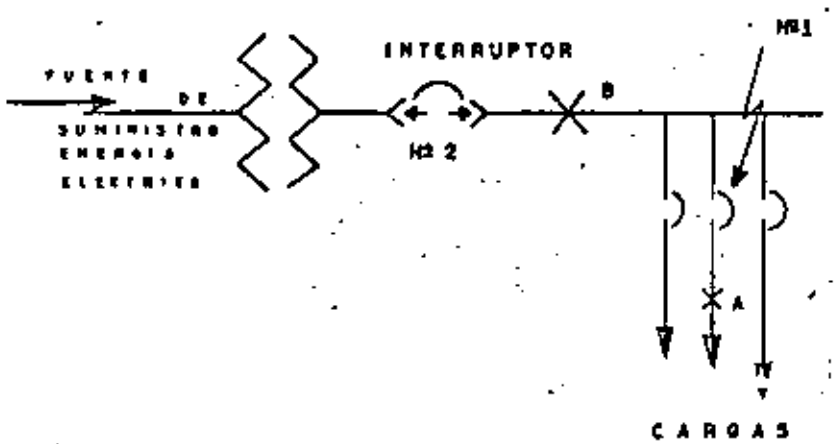


DIAGRAMA UNIFILAR DE UN ALIMENTADOR Y SUS CIRCUITOS DERIVADOS

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 caracteristica 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 esta 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.

DISCRIPCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION.-

En la figura 7 se muestran equipos y aparatos que comunmente se usan en edificios comerciales y plantas industriales A simple vista, puede solamente apreciarse una porción relativamente pequeña del total de los 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 abre?" 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 diágrama unifilar. Se le llama "unifilar", debido a que en el 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 electricos del sistema.

La línea que llega desde la fuente de energía término en una ruña de donde pasa a un transformador a través de un interruptor desconectador. Del secundario del transformador, un interruptor deslizante 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 mágnetico combinados El segundo alimentador esta conectado a dos tableros de alumbrado por medio de un ducto, uno de dichos tableros, por medio de un interruptor fusible y, el otro, a través de un interruptor fusible y un transformador.

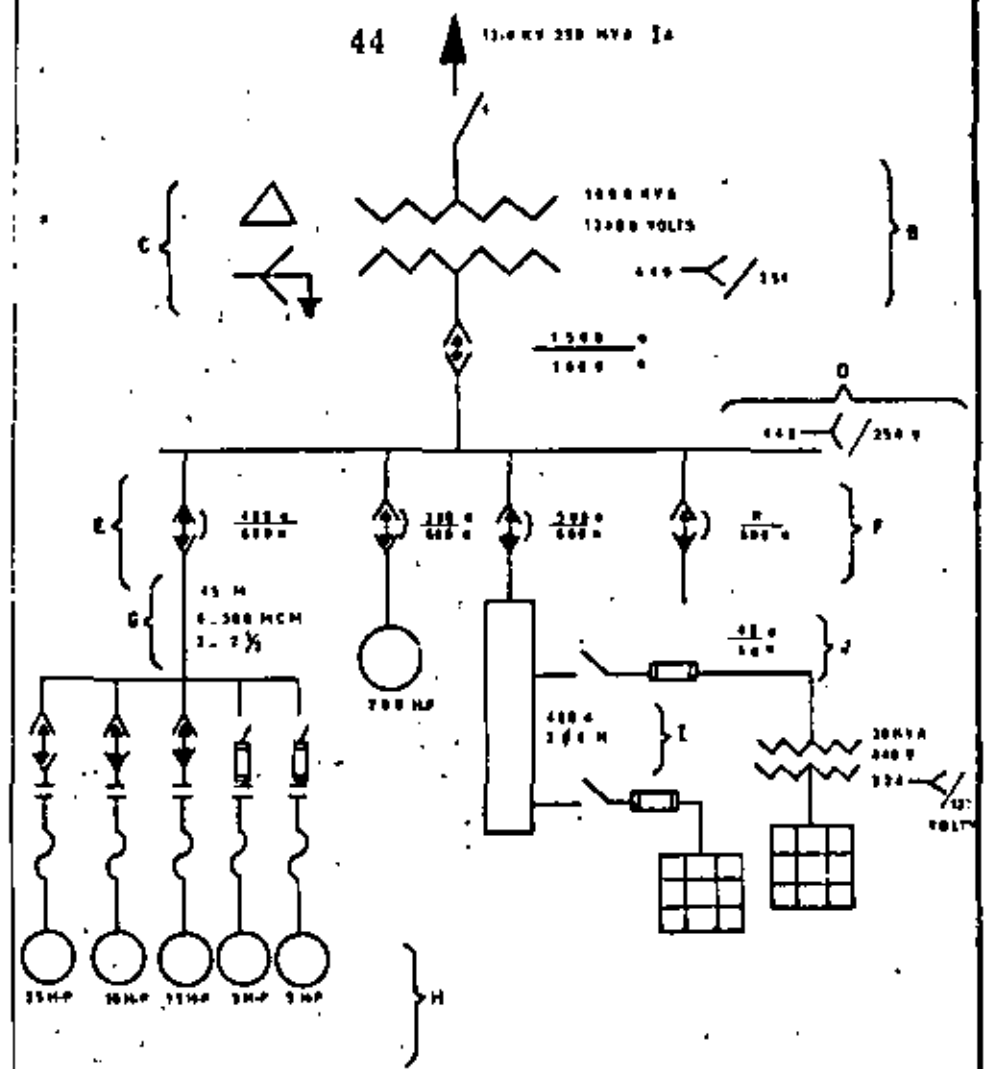


DIAGRAMA UNIFILAR

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 alimentador 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. Está información determina la selección de los dispositivos de protección en ambos lados del transformador.

B.- Estas cifras definen las características del transformador siendo este de 1,000 kva, con primario de 13.8 kv. Y secundario de 440 voltios entre líneas conectado en estrella y con 254 voltios entre línea y neutro.

C.- Estos símbolos indican que el transformador está conectado en delta en el primario y estrella en el secundario, cuyo neutro está conectado a tierra.

D.- Estas cifras identifican el nivel de tensión eléctrica del sistema.

E.- Estas designaciones identifican la capacidad de los interruptores. La cifra 600, abajo de la línea, indica el tamaño del marco del interruptor y la cifra 400a, arriba de la línea, indica el valor de la corriente de disparo del elemento de operación. Debido a que hay considerable superposición entre las características disponibles de corriente para los distintos tamaños nominales de interruptores en el mercado, ambas cifras se requieren para dar una descripción completa de los interruptores usados.

F.- Este es un interruptor de reserva, con un marco de 600 amperios, para el cuál las bobinas de disparo no ha sido seleccionadas.

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 en 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 motor sobrepasa la nominal en el valor ajustado que protege al motor evitando se queme, 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, relé direccional, de falla de fase, protección de tierra, etc a fin de proteger el circuito, el motor contra estos problemas.

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 girar, 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 operan 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 Cía. de Luz al normalizarse: arrancarán al motor y si es peligroso para el personal, reglamentar 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 perdida 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 57% 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 trinquete.

B) Tipo de resistencia.

C) Tipo de bimetálico.- 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 se 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 1 capacitor para corregirlo al lado de la carga deberá tenerse cuidado 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 viación de voltaje.

Ver figura No. 9

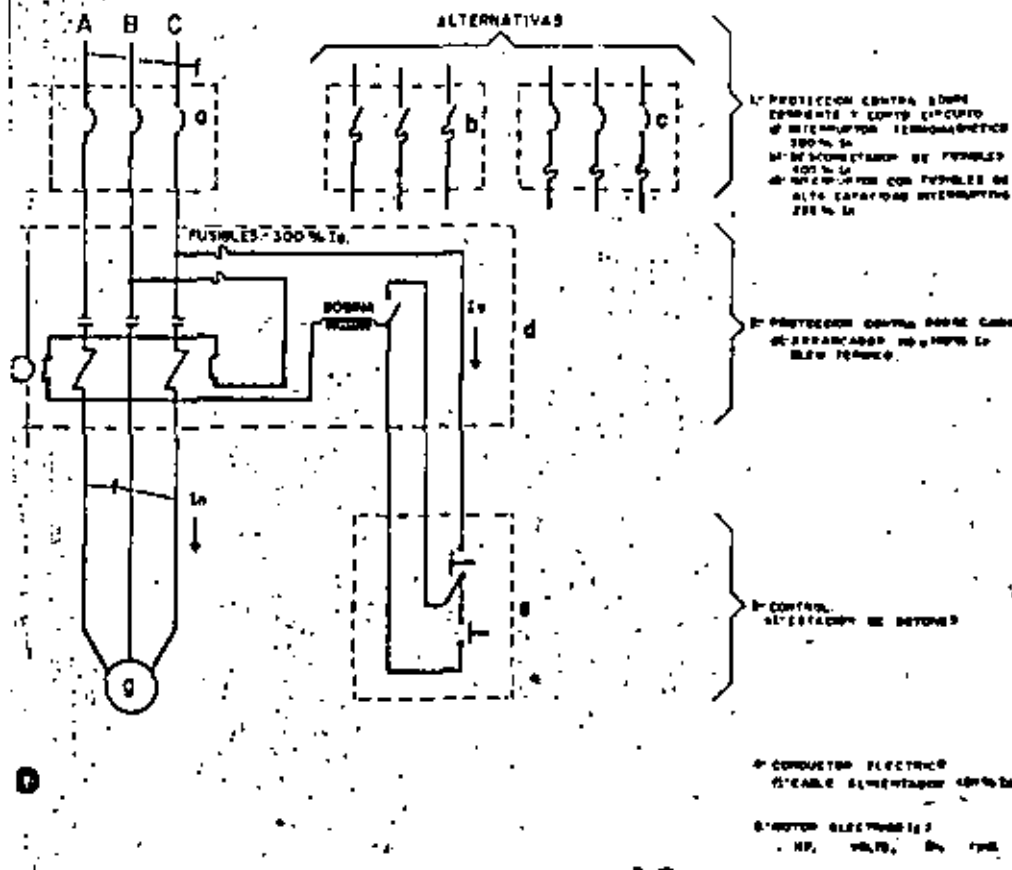


DIAGRAMA ELECTRICO FIG. Nº 9
PROTECCION DE UN MOTOR ELECTRICO.
CORTOCIRCUITO - SOBRE CORRIENTE - SOBRECARGA.

DIAGRAMA DE CONEXION 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:

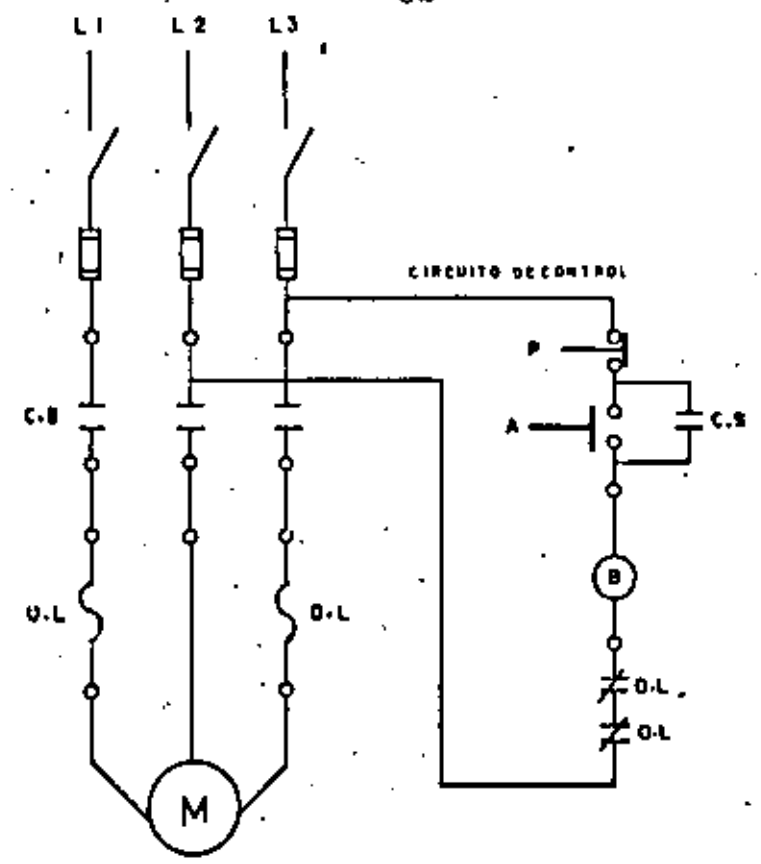
Elementos térmicos de los relevadores de sobrecarga (OVER LOAD) (OL).

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

Ver la figura No. 11

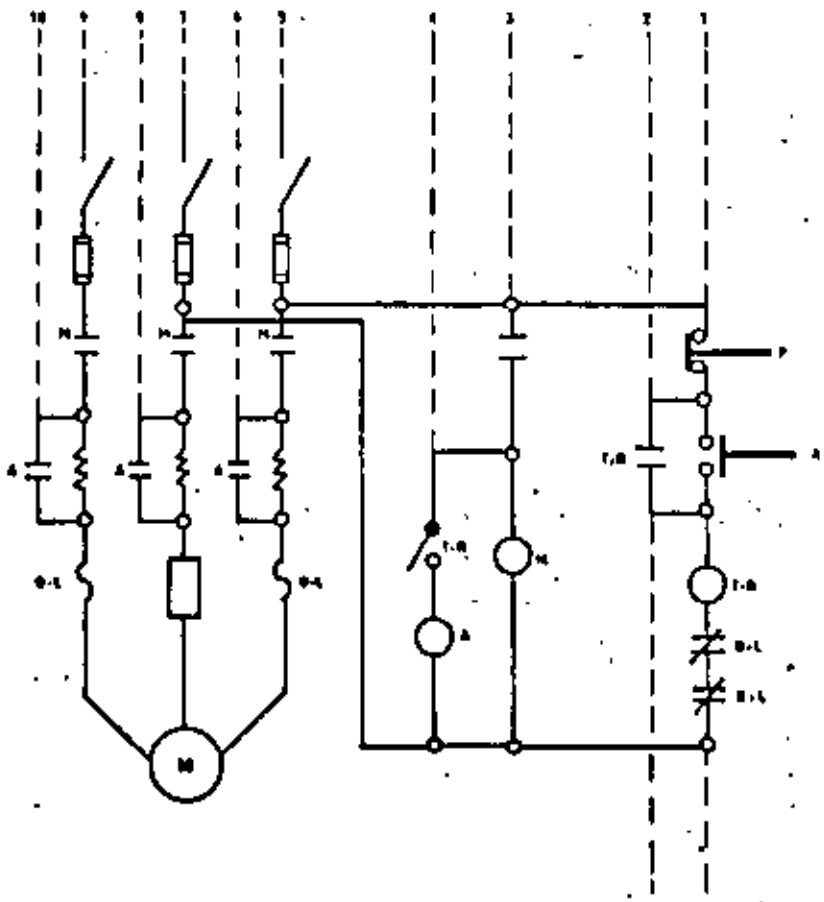
Secuencia de la operación.-

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 (W), la que cierra sus contactos en 5,7 y 9 quedando el motor alimentado a través de las resistencias, las que provocan una caida 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 11

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 documentos 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 inducción 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.

De vista de que la selección apropiada de estos componentes es necesaria para proteger al personal de los riesgos que el uso de la eléctricidad presenta, el reglamento de obras e instalaciones eléctricas así como el "NATIONAL ELECTRICAL CODE indican los requerimientos mínimos para el alambrado y la protección de este circuito.

1.) CARACTERISTICAS DEL MOTOR

El primer paso consiste en determinar ciertas características 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 D, par de arranque 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 termóplastico, 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 x 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 termóplastico seleccionamos un conductor de calibre No. 8 AWG.

Corriente permitida = 40 amp. x 0.82 = 32.8 amp. (adecuado)

C) Compruébese la caida 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 especifica que, "la caida 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 caida de tensión calculada resulta mayor de este valor, considérese un calibre más grande para los conductores.

4.) DISPARADOR DE SOBRECARGA

A) El reglamento de obras e instalaciones eléctricas en su inciso 28-15, parráfo 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 máxima que puede aceptarse siendo normalmente aceptado por los fabricantes de los motores con 40°C, de sobre elevación 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 x 25.8 = 32.2 amps. (máximo).

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 especifica 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 deberá 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 capacidad mínima y máxima del dispositivo de protección contra corto circuito permitiendo el diseñador la selección dentro 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 x 1.15 = 30 amp.

Capacidad máxima: Puede obtenerse está 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 max. = 25.8 x 2.5 = 65 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 termomágneticos 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 DESARROLLANDO SU POTENCIA NOMINAL A LA VELOCIDAD NORMAL Y POR LO TANTO INCLUYEN LAS PERDIDAS MECANICAS POR FRICCION, 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 LUGARES 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 RESBALANTES, 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

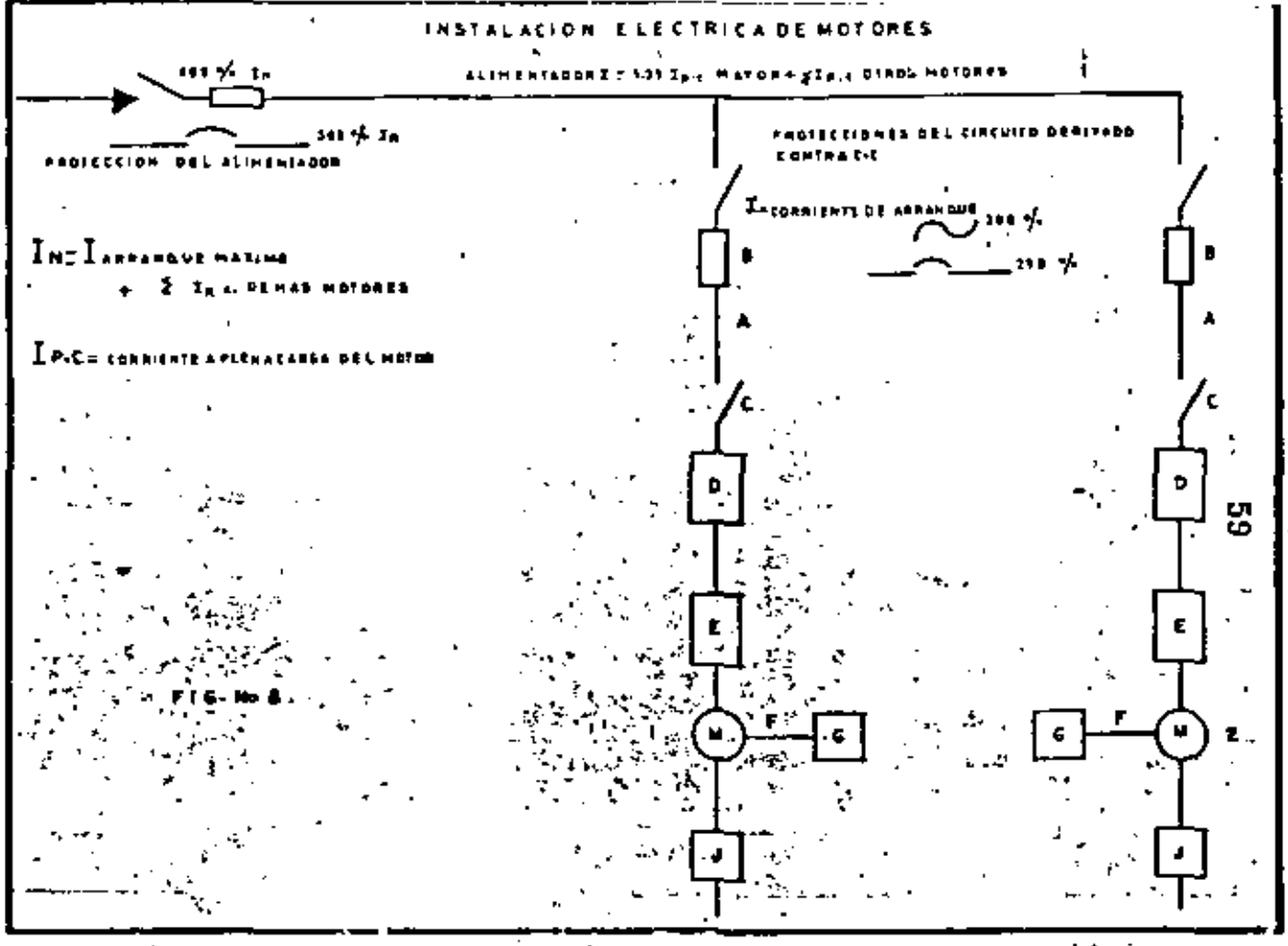
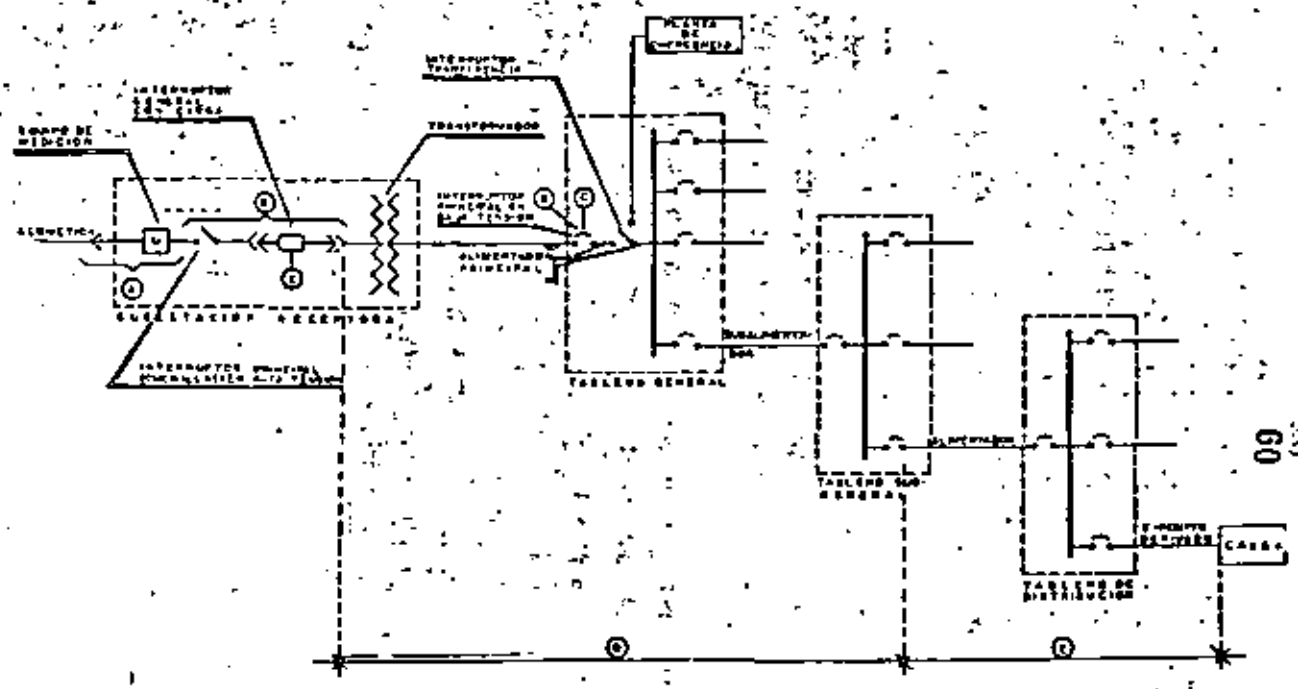


FIG. No 8



- Ⓐ DISPOSITIVOS DE RECEPCION DE LA ENERGIA.
- Ⓑ DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE DESCONEXION.
- Ⓒ DISPOSITIVOS PRINCIPALES DE PROTECCION.
- Ⓓ SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIO
- Ⓔ 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 GENERAL DE ABASTECIMIENTO, 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:

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 R.S.I.y T.

a) TABLEROS PRINCIPALES:

Tienen por objeto alimentar, distribuir y controlar la energía electrica dentro del area, 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 energia electrica, permitiendo economias en su consumo, continuidad en el servicio, proteccion a las personas y propiedad, a un costo minimo 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 area 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 unidos formaran un solo conjunto.

a.1) Componenetes de un tablero.

- Los cabinetes son cajas metalicas o blindaje que tienen por objeto: montar el equipo electrico, de conexion, desconexion, medicion y control; conectar interiormente ese equipo; protegerlo de la intemperie, del polvo o de golpes; proteger los

personas y a la propiedad de descargas electricas accidentales. Los gabinetes se clasifican en dos tipos segun la ruda-a a que se ponen 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 subestacion 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 tenchos 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 componen de tres barras, 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 maximo. Adosada 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 poner 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 MAXIMA 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 termomagnetico en caja de plastico; el electromagnetico, y el de navajas con fusibles de alta capacidad interruptiva. Los interruptores termomagneticos son los más practicos por el pequeño espacio que ocupan, por poderse acomodar y conectar uno al lado del otro, y por ser economicos 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 electromagneticos son mas robustos, capaces de un numero mayor de operaciones sin reparaciones y susceptibles de

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

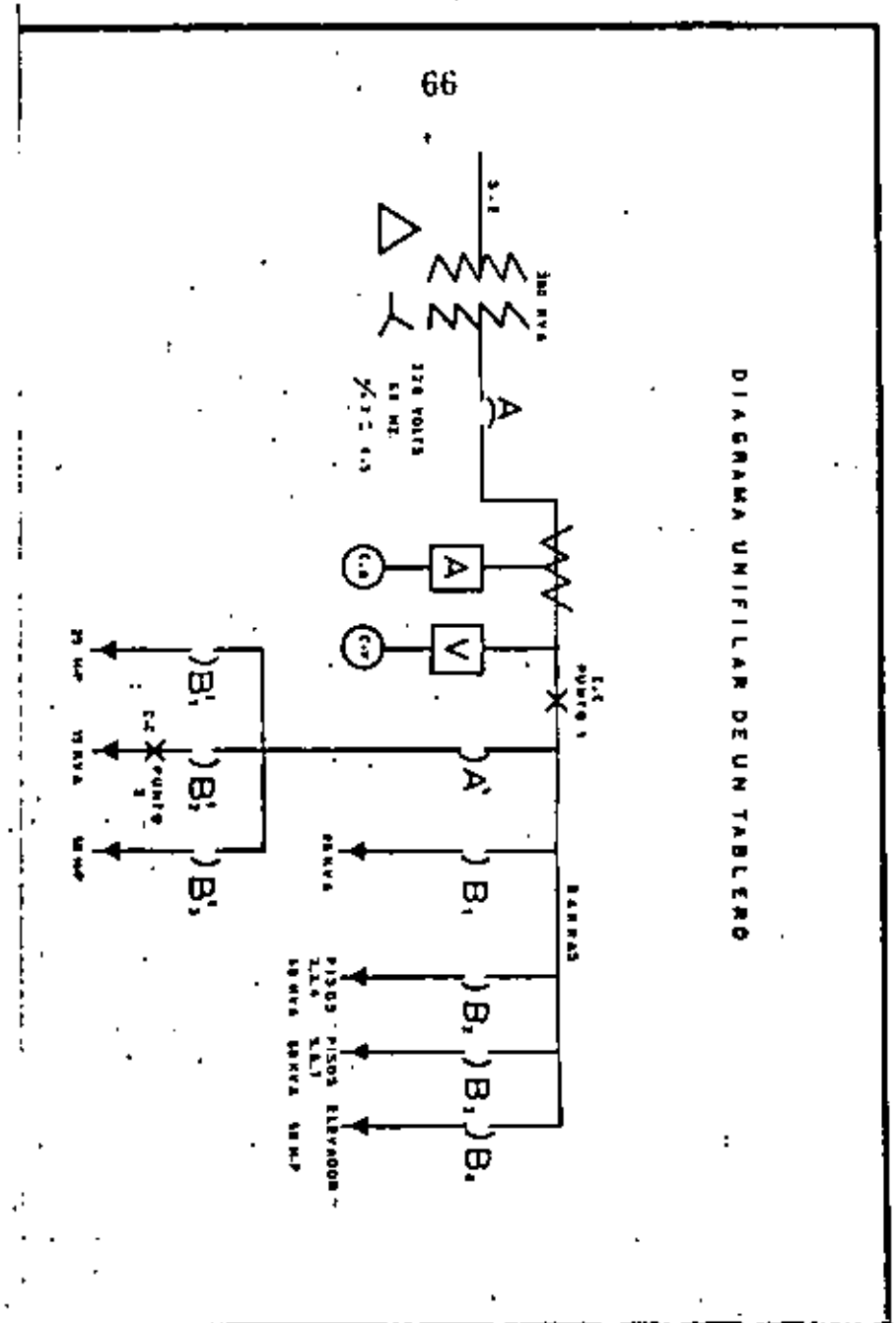
Y se fabrican hasta capacidades de 6000 amps. y 100000 amps. asimétricos.

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 a 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 reciben la electricidad, conviene medir las características principales de la energía eléctrica.

Los instrumentos industriales necesitan para su conexion dispositivos auxiliares. Generalmente en tensiones hasta 240 V. son para conexion 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 trifasico se usan conmutadores (CM) aplicables para los amperímetros y los voltímetros.

Amperímetro, voltímetro, wattímetro, varímetro, frecuencímetro, medidor de watthorímetro.



DISEÑO DE EL TABLERO PRINCIPAL

a) Hacer un diagrama unifilar, con los componentes del tablero, segun 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.

$$Icc = \frac{In(transformador) \times 100}{\%Z}$$

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

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

d) Calcular el corto circuito en el punto 2; ahora 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% darian:

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

El corto circuito total para el punto 2 será de:

Icct= 17,600 + 1550 = 19150 amps.

e) Los interruptores seleccionados serán:

INTERRUPTOR	CORR. NORMAL	TIPO	C.I. 240 V.	C.I. CALCULADA
A	1000	[illegible]	42,000	17,600
B	350	[illegible]	42,000	17,600
B_1	225	[illegible]	25,000	17,600
B_2	175	[illegible]	25,000	17,600
B_3	175	[illegible]	25,000	17,600
B_4	200	[illegible]	25,000	17,600
B'_1	200	[illegible]	25,000	19,150
B'_2	50	[illegible]	18,000	19,150
B'_3	300	[illegible]	42,000	19,150

INTERRUPTOR	CARGA	AMPS. NORMALES	CALIBRACION AMPERES.
A	300KVA	$\frac{300 \times 100}{1.73 \times 220} = 790$	
		790x1.25 = 987.5	1000 amps.
A'	15.0 KVA		
25 HP = $\frac{25 \times 0.746}{\text{Cos } \phi}$ =	23.4 KVA		
50 HP = $\frac{50 \times 0.746}{\text{Cos } \phi}$ =	46.8 KVA		
25% x 46.8 = ...	11.7 KVA	$\frac{96.9 \times 1000}{1.73 \times 220} = 254$	300 amps.
SUMA	96.9KVA		
B_1	80 KVA.	$\frac{80 \times 1000}{1.73 \times 220} = 216$	225 amps.
B_2	60 KVA.	$\frac{60 \times 1000}{1.73 \times 220} = 158$	175 amps.
B_3	60 KVA.	" " = 158	175 amps.
B_4 Motor devanado	50 HP.	Ver tabla	200 amps
B'_1 Motor jaula de ardilla T.C.	25 HP	Ver tabla	200 amps.
B'_2	15 KVA.	$\frac{15 \times 1000}{1.73 \times 220} = 37.5$	50 amps.
B'_3 Motor jaula de ardilla T.R.	50 HP	Ver tabla	300 amps.

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

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".

Entre otras consideraciones para la seleccion de un tablero de circuitos 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 los 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 linea protegida a mas de 200 amperes, debe contar en su lado de abastecimiento con dispositivos de proteccion 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 localizacion de sus tableros debera hacerse en planos y especificaciones una tabulacion que indique: La designacion de cada tablero, su localizacion, número y capacidad de los circuitos derivados, con indicaciones de su carga conectada, tipo y capacidad de sus elementos de proteccion, capacidad de los alimentadores, tamaño y tipo del interruptor general con su elemento de proteccion y todas aquellas indicaciones que sirvan para aclarar al instalador las intenciones del proyectista.

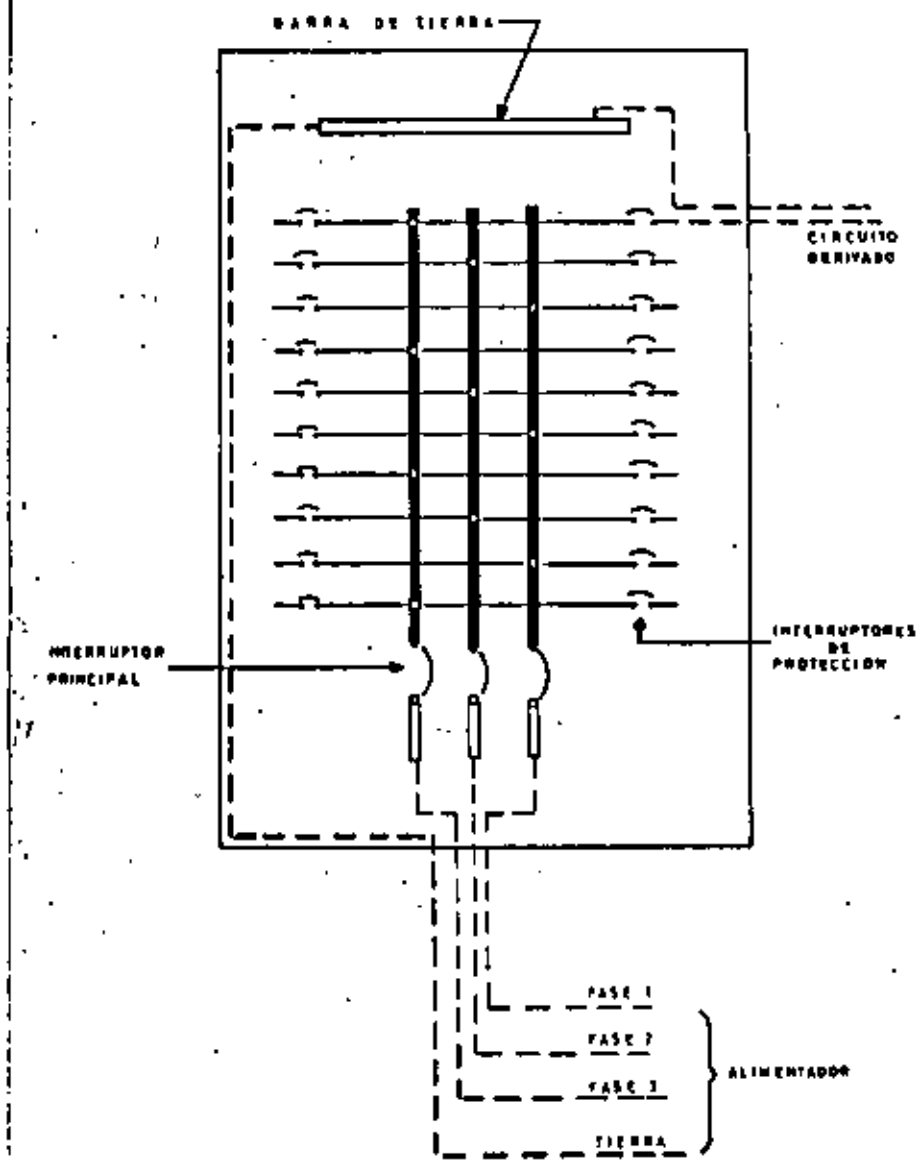
Los tableros de distribucion tienen tres usos:

1) Distribuir la energia a los circuitos derivados

2) Proteger las lineas de los circuitos derivados, ya que al interconectar en ellos los cables de los alimentadores que generalmente llevan la energia para una zona amplia y que por lo mismo son de seccion considerable, con los conductores de los circuitos derivados, logicamente de menor seccion, es necesario proteger contra sobrecorriente a estos ultimos. Esta

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



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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS

a) Subestaciones receptoras
b) Subestaciones derivadas

ING. NOE ARMAS MORALES

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

VIII.- SUBESTACIONES USADAS EN INSTALACIONES PARA EDIFICIOS.

a).- SUBESTACIONES REDUCTORAS.

b).- SUBESTACIONES DERIVADAS.

En el empleo de Energia 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 energia 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 energia 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 energia electrica se va a transportar a grandes distancias estos voltajes de generación resultarian antieconomicos 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 economicos.- 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 otro 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 caida de voltaje en la linea de transmisión fuera cero volts tendriamos en el centro de consumo 110 kv., es claro que este voltaje no es posible emplearlo en instalaciones industriales y nun 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 o de consumo, por tal razón será necesario emplear otra subestación eléctrica B como se ilustra en la fig. 3.

De lo anteriormente estudiado se puede observar que existe una estrecha relación entre las subestaciones eléctricas, lineas de transmisión y centrales generadoras.

FIGURA Nº 1

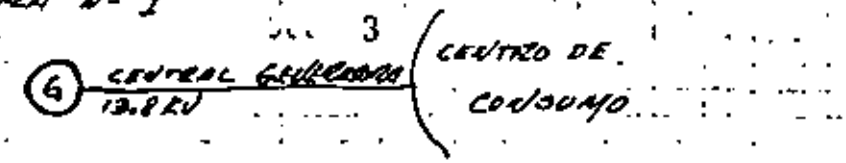


FIGURA Nº 2

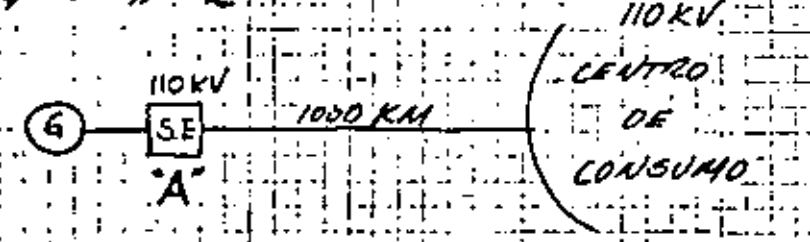
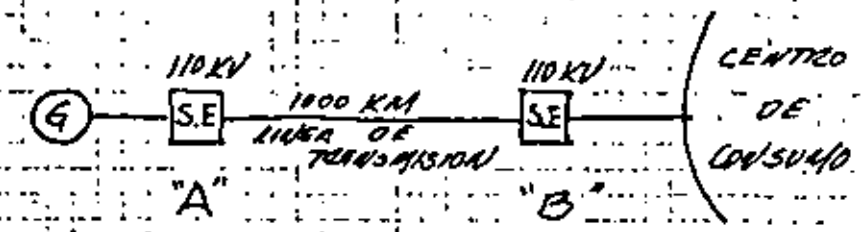


FIGURA Nº 3



CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.

Es dificil 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 Switches
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 usuales en la industria, las instituciones o el comercio.

Antiguamente las subestaciones eran un dispositivo molesto, ruidoso, 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 instaladas forman un solo conjunto. Cada sección o parte llena una función; mide, protege, conecta o desconecta, transforma, etc. Los aparatos o equipos y sus conexiones se encierran o blindan en gabinetes metálicos de manera de proteger los propios aparatos, la propiedad y las personas encargadas de su manejo.

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 seccion, 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 compañias era obligatoria, por pedirlo asi la Dirección General de Electricidad (de la S.C.). En la actualidad se hace como en otro paises 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 perdidas en los transformadores. Por las razones expuestas, ahora se hace la comprobacion de medidores solamente a solicitud del usuario, asi 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 interrupcion, ya que se cuenta con cuchillas desconectadoras que transfieren la linea 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 operacion sin carga; dos de estas cuchillas tripolares son para la verificación, y la otra cuchilla tripolar se 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 operacion en grupo sin carga, llamada cuchilla de paso.

En una temporada fue usual suprimirla, pero cuando se deseaba darle mantenimiento al resto de la subestación nos encontrabamos con el problema de estar solicitando libranzas a las compañias suministradoras; y al suprimirla estabamos violando infrantemente el reglamento (R.O.I.E.).

INTERRUPTORES.- Esta seccion tiene por objeto que el usuario pueda interrumpir en un momento dado, ya sea manualmente o automaticamente la totalidad del servicio eléctrico. La interrupción puede ser voluntaria para ampliaciones, reparaciones o en accidentes, o bien, puede ser automatica por sobre cargas o cortos circuitos que pueden ser dañados 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 vacios o que en algunas ocasiones se dejan instaldas las barras alimentadoras. Se usan, cuando

3.2 cm. (1/8"), con techos 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, 22.3 y 34.5 kv., sin embargo aún hay otras tensiones que poco a poco van a desaparecer, como son 6,000 volts. Las tensiones 2.4, 4.16 y 6 kv. se usan para distribución industrial de carácter privado.

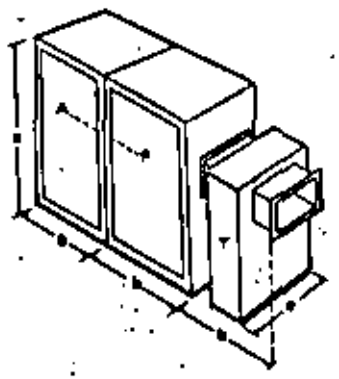
CAPACIDADES: Las capacidades de las subestaciones que fabricamos de una manera normal, son de 45, 75, 112.5, 150, 225, 300, 500, 750 y 1000 kva. Estas son con un solo transformador, sin embargo pueden combinarse varios transformadores en una sola subestación, haciéndola de capacidad mayor con el equipo estándard.

TABLA No. 1.—COMPONENTES NORMALES Y OPCIONALES DE UNA SUBESTACION COMPACTA.

COMPONENTE.	ESPECIFICACIONES		GABINETE
	NORMAL	OPCIONAL	
ACOMETIDA.	Para Conexión y Medición de la Cía. de Luz.	Apartarrayos 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.L. Operación manual.	Interruptor en Aceite. Operación Eléctrica. Operación por relevadores.	C
DESCONECTADORES.	Desconectador en aire, tripolar, operación manual.	Cuchillas desconectadoras, operación por pértiga.	D
FUSIBLES.	Fusibles de alta capacidad interruptiva (ACI). Operación manual por pértiga.	Fusibles de baja capacidad interruptiva. Operación por pértiga.	E
ESPACIO.	Gabinete que se deja libre para futura ampliación o permite una adecuada separación de los transformadores.	Especificar el equipo.	F
TRANSFORMADOR.	Trifásico, enfriamiento por aceite, 4 derivaciones de 2.5%, elevación de temperatura 55/40°C a 1000 M.S.N.M. Ductos laterales.	Tipo Seco. Conexión 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	110/15	120/150	260	200	200
B	240	130/150	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	220	190	260



3.—SIMBOLOS PARA DIAGRAMAS UNIFILARES.

ACOMETIDAS:	
Por medio de mufa.	
Por medio de pasamuros.	
Por medio de tubo	
INTERRUPTORES:	
Interruptor sin fusibles	
Interruptor con fusibles	
Fusibles solos	

Cc. 15

Operación eléctrica	E
Operación por relevador	R
DESCONECTADOR O CUCHILLAS DESCONECTORAS.	
MEDICIONES	
Equipo de Medición de la Cía. de Luz	M
Wattmetro	WM
Watthorimetro (Medidor)	WHM

Cc. 16

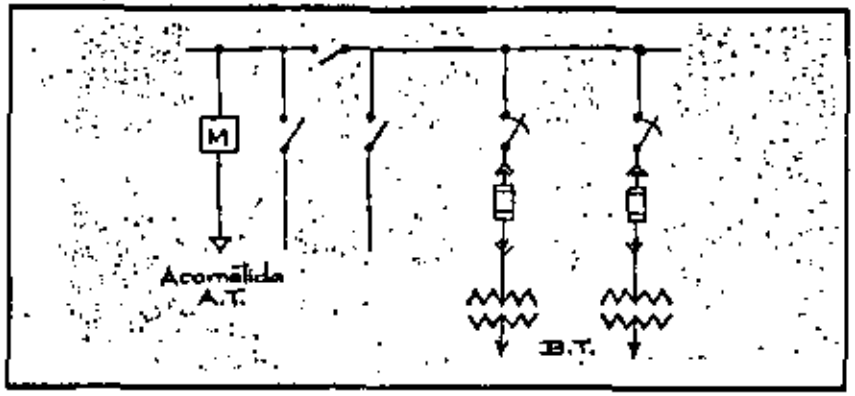
Amperímetro	AM
Vóltmetro	VM
Transformador de Corriente (El número indica la cantidad de transformadores)	2
Transformador de Potencial (El número indica la cantidad de transformadores)	2
Conmutador.	Cm
TRANSFORMACION.	
Transformador de Distribución o de Potencia. (Los números indican sus principales características)	500 KVA 13.2 KV 440 v 60 Hz

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

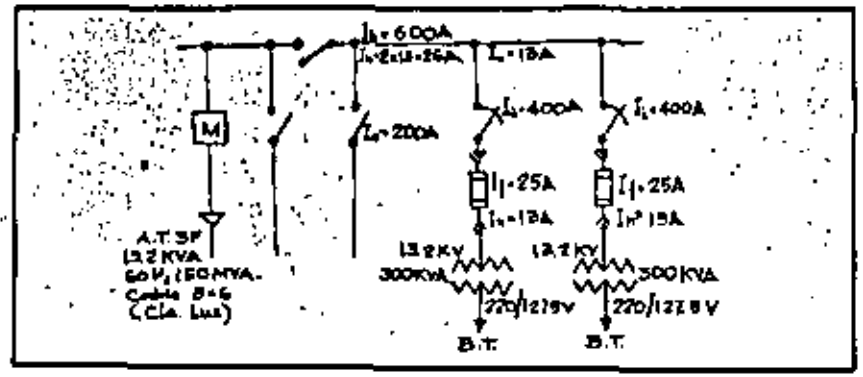
TRANSFORMADOR			INTERRUPTOR		BARRAS
KVA	KV	AMP.	MVA	AMP. FUS.	AMP.
50	2.4	13	100	25	400
	4.16	11	100	25	
	6	5	150	10	
	13.2	2	150	6	
	23	1	1000	4	
75	2.4	18	100	40	400
	4.16	10	100	25	
	6	7	150	16	
	13.2	3	150	6	
	23	2	1000	4	
112.5	2.4	27	100	63	400
	4.16	16	100	40	
	6	11	150	25	
	13.2	5	150	10	
	23	3	1000	6	
150	2.4	36	100	63	400
	4.16	21	100	40	
	6	15	150	40	
	13.2	7	150	16	
	23	4	1000	10	
225	2.4	54	100	100	400
	4.16	31	100	63	
	6	22	150	40	
	13.2	10	150	25	
	23	6	1000	16	
300	2.4	72	100	100	600
	4.16	42	100	100	
	6	29	150	63	
	13.2	13	150	25	
	23	8	1000	16	
500	6	48	150	100	600
	13.2	22	150	40	
	23	13	1000	25	
750	6	72	150	100	600
	13.2	33	150	63	
	23	19	1000	40	
1000	6	96	150	160	600
	13.2	44	150	100	
	23	25	1000	63	

4.—COMO DISEÑAR UNA SUBESTACION UNITARIA.

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



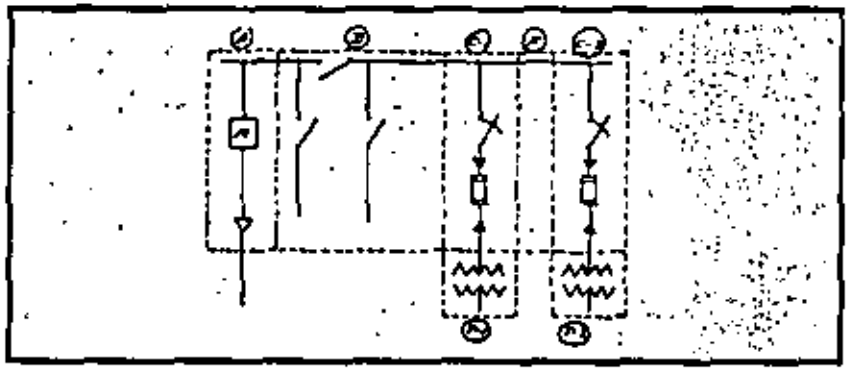
2º—Ponga en el diagrama los datos de suministro de la Cía de Luz y los valores normales del equipo (Ver Tabla No. 3).



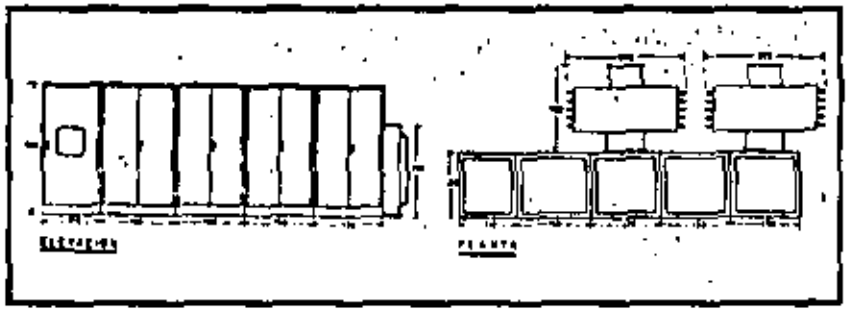
La capacidad de los cuchillas, de las barras y de los interruptores, son generalmente bastante más grandes que las corrientes normales, para asegurar, según su construcción (separación entre fases y aisladores), que los esfuerzos mecánicos no serán perjudiciales en caso de cortos circuitos. La capacidad de los desconectadores generalmente es de 200A., la de los interruptores de 400A. y de las barras de 400, 600 ó 1200A. según el tamaño de la subestación.

3°—Elija el gabinete normal para cada componente de la subestación, encerrando con rectángulos cada grupo (Ver Tabla No. 1).

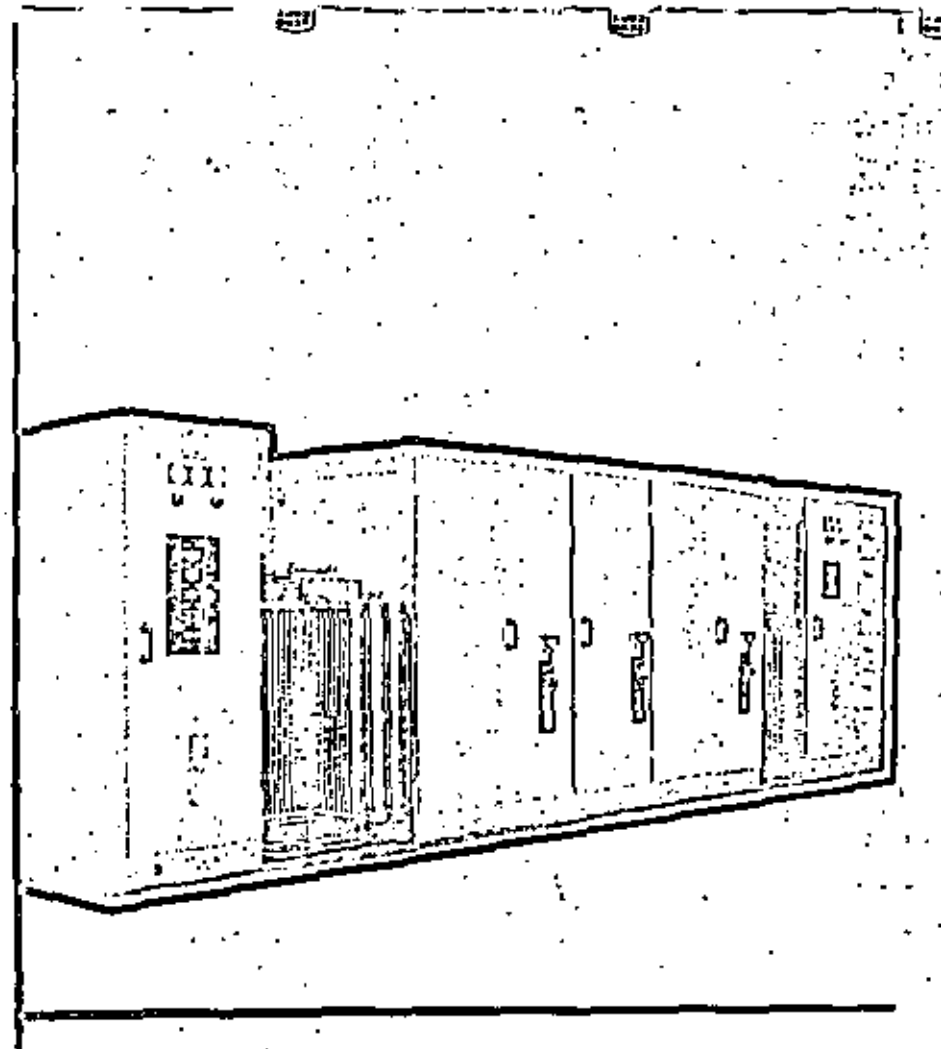
Póngase una letra y un número, si el mismo equipo se repite. En nuestro ejemplo serie A, B, C-1, F, C-2, T-1, T-2.



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



5°—Hay componentes que son opcionales, que no son esenciales para el buen funcionamiento de la subestación, pero que en determinados casos son útiles. Entre otros, se encuentran los instrumentos de medición, la operación eléctrica y disparo automático con diversos relevadores de los interruptores. Los apartarrayos son útiles en subestaciones a la intemperie, cuando la Cía. de Luz no los pone en su poste de acometido. En la tabla No. 1, está el equipo opcional, correspondiente a la sección de la subestación en que generalmente se instalan. Cuando se instalan los instrumentos de medición en la sección de Verificación de Medidores, lo normal es que ya no se pongan los cuchillos de prueba.



DOS CAMINOS MAS BARATOS 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 a la tarifa no. 3 Para servicio general para más de 40 kw. de carga conectada.

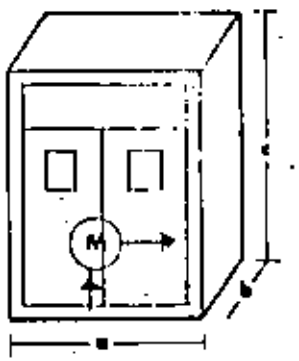
Y la otra a alta tensión que puede ser la tarifa no. 8 hasta 4500 kw. y la tarifa no. 12 para servicios de 5000 kw. o más a tensiones de 66 kv. o superiores.

II.- Mantenienda en sus instalaciones un factor de potencia igual o mayor de 85%.

Si este factor que mide mensualmente la compañía suministradora es menor, le cobrará al usuario un sobrecargo que resulta de dividir 85% entre el factor de potencia medido; el cociente aunque sea mayor de 7 como máximo será esta cantidad la que multiplique al costo de la factura. Para librarnos de este recargo se necesita instalar un banco de capacitores.

Las tarifas generales de las compañías suministradoras ya sea que las soliciten a las oficinas o se adquiera 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 reciben de cuotas que varia según las zonas del país (I, II, III) y la tarifa que se aplique al servicio.

SECCION I-MEDICION.-



GABINETE .-

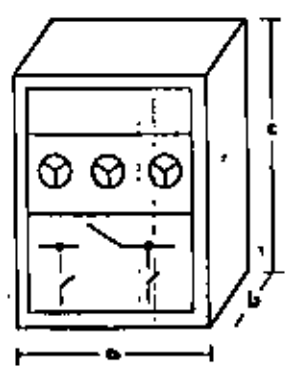
Esta sección denominada MEDICION, está destinada a alojar el equipo de medición en alta tensión de la compañía suministradora de energía eléctrica. Esta sección es la que recibe la acometida y la tomamos como punto de partida para definir el SENTIDO de la subestación denominandola IZQUIERDAS ó DERECHAS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

Esta 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 fases y barra de tierra para poder efectuar las conexiones correspondientes.

SECCION II- VERIFICACIONES.-

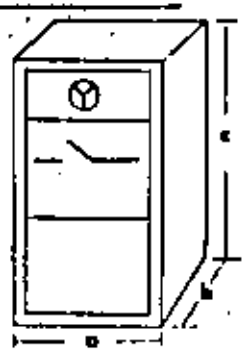


GABINETE.-

Esta sección denominada VERIFICACIONES, está destinada a alojar el equipo [illegible] a la compañía suministradora efectuar verificaciones ó pruebas de su equipo de medición sin tener necesidad de interrumpir el servicio al usuario.

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

SECCIÓN II-C.- CUCHILLA



EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fabrica con tres juegos de cuchillas tripolares de operación en grupo sin carga montadas y conectadas de acuerdo con el diagrama unifilar.

GABINETE.-

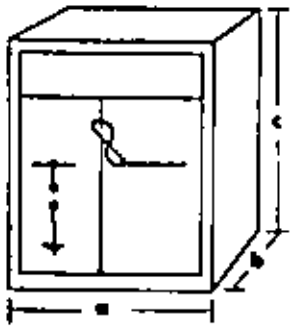
Esta sección denominada CUCHILLAS, está destinada a alojar el equipo de desconexión que permite a la compañía suministradora efectuar verificaciones ó pruebas a su equipo de medición pero no necesariamente con la interrupción del servicio.

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

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5, 15, 25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 7 DE 26

G A B I N E T E S

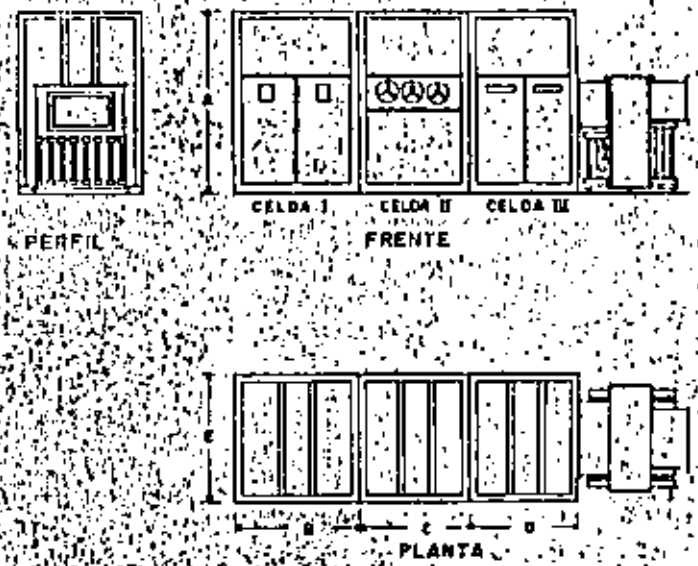


DIAGRAMA UNIFILAR

* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * ID3NTLSI	ACOTACIONES EN HOJAS No. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	IZQUIERDA ← DERECHA	COLINEAL

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

Tres apartarrayos tipo autoválvula
Un Seccionador en aire bajo carga, tripolar operación manual, montaje fijo, servicio interior, completo con tres fusibles de alta capacidad interruptiva con mecanismo de disparo en los tres polos automaticamente al fundirse cualquiera de los fusibles, con tres relés de sobrecorriente y palanca de operación, marca SIEMENS, tipo HZ31.

SECCION III-O.- 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 AFB ó similar.

SECCION III-M. INTERRUPTOR

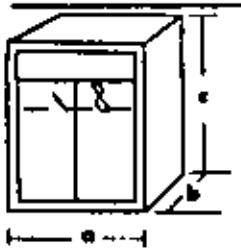
GABINETE.-

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 D-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	200
34.5	200	280	300

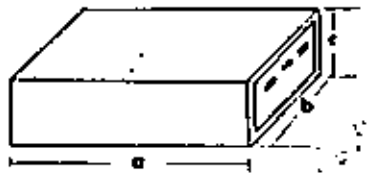
EQUIPO.-

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.S.C.S.A.)

SECCION V-A.- ELECTRODUCTO AEREO



KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	X	85	45
25	X	100	50
34.5	X	160	100

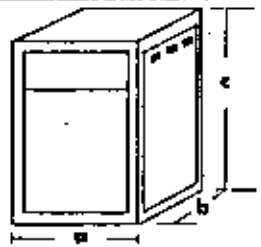
GABINETE.-

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.

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica unicamente con sus correspondientes tramos de buses de las fases y barra de tierra.

SECCION V-P.- ELECTRODUCTO DE PISO



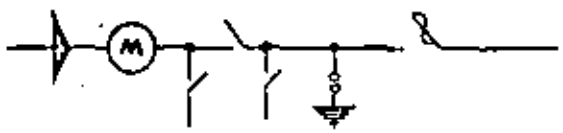
KV	ACOTACIONES EN CENTIMETROS		
	a	b	c
15	X	150	240
25	X	200	200
34.5	X	280	300

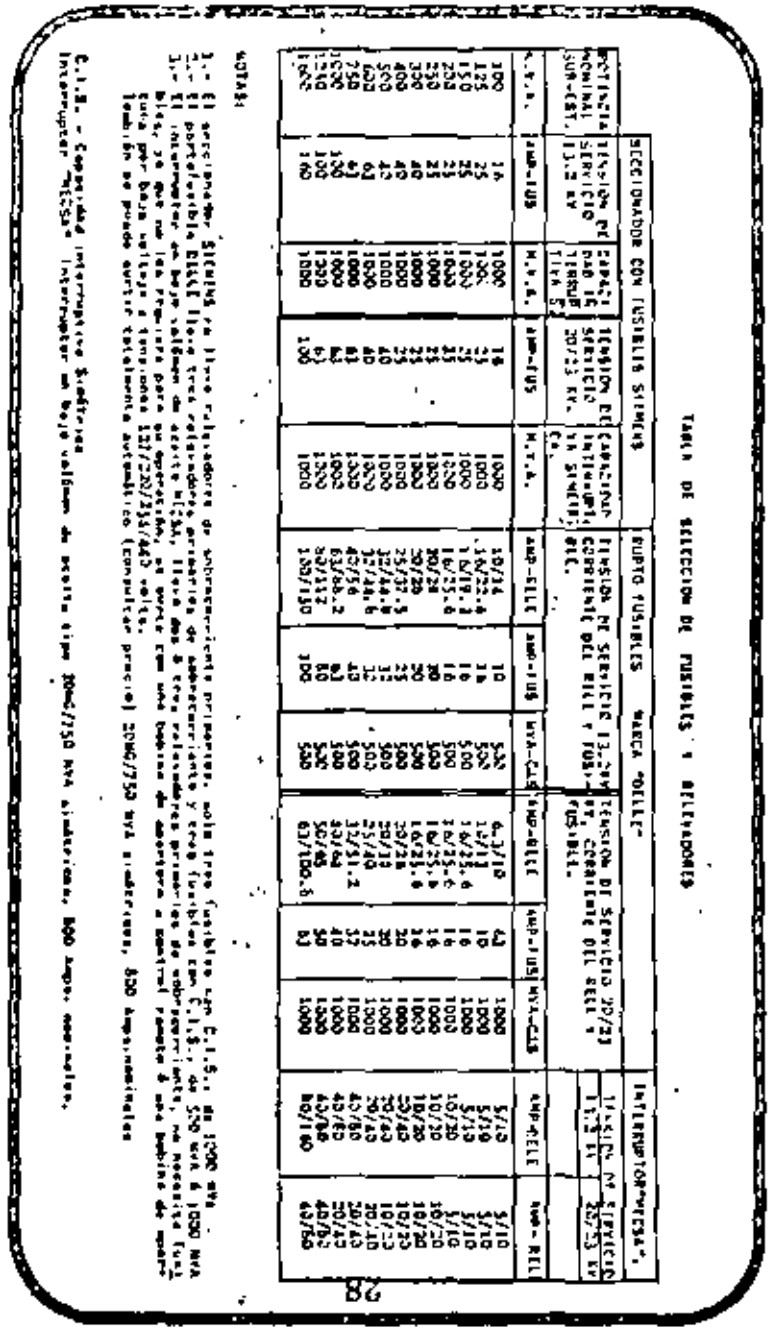
GABINETE.-

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.

EQUIPO.-

Esta sección se suministra de fábrica unicamente con sus correspondientes tramos de buses de las fases y barra de tierra.





COMBINACIONES USUALES DE LAS SECCIONES

Las Subestaciones marca UECSA, estan formadas por la combinación de las secciones descritas anteriormente de acuerdo con las necesidades particulares de cada cliente.

Con objeto de poder identificar las subestaciones de acuerdo con las combinaciones más usuales de las secciones, se han establecido nomenclaturas formadas también por una combinación de digitos y letras en la siguiente forma:

①Los primeros digitos indican el voltaje nominal de operación de la subestación por lo cual unicamente pueden ser: 15, 25 ó 34.5

②La siguiente letra nos indica el sentido de la subestación, según vayan aumentando las secciones a partir de la acometida, ya sea hacia la izquierda ó hacia la derecha, por lo cual ésta letra unicamente puede ser I ó D respectivamente.

③El (los) siguiente (s) digito (s) nos indica el número de secciones de que se compone la subestación.

④La 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 unicamente puede ser N ó E

DIAGRAMA UNIFILAR

⑤Las letras finales nos indican el tipo de servicio de la subestación, que unicamente puede ser INTERIOR ó EXTERIOR, por lo que, éstas letras serán SI ó SE según el caso.

Como ejemplo ilustrativo de lo anteriormente descrito, vamos a identificar una subestación normal para 25 KV, con 3 secciones, con sentido derecho para servicio exterior:

25	D	3	N	SE
①	②	③	④	⑤

TABLA DE SELECCION DE FUSIBLES Y RELEVADORES

	SECCIONADOR CON FUSIBLES SIEMENS				RUPTO FUSIBLES MARCA "DELLE"						INTERRUPTOR "VECSA".	
POTENCIA NOMINAL SUB-EST.	TENSION DE SERVICIO 13.2 KV	CAPACIDAD INTERRUPTIVA SIM.	TENSION DE SERVICIO 20/23 KV.	CAPACIDAD INTERRUPTIVA SIMETRICA.	TENSION DE SERVICIO 13.2 KV CORRIENTE DEL RELE Y FUSIBLE.			TENSION DE SERVICIO 20/23 KV, CORRIENTE DEL RELE Y FUSIBLE.			TENSION DE SERVICIO	
											13.2 KV	20/23 KV
K.V.A.	AMP-FUS	M.V.A.	AMP-FUS	M.V.A.	AMP-RELE	AMP-FUS	MVA-CIS	AMP-RELE	AMP-FUS	MVA-CIS	AMP-RELE	AMP-RELE
100	16	1000	16	1000	10/14	10	500	6.3/10	6.3	1000	5/10	5/10
125	25	1000	25	1000	16/22.4	16	500	10/16	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	20/32	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	50/80	50	1000	40/80	40/80
1500	160	1000	100	1000	100/150	100	500	63/100.8	63	1000	80/160	40/80

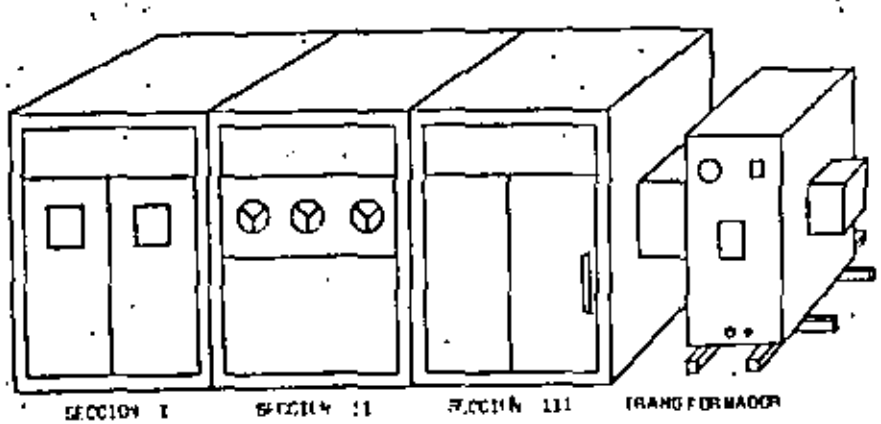
NOTAS:

1.- El seccionador SIEMENS no lleva relevadores de sobrecorriente primarios, sólo 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, 600 Amps.nominales

C.I.S. - Capacidad interruptiva Simétrica
Interruptor "MECSA" Interruptor en bajo volúmen de aceite tipo 20MG/750 MVA simétricos, 600 Amps. nominales.



SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5, 15, 25 Y 34.5 KV

JULIO DE 1969

HOJA 6 DE 26

G A B I N E T E S

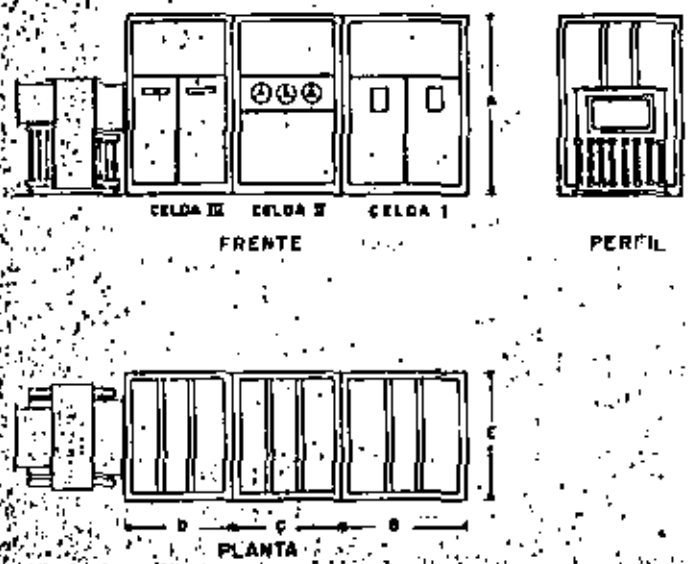
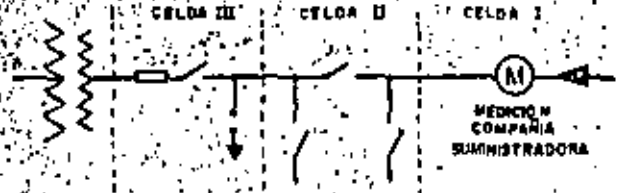


DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3NTLSI		ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV.	JULIO DE 1960 HOJA 9 DE 26

31

G A B I N E T E S

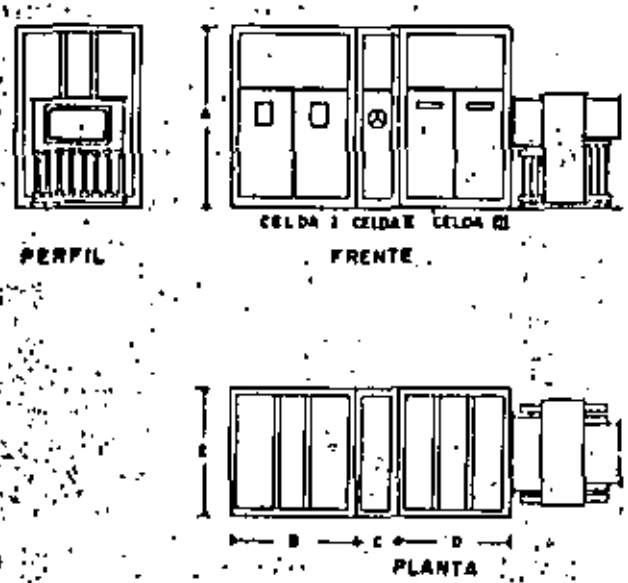


DIAGRAMA UNIFILAR

* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3ETLSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1960 HOJA 10 DE 26

32

G A B I N E T E S

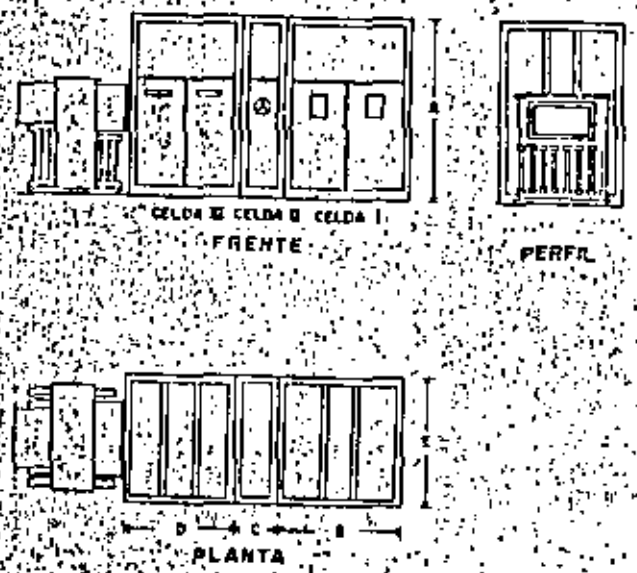


DIAGRAMA UNIFILAR

* SE ANOTARAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3ETLSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV.	JULIO DE 1969 HOJA 11 DE 26

33

G A B I N E T E S

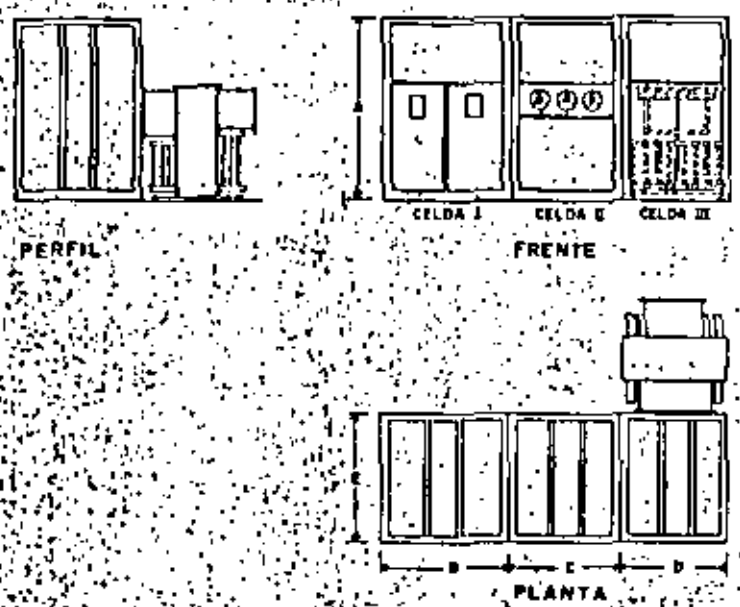
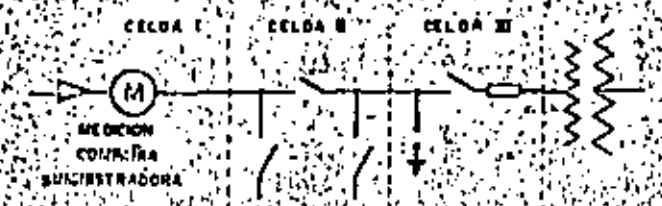


DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * IDNTPSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	IZQUIERDA — DERECHA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969 HOJA 12 DE 26

34

G A B I N E T E S

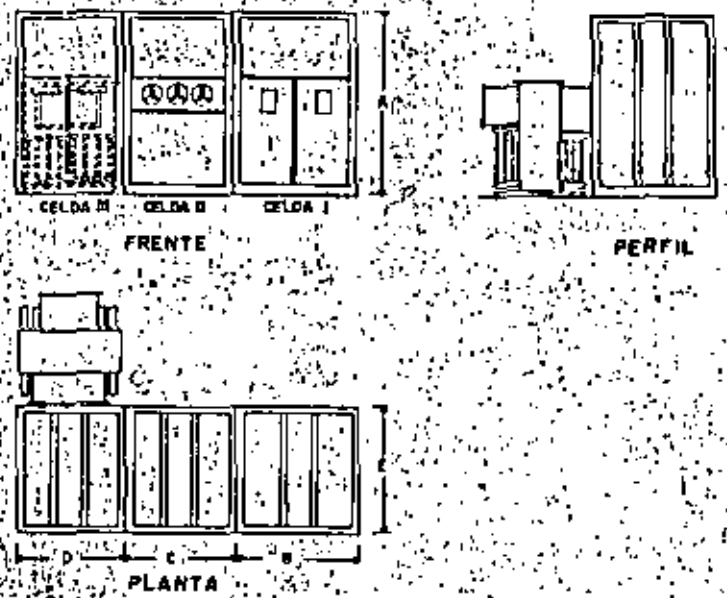
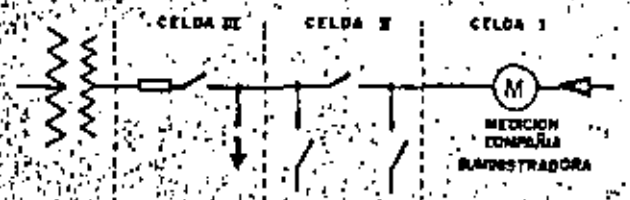


DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTARAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3NTPSI	ACOTACIONES EN HOJAS Nos 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969 HOJA 13 DE 26

35

G A B I N E T E S

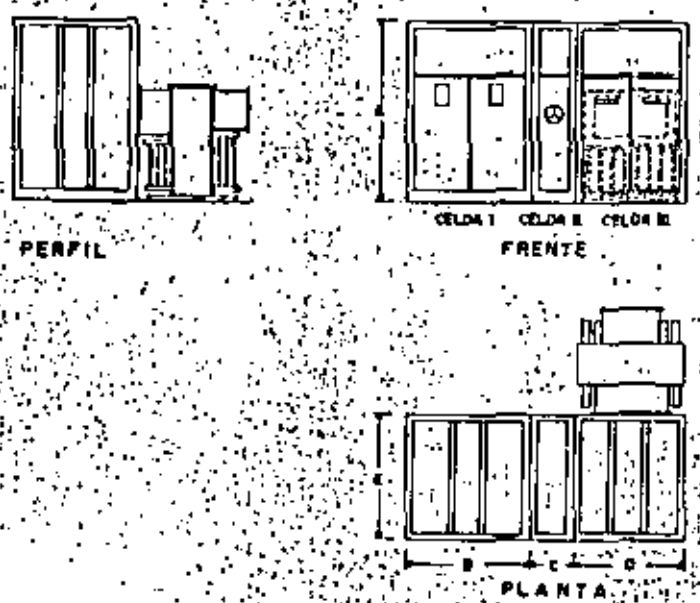
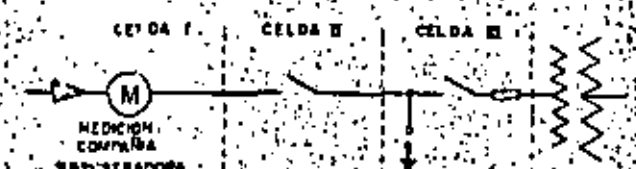


DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTARAN LOS KV NOMINALES

MODELO * 103ETPSI		ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	IZQUIERDA — DERECHA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969 HOJA 14 DE 26

36

G A B I N E T E S

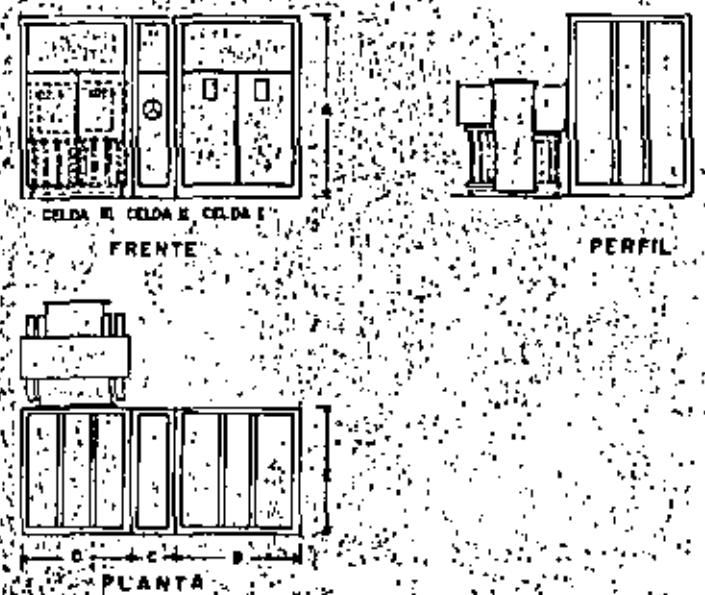


DIAGRAMA UNIFILAR

* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * 103ETPSI		ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV.

JULIO DE 1969

HOJA 15 DE 26

37

G A B I N E T E S

DIAGRAMA UNILAR

SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO # 103N3TLSI		COTACIONES EN HOJAS Nos. 5, 4 y 5
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADORES
INTERIOR	IZQUIERDA — DERECHA	3 COLINEALES

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV

JULIO DE 1969

HOJA 18 DE 26

38

G A B I N E T E S

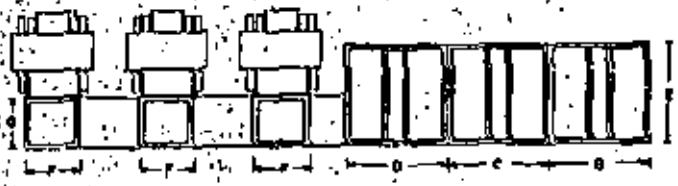
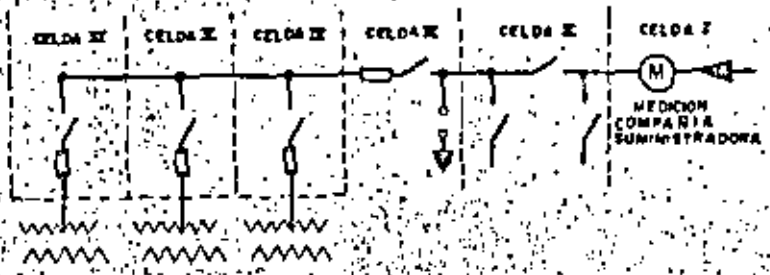


DIAGRAMA UNILAR



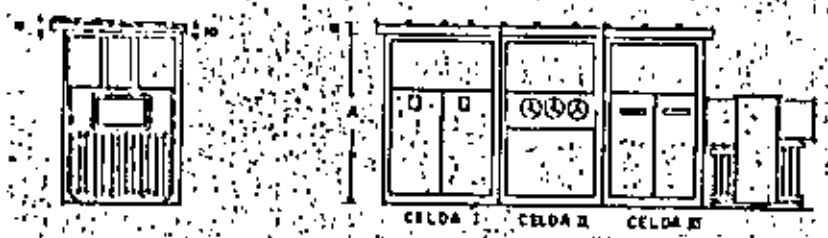
SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO # 103N3TLSI		COTACIONES EN HOJAS Nos. 5, 4 y 5
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADORES
INTERIOR	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEALES

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969 HOJA 17 DE 26

39

G A B I N E T E S



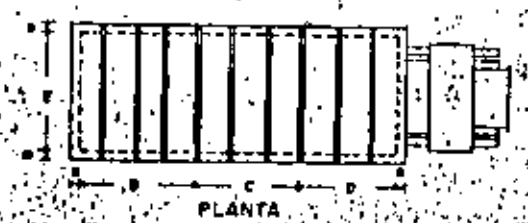


DIAGRAMA UNIFILAR

* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * ID3NTLSE		ACOTACIONES EN HOJAS Nos 3 y 4
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969 HOJA 18 DE 26

40

G A B I N E T E S

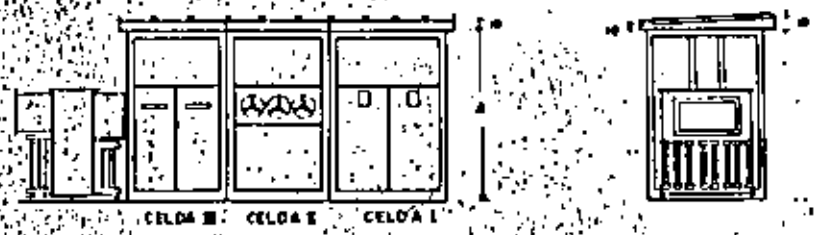
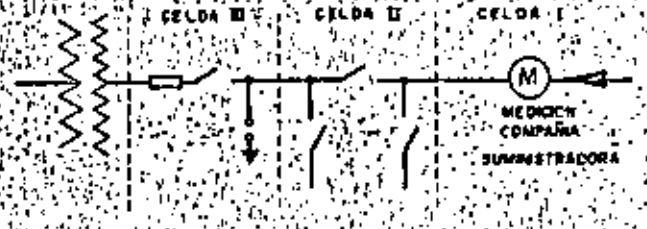


DIAGRAMA UNIFILAR



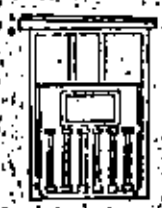
* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3NTLSE		ACOTACIONES EN HOJAS Nos 3 y 4
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 19 DE 26

41

G A B I N E T E S



PERFIL

FRENTE

PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR

* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

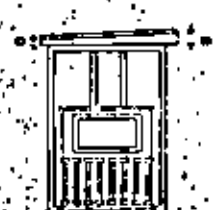
MODELO * 103ETLSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 2 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV,	JULIO DE 1969
	HOJA 20 DE 26

42

G A B I N E T E S

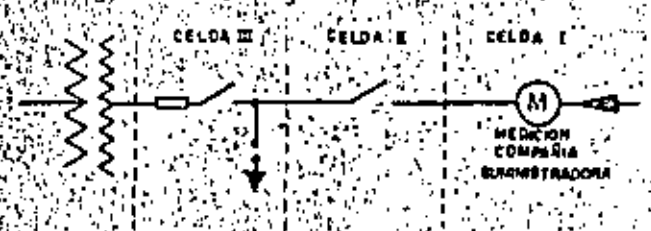
FRENTE



PERFIL

PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3ETLSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEAL

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV.	JULIO DE 1960 HOJA 21 DE 26

GABINETES 43

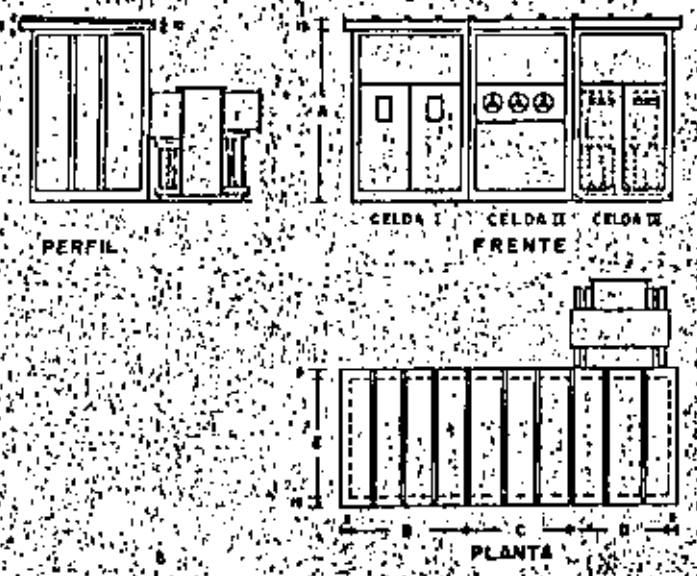


DIAGRAMA UNIFILAR

SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO ID3NTPSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25, 34.5 KV	JULIO DE 1960 HOJA 22 DE 26

GABINETES 44

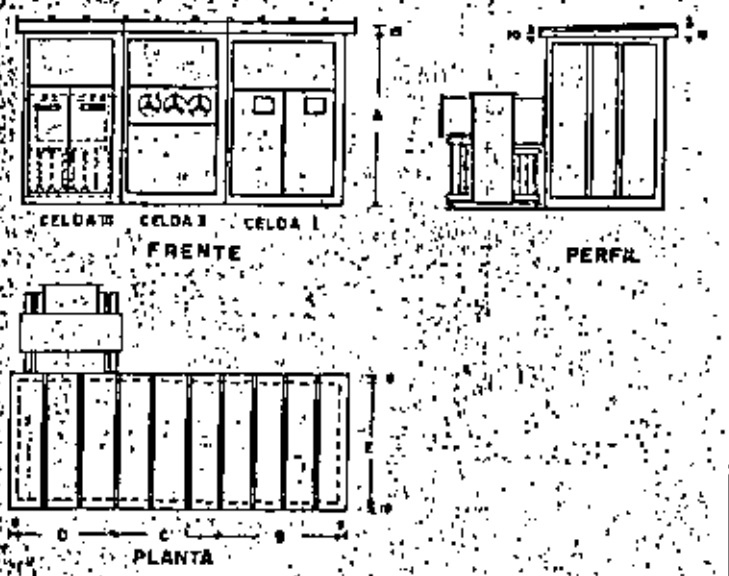


DIAGRAMA UNIFILAR

SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO ID3NTPSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4

SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5KV	JULIO DE 1969 HOJA 23 DE 26

G A B I N E T E S

45

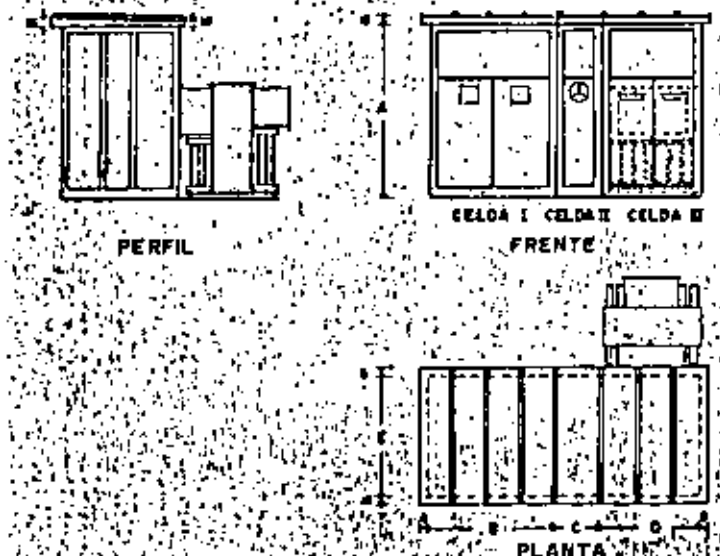


DIAGRAMA UNIFILAR

SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO D13ETPSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5KV	JULIO DE 1969 HOJA 24 DE 26

G A B I N E T E S

46

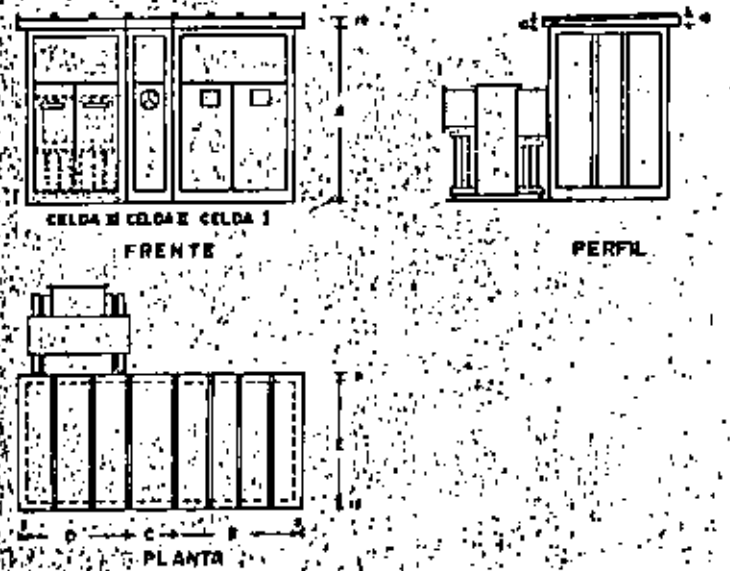
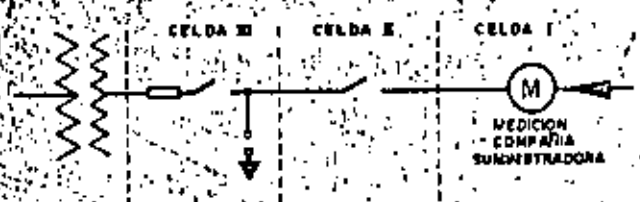


DIAGRAMA UNIFILAR



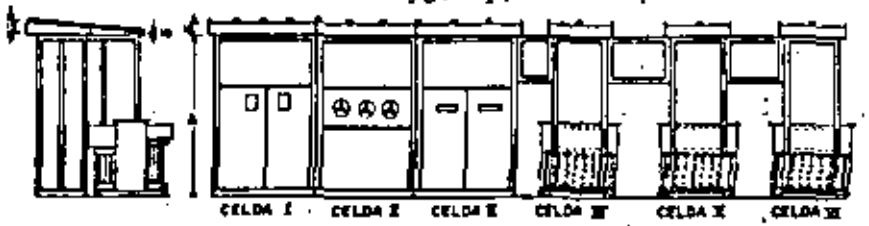
SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO D13ETPSE	ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3 y 4	
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADOR
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	POSTERIOR

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 25 DE 26

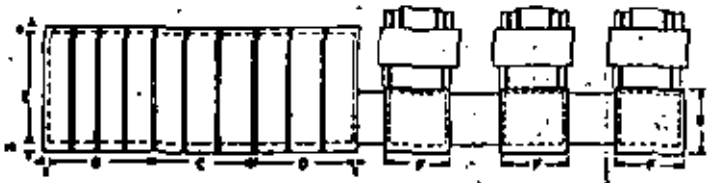
G A B I N E T E S

47



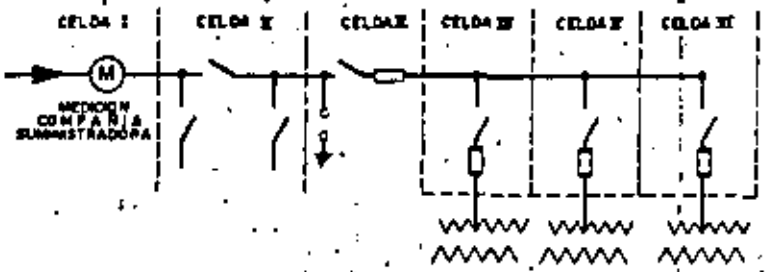
PERFIL

FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * ID3NTLSE

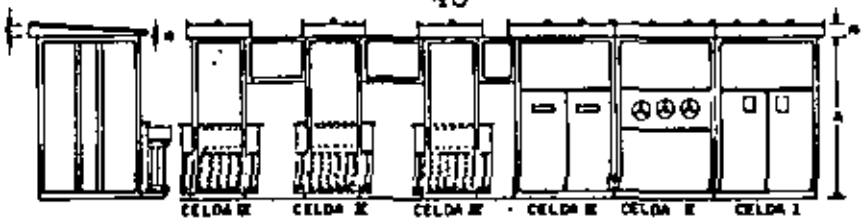
ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3, 4 Y 5

SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADORES
INTEMPERIE	IZQUIERDA — DERECHA	COLINEALES

SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 7.5,15,25 Y 34.5 KV	JULIO DE 1969
	HOJA 26 DE 26

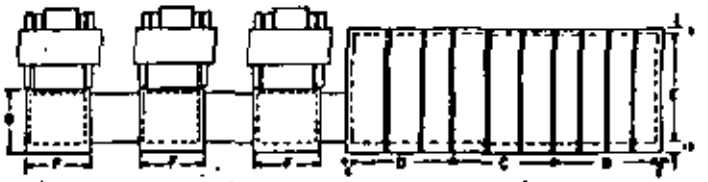
G A B I N E T E S

48



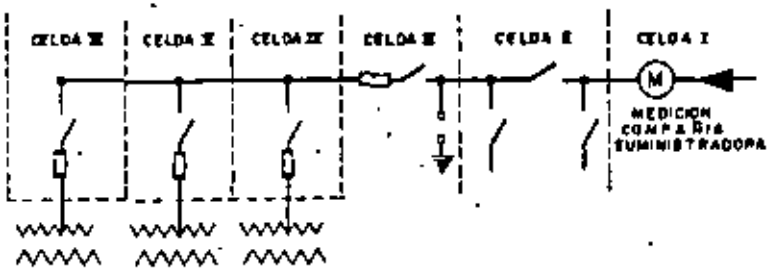
PERFIL

FRENTE



PLANTA

DIAGRAMA UNIFILAR



* SE ANOTAN LOS KV NOMINALES

MODELO * DI3N3TLSE

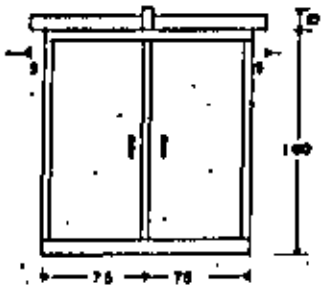
ACOTACIONES EN HOJAS Nos. 3, 4 Y 5

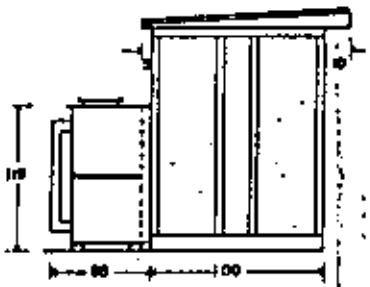
SERVICIO	SENTIDO	TRANSFORMADORES
INTEMPERIE	DERECHA — IZQUIERDA	COLINEALES

Mecsa	SUBESTACION COMPACTA MARCA MECSA PARA 15 KV	ABRIL DE 1970
		HOJA 4 DE 4

MEMORIA DESCRIPTIVA

GABINETE





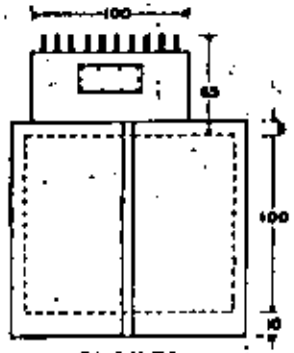
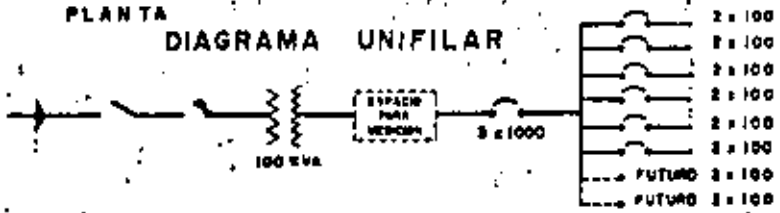


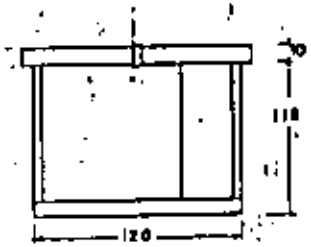
DIAGRAMA UNIFILAR

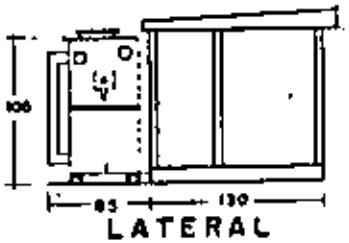


MODELO "MECSAPAQ 100"	ACOTACIONES EN CENTIMETROS	
SERVICIO		TRANSFORMADOR
INTEMPERIE		POSTERIOR

Mecsa	SUBESTACION MECSAPAQ-R PARA 15 KV	JUNIO DE 1970
		HOJA 5 DE 4

MEMORIA DESCRIPTIVA





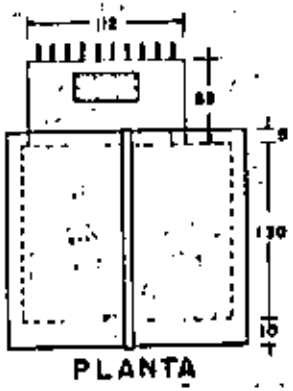
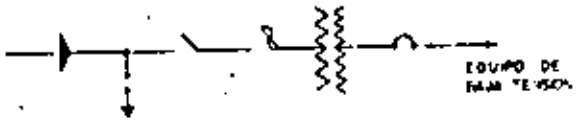
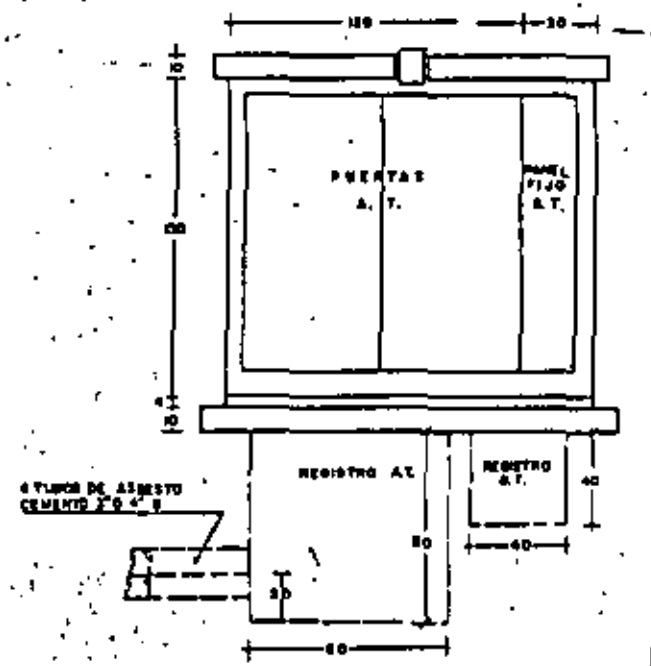


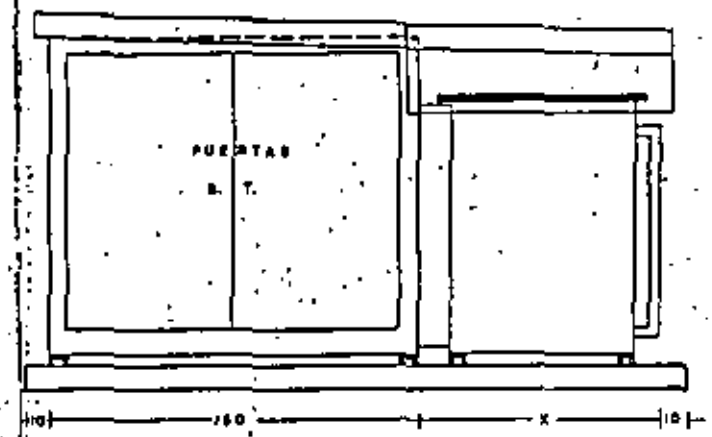
DIAGRAMA UNIFILAR



MODELO MECSAPAQ	ACOTACIONES EN CENTIMETROS	
SERVICIO		TRANSFORMADOR
INTEMPERIE		POSTERIOR



ELEVACION FRONTAL



ELEVACION LATERAL

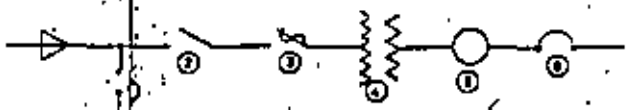
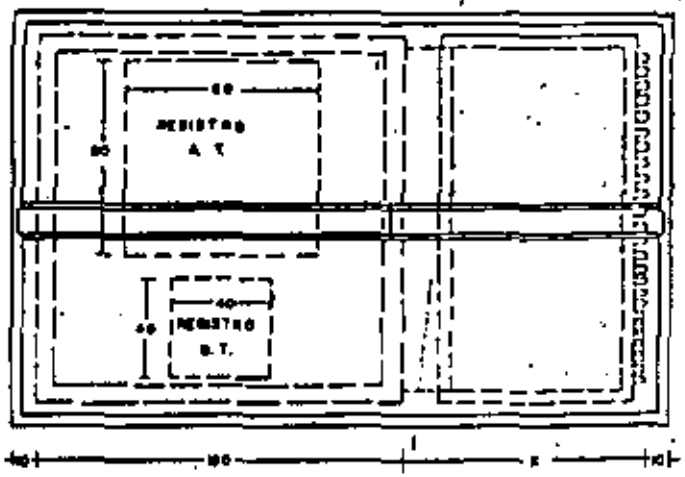


DIAGRAMA UNIFILAR



PLANTA

DIMENSIONES DE A Y C EN FUNCIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

KVA	X	TERMOMAGNETICO
150	74	3x400A.
75	69	3x300 A
50	70	3x200A
45	69	3x200A
30	67	3x125 A
ACOT. EN Cm.		

MATERIAL Y EQUIPO

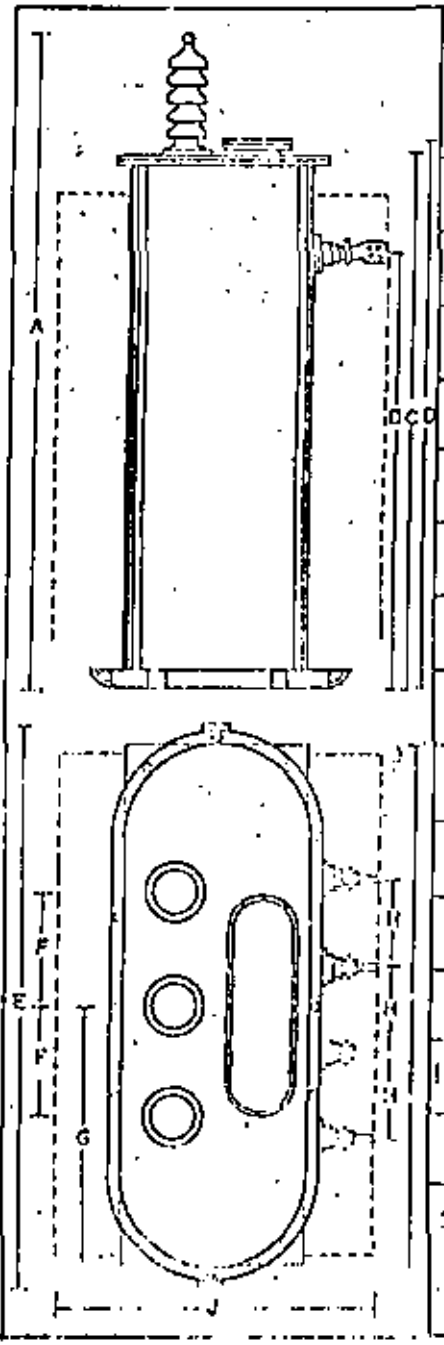
1.- APARTARRAYOS PARA 25 KV
2.- JUEGO DE CUCHILLAS TRIPOLARES OPERACION EN GRUPO SIN CARGA 25 KV 400 AMPERES
3.- FUSIBLES MARCA SIEMENS 20/23 KV
4.- TRANSFORMADOR MARCA MECSA 20/23 KV 220/127 VOLTS.
5.- EQUIPO DE MEDICION EN BAJA TENSION
6.- TERMOMAGNETICO

SUBESTACION MECSAPAQ R — 25 KV

P.G.— 170

12 / 12 / 72

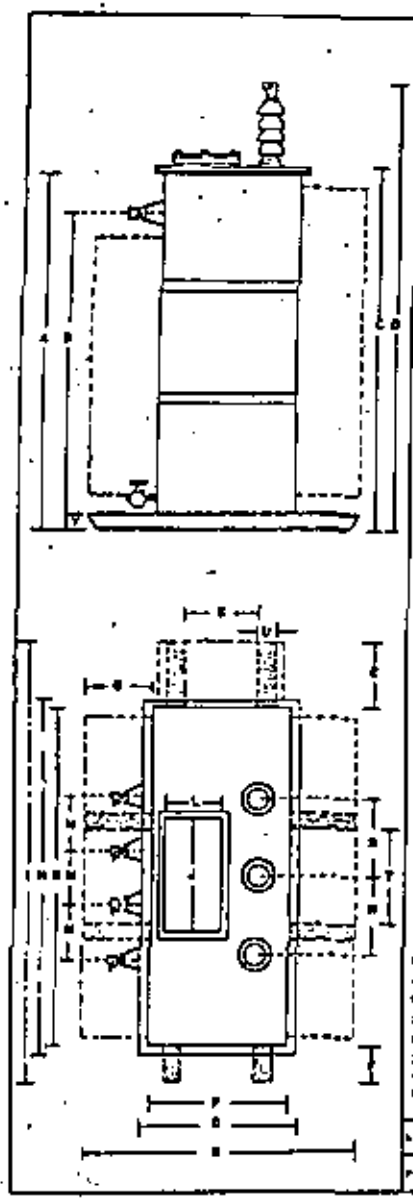
51



DIMENSIONES DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS PARA 50/60 Hz.
TIPO TANQUE OVALADO

MANUFACTURAS ELECTRICAS CAMARENA S. A.

KVA	ALTA TENSION			BAJA TENSION		DIMENSIONES APROXIMADAS EN CMS.										LITROS DE ACEITE	PESO APROX KG
	KV	CONEX	DERIVACIONES	VOLTS	CONEX	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
5	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	220/127	ESTRELLA	101	59.5	66.5	72.5	67	19.5	28	8	66	47	50	200
10	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	220/127	ESTRELLA	102	60.5	67.5	71.5	73	20	32	8	64	51	70	230
15	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	109.5	67.5	76.5	80.5	79	23	33.5	8.5	67	52	90	300
20	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	100	68	73	77	83	23	34	8.5	73	53	95	320
25	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	81.5	69.5	76.5	80.5	84	23	38.5	8.5	73	54	110	330
30	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	110.5	60.5	75.5	79.5	88	23	36.5	8.5	77	56	120	370
45	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	112.5	70.5	77.5	81.5	95	23	40.5	8.5	81	50	130	400
50	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	117	74	82	85	100	23	43	10.5	86	53	150	450
60	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	124	81	89	93	107	24	40.5	10	81	63	160	500
75	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	124	81	89	93	113	23	43.5	10.5	87	51	190	600
	23/20	DELTA	± 2 de 2.5/2.87%	220/127	ESTRELLA	145.5	94	103	107	121	34	43.5	10.5	87	64	200	600
100	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	128	83	93	97	120	23	47	11	94	63	235	700
	23/20	DELTA	± 2 de 2.5/2.87%	440/220/127	ESTRELLA	151.5	93	102	113	130	35	52	12	104	77	250	800
112.5	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	129	83	94	98	120	24	50	12	100	67	250	800
150	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	140	95	105	109	123	23	53.5	12	97	65	300	900
	23/20	DELTA	± 2 de 2.5 %	220/127	ESTRELLA	162.5	110	120	131	139	34	53.5	12	116	76	350	1350
200	13.2	DELTA	± 2 de 2.5 %	440/220/127	ESTRELLA	159	102	114	119	110	24	57	14.5	114	73	450	1500

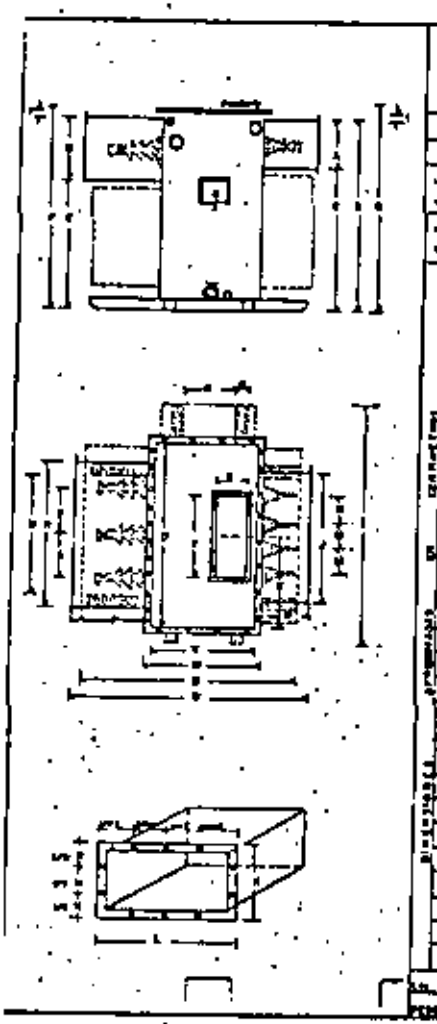


DIMENSIONES DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS PARA 50/60 Hz. TIPO TANQUE RECTANGULAR

MANUFACTURAS ELECTRICAS CAMARENA S. A.

KVA		200		225		250		300		500	
KV		[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]			[illegible]
A.T.	CONEXION	DELTA	DELTA			DELTA		DELTA			DELTA
	DERIVACIONES	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
B.T.	VOLTS	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	CONEXION	ESTRELLA	ESTRELLA			ESTRELLA		ESTRELLA			ESTRELLA
DIMENSIONES APROXIMADAS EN CENTIMETROS	A	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	B	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	C	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	D	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	E	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	F	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	G	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	H	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	J	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	J	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	K	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	L	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	M	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	N	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	O	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	P	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	Q	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	R	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	S	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	T	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	U	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
	V	[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
LITROS DE ACEITE		[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]
PESO APROX. EN KG.		[illegible]	[illegible]			[illegible]		[illegible]			[illegible]

DIMENSIONES DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS PARA 50/60 Hz. CON GARGANTAS LATERALES EN AT. y BT.



K.V.A.	150		200		250		300		500		750		1 000	
K.V.														
CONEXION														
DERIVACIONES														
VOLTS														
CONEXION														
A														
B														
C														
D														
E														
F														
G														
H														
I														
J														
K														
L														
M														
N														
O														
P														
Q														
R														
S														
T														
U														
V														
W														
X														
Y														
Z														
LTS. DE ACEITE														
PESO APROX. Kg														

TABLA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD MAXIMA EN AMPERES POR FASE A QUE DEBEN SUJETARSE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION PARA LIBERAR DE SOBRE CARGAS EL CIRCUITO PRIMARIO DE BANCOS TRIFASICOS DE TRANSFORMACION.

K.V.A. del BANCO	2 400 volts.		4 160 volts.		6, 900 volts.		11 500 volts.		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.	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	0.20	1						
7.5	1.80	3	1.04	2	0.63	1.5	0.38	1	0.33	1	0.20	1				
9	2.17	5	1.25	3	0.75	1.5	0.45	1	0.39	1	0.24	1	0.16	1		
10	2.41	5	1.39	3	0.84	2	0.50	1	0.44	1	0.26	1	0.17	1		
15	3.61	7	2.08	5	1.26	3	0.75	1.5	0.66	1.5	0.39	1	0.26	1	0.20	1
22.5	5.41	10	3.12	7	1.88	5	1.13	2	0.98	2	0.59	1.5	0.39	1	0.30	1
25	6.01	15	3.47	7	2.09	5	1.26	3	1.09	2	0.66	1.5	0.44	1	0.33	1
30	7.22	15	4.16	10	2.51	5	1.51	3	1.31	3	0.79	2	0.52	1	0.39	1
37.5	9.02	15	5.20	10	3.14	7	1.88	5	1.64	5	0.98	2	0.66	1.5	0.49	1
45	10.83	20	6.25	15	3.77	7	2.26	5	1.97	5	1.18	3	0.79	2	0.59	1.5
50	12.03	25	6.94	15	4.18	10	2.51	5	2.19	5	1.31	3	0.87	2	0.66	1.5
75	18.04	30	10.41	20	6.28	10	3.77	7	3.28	7	1.97	5	1.31	3	0.98	2
100	24.06	40	13.88	25	8.37	15	5.02	10	4.37	10	2.62	5	1.75	5	1.31	3
112.5	27.06	40	15.61	25	9.41	15	5.65	10	4.92	10	2.95	7	1.97	5	1.48	3
150	36.08	50	20.82	30	12.55	20	7.53	15	6.56	15	3.94	9	2.62	5	1.97	5
200	48.11	65	27.76	40	16.73	25	10.04	20	8.75	15	5.25	10	3.50	7	2.62	5
225	54.13	80	31.23	50	18.83	30	11.29	20	9.84	20	5.90	10	3.94	7	2.95	7
300	72.17	100	41.64	65	25.10	40	15.06	25	13.12	20	7.87	15	5.25	10	3.94	7
450			62.45	80	37.65	50	22.59	30	19.68	30	11.81	20	7.87	15	5.90	10
500			69.40	100	41.84	65	25.10	40	21.87	40	13.12	20	8.75	15	6.56	15
690					57.74	80	34.64	40	30.18	50	18.11	30	12.07	20	9.05	15
750					62.76	80	37.65	50	32.80	50	19.68	30	13.12	20	9.84	20
1 000							50.20	65	43.74	65	26.24	40	17.50	25	13.12	20
1 500							75.31	100	65.61	100	39.36	50	26.24	40	19.68	30
2 000											52.49	65	35.00	50	26.24	40

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 EN ESTA TABLA, LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION CORRESPONDIENTES, DEBERAN SUJETARSE AL 125 % DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA DEL PROPIO BANCO COMO MAXIMO.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

PLANTAS ELECTROGENAS

1a. Su utilización

2a. Componentes

3a. Selección

ING. SERGIO ORDOÑEZ LEZAMA

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

1 PLANTAS ELECTROGENAS

1.- SU UTILIZACION

De acuerdo con la forma de operar de las plantas electrógenas, éstas pueden dividirse en tres 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, otros bienes, etc.

En el caso de hospitales u otras aplicaciones en que se amenaza la vida humana, pueden considerarse las plantas de emergencia como un Salvavidas. De aquí la importancia de poner una gran atención no solo a la buena selección, adquisición e instalación de la misma, sino mantener con gran acualocidad 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 basicamente 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 primeras que se citan, 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 ésto, 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 características 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, así como, de la amortización del equipo; por lo que, un balance entre éstos, permite escoger áquel 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 requirimientos 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 bateria (alumbrado de emergencia).

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) y

e) Accesorios.

a) El Motor Primo puede ser cualquier elemento que entregue energía mecánica adecuada al generador, pero entre los principales, para el presente trabajo, consideramos los siguientes con fines de emergencia:

Motor a gasolina

Motor diesel

Motor a gas

Turbina de gases

b) El Generador Eléctrico es, generalmente, un alternador de 2, 4 ó 6 polos, dependiendo de la velocidad escogida para la mejor operación del motor primo.

En motores a gasolina, con potencias relativamente bajas, comunmente se usa una velocidad de operación de 3000 a 3600 RPM (50 ó 60 Hz, respectivamente), o sea la velocidad síncrona correspondiente a un generador de 2 polos.

En el caso de turbinas de gases y, dada su alta velocidad de operación, también se usan generadores de 2 polos.

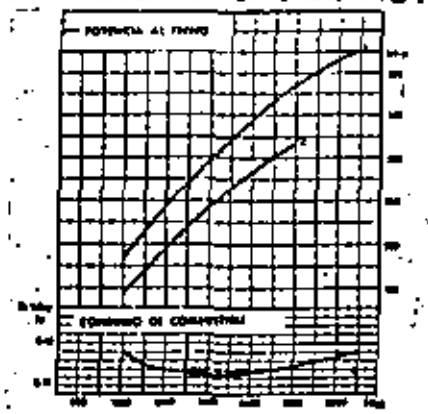
La potencia en este último caso, es relativamente alta.

En aplicación para equipos de aviación, generalmente se usa frecuencia de 400 Hz o sean 24000 RPM con 2 polos, 12000 RPM con generadores de 4 polos, 8000 con 6 polos, etc.
Esto permite el uso de equipo mas compacto.

6

En aplicaciones de motor diesel, la velocidad común es de 1500 - 1800 RPM o sean 4 polos en el generador, pero para aplicaciones de servicio continuo, se recomienda el uso de generadores de 6 u 8 polos, o sean 1000 - 1200 RPM ó 750 - 900 RPM respectivamente, para que el desgaste de sus elementos se reduzca en proporción y la vida útil de la máquina se prolongue. Esto, sin embargo, repercute en una pérdida casi linealmente proporcional de la potencia del motor.

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.

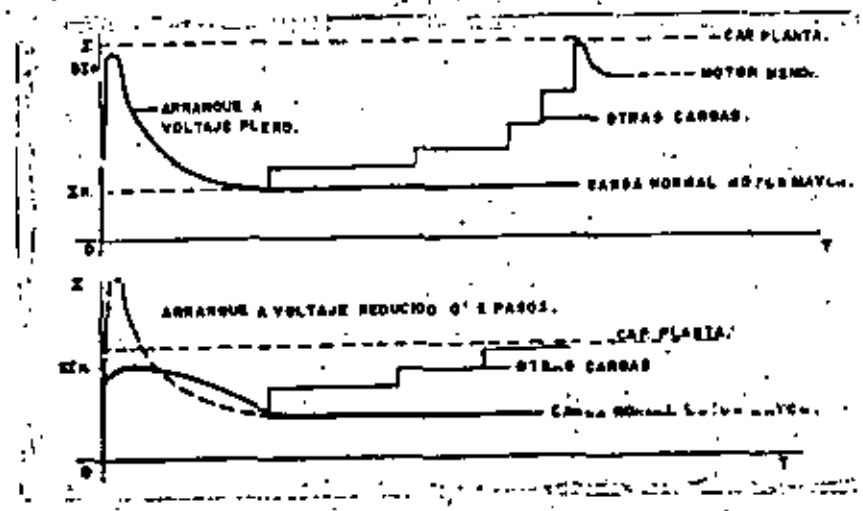
7

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 haciendose con la inyección de combustible líquido en la cabeza de los cilindros.

3.- 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 y del propio motor, el cual toma aproximadamente 6 veces la corriente nominal, según el tipo.



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.

$$HP = \frac{KW}{0.85 \times 0.746}$$

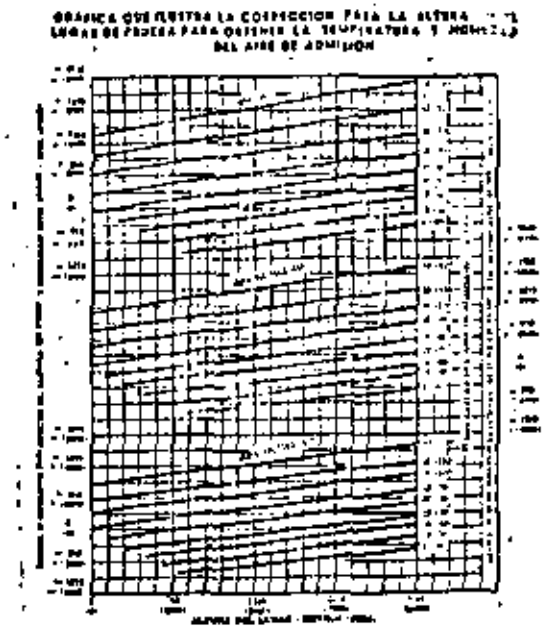
A su vez, la potencia en HP en la flecha del motor puede calcularse partiendo de las curvas de comportamiento del motor y a la velocidad en que va a trabajar.

A esto deberán deducírsele las pérdidas por altitud en el lugar de trabajo a razón de aproximadamente 1% por cada 100 m.s.n.m., 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.

A esta potencia todavía deben hacérsele deducciones por:

- Consumo en HP del ventilador,
- Pérdidas en el escape,
- Pérdidas en bombas y ventiladores u otros equipos auxiliares, como: Radiador, intercambiador de calor, torre de enfriamiento, etc.,
- Pérdida por temperatura ambiente.
- Arriba de 15°C se pierden aproximadamente 1% por cada 6°C.

La humedad relativa del aire influye igualmente teniendo que recurrirse a tablas de comportamiento para su ajuste.



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 correspondientes del motor de combustión interna.

Generalmente el factor de potencia es 0.8, que es el diseño 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, disponibilidad de potencia efectiva.

Cabe mencionar, que a un factor de potencia menor de 0.8, puede sobrecargarse el generador sin que el motor se "atente".

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	256

Con 0.5 FP, siendo igual la potencia mecánica del motor (150 HP) la carga reactiva del generador provoca un calentamiento en sus devanados de 256% o sea, con peligro de quemar 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 interruptor debe ser escogido de acuerdo con la carga máxima del generador a FP = 0.8.

Aquí la protección contra circuito corto, debe revisarse únicamente para la capacidad interruptiva, de acuerdo con la impedancia del sistema.

CONTROLES

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 deben considerarse Vóltmetro, Ampérmetro 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 Watímetro no es indispensable si la máquina trabaja individualmente, pero es escencial si se va a poner a trabajar en paralelo con otra máquina o con la red de suministro.

Para operación en paralelo de máquina, se requiere además, una serie de dispositivos automáticos o manuales para sincronización 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 contar con dispositivos automáticos de paro del motor por falla, 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 arranques de la marcha con intervalos de 4 ó 5 segundos, para 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 suministro 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 120% 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:

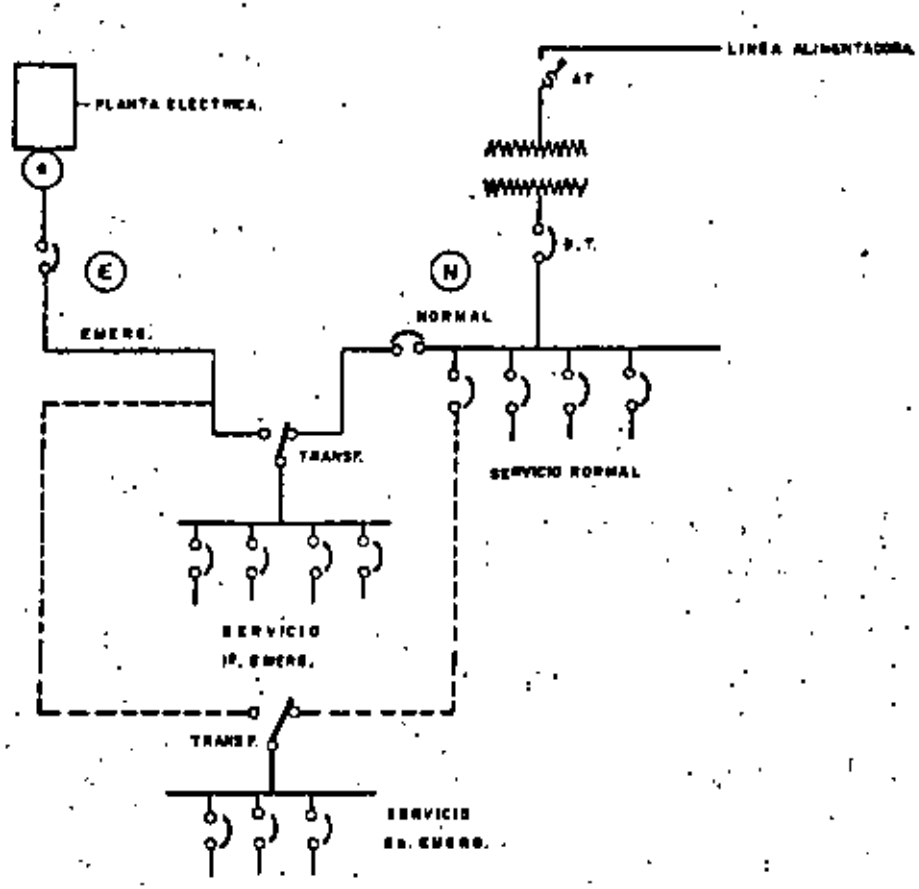
1a. Dejar que la máquina trabaje de 1 a 10 minutos antes de que transfiera la carga al servicio normal y pare al momento de hacerlo.

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 1 a 10 minutos aproximadamente, haga la transferencia de ésta y siga en vacío otros 3 ó 5 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 liniero cuando la línea de suministro esta 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.

El tiempo de transferencia automática debe ser muy corto (alrededor de 0.5 segs.) pero no menor de 8 Hz (0.13 segs.) entre abrir un circuito y cerrar el otro, para evitar un circuito corto.

ACCESORIOS

Entre los accesorios se puede hablar de muchos equipos, pero los principales son:

- Radiador o intercambiador de calor.
- Silenciador que absorba el máximo de ruido, pero que no resuene a la velocidad normal ni provoque una contrapresión (aproximadamente 4-6" agua).
- 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 día con nivel, válvulas de paso y desfogue, respiración y válvula de flotador (en su caso).
- Bomba de trasciego.
- Batería y cables de capacidades adecuadas.
- Cargador de batería o mantenedor.
- Reloj programador para ejercitación semanal.
- Interruptores para ejercitación y mantenimiento, con o sin carga.

- 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.

'imrm.

'Noviembre de 1980.

Ponencia: 3 de Noviembre de 1980.

Lugar: Centro de Educación Continua.

NOTAS SOBRE LA TABLA Nº 1.

Cuando se desea una buena calidad del servicio eléctrico, la caída de tensión durante el arranque de motores debe restringirse a 5% o menos, más de 5%, principalmente en alumbrado incandescente, es un grave inconveniente, aunque sea poco frecuente.

En donde las fluctuaciones de luz no sean importantes puede tolerarse hasta un 25% de caída de voltaje durante el arranque de un motor, más allá de este límite, cuando hay otros arrancadores y/o contactores magnéticos y relés de bajo voltaje, podrían desconectarse con menos del 75% del voltaje de suministro.

En donde el arranque de un motor grande es el único factor para tomarse en cuenta, puede tolerarse hasta 40% de caída de voltaje.

Los tamaños de motores en HP anotados en la tabla anterior, están basados en motores código F, que toman una corriente de arranque de 5.5 veces la corriente de trabajo a plena carga.

Al arrancar por medio de compensador, debe tomarse en cuenta que el par motor se reduce a 64% con la derivación de 80% y a 42% con la derivación de 64%. Asegúrese de que estos pares son suficientes para arrancar la carga.

La potencia en HP anotada en la columna de "Arranque con Resistencia" supone que posiblemente el motor no arranca hasta que toda la resistencia este fuera y que el voltaje del generador se ha restablecido antes de comenzar a girar el motor.

NOTAS SOBRE LA TABLA Nº 2.

MOTORES DE FASE PARTIDA. Toman una corriente muy alta durante el arranque.
Multiplíquense por dos los valores de carga de arranque de Tabla dos.

MOTORES DE TIPO CAPACITOR. Auméntense en 25% los valores de KVA y corriente de arranque de la Tabla dos.

MOTORES TRIFASICOS. Para motores del tipo de Alto Par de Arranque, reduzcanse en 25% los valores de KVA y corriente de la Tabla dos.

MOTORES CON ROTOR DEVANADO. Los KVA de arranque son únicamente de 30 a 50% mayores que los KVA de trabajo normal.

Los valores de corriente y los KVA de arranque de la Tabla dos, son para arranque directo sobre la línea (Voltaje completo).

En donde se use resistencia de arranque o compensador, los KVA de arranque son de 50% o menos de los indicados en la tabla.

TABLA 1. POTENCIA EN HP DEL MOTOR MAYOR QUE SE PUEDE ARRANCAR EN EXCESO DE UNA DETERMINADA % DE VOLT

GENERADORES COMPACTOS.		5% DE CAIDA DE VOLTAJE.				25% DE CAIDA DE VOLTAJE.				40% DE CAIDA DE VOLTAJE			
KVA.	KW.	ARRANQUE A PLENO VOLTAJE	ARRANQUE CON RESISTENCIA 80%	ARRANQUE CON RESISTENCIA 64%	ARRANQUE CON RESISTENCIA	ARRANQUE A PLENO VOLTAJE	ARRANQUE CON RESISTENCIA 80%	ARRANQUE CON RESISTENCIA 64%	ARRANQUE CON RESISTENCIA	ARRANQUE A PLENO VOLTAJE	ARRANQUE CON RESISTENCIA 80%	ARRANQUE CON RESISTENCIA 64%	ARRANQUE CON RESISTENCIA
3.75	3	—	—	—	—	—	1	1.5	—	1	1.5	2	
6.25	5	—	—	—	1	1	2	3	1	2	3	3	1
8.4	7.5	—	—	—	2	1.5	3	5	2	3	5	7.5	2
12.5	10.0	—	—	—	3	1.5	5	7	3	5	7	10	3
18.7	15	—	—	1	5	3	7	7	7	7	7	12.5	7
25.0	20	—	—	1.5	7	5	7	10	7	7	10	15	7
31.3	25	1	1.5	2	7	7.5	10	10	7	7.5	10.5	15	7
37.5	30	1	1.5	2	7.5	10	15	15	7.5	10	15	20	7.5
50	40	1.5	2	3	10	7.5	12.5	20	10	15	20	30	10
62.5	50	2	3	3	10.5	10	15	25	10.5	15	25	30	12.5
75	60	2	3	4	10	10.5	20	25	15	20	30	40	15
87.5	70	3	3	5	10	10	20	30	20	25	30	50	20
125	100	3	5	7.5	15	20	30	40	25	30	50	75	25
165	150	5	7.5	10	20	25	40	50	30	40	60	75	30
187	150	5	7.5	12.5	25	30	40	75	40	50	75	100	40

TABLA 2. CORRIENTE Y POTENCIA APROX. QUE TOMAN LOS MOTORES EN FUNCCION DE LA JAULA DE ARDILLA.

POTENCIA EN HP	CARGA DURANTE EL TRABAJO. AMP. A PLENA CARGA 220 V	AMP. A PLENA CARGA 440 V	CORRIENTE DE ARRANQUE: POTENCIA DEL GENERADOR	MOTOR TRABAJANDO	CARGA DE EL ARRANQUE A VOLTAJE COMPLETO: MOTOR DE UNA SOLA VELOCIDAD 440	440	MOTOR DE DOS VELOCIDADES 440	440
1/2	8	4	3.5	21	8.5	10.5		
1	10	14	5.5	27	4.5	20	7.7	26
2	13	6.5	11.0	35	9.0	41	18.0	52
3	8.4	3.7	17.0	37	12.0	56	17.0	45
5	4.5	6.0	27	15.0	20.0	60	25.0	75
7 1/2	6.8	8.1	37	11	30.0	100	41	113
10	8.5	11.0	50	19	37.0	127	51	144
15	13.0	18.0		29			81	220
20	17.2	23.0		38			110	300
25	21.4	29.5		44			135	365
30	25.6	35.0		73			160	430
40	33.5	35.4		103			217	575
50	41.5	41.5		125			264	660
60	50.0	53.5		184			316	850
75	62.5	70.0		189			390	1020
100	82.0	86.0		244			511	1340

NOTA. LOS VALORES INDICADOS EN LA TABLA 2, SON PARA 220V. PARA 110V. LOS AMPERES SERAN EL DOBLE Y PARA 440V. SERAN LA MITAD DE LOS INDICADOS.

	FORMULO:	Vo. Bo. DEPTO.	APROBO:	FORMULO:	Vo. Bo. DEPTO.	APROBO:
SOL'Lerm.	Ing. Ordóñez.		Ing. Sergio Ordóñez Lerma.	Ing. Ordóñez.		Ing. Sergio Ordóñez Lerma.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SUMINISTROS DE ENERGIA ELECTRICA I

CIA. DE LUZ Y FZA. DEL CENTRO, S.A.

FEBRERO, 1982

INSTRUCCIONES DEPARTAMENTALES

1 GERENCIA COMERCIAL

ASUNTO: Información necesaria para formular solicitudes en las que se requiera elaborar presupuesto (SP)

Dependencias Afectadas: Gerencia Comercial y Gerencias Técnicas

---

A partir de la fecha de estas instrucciones los solicitantes de suministro de energía eléctrica y de otros servicios que ameriten la elaboración de presupuesto (SP) por la Sección de Presupuestos a Consumidores de la Subgerencia Comercial de Cuentas Especiales, presentarán la información que se indica a continuación según el caso:

1.- UNIDADES HABITACIONALES Y FRACCIONAMIENTOS

1.01 Escrito u oficio del interesado (original y dos copias) indicando la ubicación de la unidad, número de servicios habitacionales anotando la carga de cada uno, número de otros servicios como bombeo de agua potable, bombeo de aguas negras, centros comerciales, centros sociales, escuelas, alumbrado público y servicios de edificio, precisando el número, tipo y capacidad de lámparas y demás carga en detalle, así como la zona postal, municipio o delegación y entidad federativa.

Si el proyecto consta de varias secciones, indicar las fechas programadas para la construcción de cada sección.

1.02 Plano de conjunto indicando si el proyecto consta de varias secciones, esc. 1:5000 (1 maduro y 3 copias).

1.03 Plano de vialidad, mostrando la distribución de los lotes, núcleos de casas o edificios, indicando las entradas a los mismos, esc. 1:1000 (1 maduro y 3 copias).

1.04 Plano de la red de alumbrado público indicando los puntos de alimentación a los circuitos, esc. 1:1000 (1 maduro y 3 copias).

1.05 En unidades habitacionales presentar planos de las casas y edificios en planta y elevación, con detalles de las entradas para indicar ubicación de los equipos de medición, esc. 1:500 (3 copias).

1.06 Planos de las redes de agua potable, gas y teléfonos en planta y corte transversal, esc. 1:1000 (1 maduro y 3 copias). (si se cuenta con ellos).

1.07 Planos de la ubicación de servicios de agua potable, aguas negras, escuela, centros comerciales y sociales, indicando zonas verdes y adoquinadas, esc. 1:1000 (1 maduro y 3 copias).

(Si no se indicaron en el punto 1.03).

1.08 Los planos serán copia de los aprobados o en proceso de aprobación (presentar constancia) por las autoridades correspondientes.

1.09 Nombre, dirección y teléfono del técnico responsable designado oficialmente para tratar los asuntos de carácter técnico relacionados con el proyecto.

1.10 Programa descriptivo o diagrama de barras referente a la ejecución de las obras con indicación de las etapas de construcción de guarniciones, redes de agua, de drenaje, de distribución de energía eléctrica, de alumbrado público, de teléfonos si está proyectada, de gas si está proyectada; construcción de casas y edificios y fechas de terminación y entrega a los usuarios, para cada sección del conjunto habitacional o fraccionamiento.

Nota 1.- Los sistemas de distribución para fraccionamientos residenciales en el Distrito Federal y zona metropolitana serán de tipo subterráneo.

Nota 2.- El cliente deberá proporcionar interruptores, fotoceldas, luminarias, lámparas, etc. para las redes de alumbrado público ---- adreas de circuitos convencionales.

Nota 3.- Las copias de los planos deberán venir dobladas a tamaño carta, a excepción del maduro que no deberá tener dobleces.

2.- COLONIAS, PUEBLOS Y BARRIOS

Los ubicados dentro de la zona considerada en el Plan Valle de México y de acuerdo con el programa que presente la Gerencia de Construcción, les será indicado a los solicitantes que ya se contempla su electrificación.

.01 Escrito del representante de los colonos debidamente acreditado, o del Comité de Electrificación o de la Junta de Mejoramiento Moral, Cívico y Material. (original y dos copias) indicando nombre y ubicación de la colonia, zona postal, Delegación o Municipio correspondiente y entidad federativa.

.02 Constancia de legalización de la colonia (boleta predial u otra documentación expedida por autoridad competente). Presentación con carácter devolutivo de 10 títulos de propiedad correspondientes a predios ubicados en la zona por electrificar.

.03 Censo de servicios indicando domicilios y número de focos y contactos de cada uno, y número total de predios ocupados y lotes baldíos.

.04 Croquis o plano de la zona por electrificar lotificada y referen--

cias naturales o artificiales más importantes que faciliten su localización (3 copias).

3

3.- EDIFICIOS CON MAS DE 15 KW DE CARGA CONECTADA.

Requisitos Generales

3.01 Escrito u oficio del interesado o de su representante legal (original y dos copias) indicando la dirección del edificio, número de plantas y uso a que se vaya a destinar (residencial, oficinas, despachos, talleres, clínica, hotel, dependencia gubernamental, etc.).

3.02 Nombre, teléfono y dirección del ingeniero o técnico responsable de la obra facultado para tratar los asuntos de carácter técnico relativos.

3.03 Ubicación del edificio, anotando calles transversales, colonia o pueblo, zona postal, Municipio o Delegación y entidad federativa y, en caso de difícil localización del lugar, adjuntar un croquis mostrando la ubicación del predio donde se desean los servicios.

3.04 Programa de construcción descriptivo o diagrama de barras con referencia a las etapas principales de la obra (cimentación, obra negra, instalaciones, acabados y puesta en servicio).

3.05 Relación detallada de la carga por piso, expresada en número, tipo y capacidad en watts, de unidades de alumbrado; número y capacidad en caballos de potencia de los motores, número de contactos y número y capacidad en watts de otros aparatos referidos al servicio del edificio (elevador, bomba, alumbrado de pasillos, etc.) y a cada uno de los servicios restantes.

3.06 Plano arquitectónico incluyendo detalle de la entrada al edificio para definir el lugar de los equipos de medición.

3.07 Si se trata de un aumento de la carga conectada, además de los datos anteriores, indicar el número de cuenta y la demanda contratada. (Presentar el último recibo).

Nota 1- Para suministrar un servicio adicional o una ampliación de capacidad en el que la demanda total sea superior a 190 KW, el cliente deberá poner a disposición de la Compañía un local adecuado para dicha instalación.

Nota 2- Requisito adicional para servicios nuevos en edificios que se encuentren en alguno de los siguientes casos:

- Demanda superior a 100 KW
- Ubicados en zonas sujetas a los programas de cambio de red aérea a red subterránea, o sobre las arterias principales de la ciudad (ver plano anexo).

Compromiso escrito del propietario para proporcionar un local adecuado para alojar el equipo de la subestación propiedad de la Compañía, cuya ubicación se determinará de común acuerdo en base a la información y con nuestra Gerencia de Distribución y Transmisión.

Nota 3 Cuando el interesado designe un apoderado para trámites, la carta debe especificar las facultades que otorga el poderdante.

4.- SERVICIOS INDUSTRIALES O COMERCIALES EN BAJA TENSION CON MAS DE 15 KW DE CARGA CONECTADA.

4.01 Escrito del interesado o su representante legal (Original y dos copias) indicando lo siguiente:

4.02 Dirección anotando calles transversales, colonia o pueblo, zona postal, municipio o delegación, entidad federativa y en caso de difícil localización del lugar, adjuntar croquis mostrando la ubicación del predio donde se requiere el servicio.

4.03 Actividad de la empresa que requiere el servicio; fábrica de plásticos; taller mecánico; laboratorio, etc.

4.04 Nombre, dirección y teléfono del ingeniero o técnico responsable de la obra facultado para tratar los asuntos de carácter técnico relativos.

4.05 Fechas de iniciación de las obras civiles; instalaciones, montaje de maquinaria y equipo, y puesta en servicio.

4.06 Relación detallada de la carga indicando:

a) Lista de motores de acuerdo a su capacidad expresada en caballos de potencia, clasificados en monofásicos y trifásicos.

b) Lista de lámparas, clasificadas por tipo y capacidad en watts (fluorescentes, incandescentes, etc.)

c) Relación de otros aparatos fijos, indicando capacidad y número de fases, según datos de placa (hornos, calentadores, estufas eléctricas, soldadoras, etc.).

d) Número de contactos.

4.07 Si se trata de un aumento de carga conectada, además de los datos anteriores, indicar el número de cuenta y la demanda contratada. (Presentar el último recibo).

Nota 1 - Para suministrar un servicio adicional o una ampliación de capacidad en el que la demanda total sea superior a 190 KW, el cliente deberá poner a disposición de la Compañía un local adecuado para dicha instalación.

Nota 2 - Requisito adicional para servicios nuevos en edificios que se encuentren en alguno de los siguientes casos:

- Demanda superior a 100 KW.
- Ubicados en zonas sujetas a los programas de cambio de red aérea a red subterránea, o sobre las arterias principales de la ciudad (Ver plano anexo).
  Compromiso escrito del propietario para proporcionar un local adecuado para alojar el equipo de la subestación propiedad de la Compañía, cuya ubicación se determinará de común acuerdo en base a la información y con nuestra Gerencia de Distribución y Transmisión.

Nota 3 - Cuando el interesado designe un apoderado para trámites, la carta debe especificar las facultades que otorga el poderdante.

5.- SERVICIOS EN ALTA TENSION 20/23 KV.

5.01 Escrito u oficio del interesado o su representante legal (original y dos copias), indicando lo siguiente:

5.02 Dirección, anotando calles transversales, colonia o pueblo y zona postal, municipio o delegación, entidad federativa y en caso de difícil localización del lugar, adjuntar croquis mostrando la ubicación del predio donde se requiere el servicio.

5.03 Actividad para la que se requiere el servicio; fábrica de plásticos, fundición, oficinas, centro deportivo, etc.

5.04 Nombre, teléfono y dirección del ingeniero o técnico responsable de la obra facultado para tratar los asuntos de carácter técnico relativos.

5.05 Indicar fechas de iniciación de las obras civiles, instalaciones, montaje de maquinaria, equipo y puesta en servicio.

5.06 Relación detallada de la carga indicando:

a) Lista de motores de acuerdo a su capacidad expresada en caballos de potencia y su equivalente en KW de acuerdo a la tabla de conversión anexa, clasificados en monofásicos y trifásicos.

b) Lista de lámparas clasificadas por tipo y capacidad en watts (fluorescentes, incandescentes, etc.)

c) Relación de otros aparatos fijos indicando su capacidad y número de fases según datos de placa (hornos, calentadores, soldadoras, mencionando su tipo, puntadoras, etc.)

d) Número de contactos.

5.07 Plano de la subestación propiedad del solicitante, el cual debe ser copia del aprobado o en proceso de aprobación por las autoridades correspondientes, y deberá indicar sus características técnicas y localización de ésta dentro del predio.

5.08 Si se trata de un aumento de la carga conectada, además de los datos anteriores, indicar el número de cuenta y la demanda contratada (Presentar el último recibo).

Nota 1 - Cuando el interesado designe un apoderado para trámites, la carta debe especificar las facultades que otorga el poderdante.

Nota 2 - Los servicios con demanda de 200 KW o menos, se miden en el lado de baja tensión de la Subestación por lo que deberá disponerse del espacio para los equipos de medición en baja tensión y para futuro equipo en alta tensión.

6.- SERVICIOS EN ALTA TENSION, 85 KV, PARA DEMANDAS SUPERIORES A 5000 KW.

6.01 Escrito del interesado o su representante legal (Original y tres copias) indicando lo que se especifica en los siguientes puntos:

6.02 Dirección, anotando calles transversales, colonia o pueblo, zona postal, municipio o delegación, entidad federativa y, en caso de difícil localización, adjuntar croquis mostrando la ubicación del predio donde se requiere el servicio.

6.03 Actividad de la empresa que requiere el servicio: fundición, fabricación de equipo de transporte, etc.

6.04 Nombre, teléfono y dirección del ingeniero o técnico responsable de la obra facultado para tratar los asuntos de carácter técnico relativos.

6.05 Capacidad total instalada en KW que se requiere en una etapa inicial y, en su caso, programas de ampliación que consideren incrementos de demanda y capacidad, indicando la magnitud de éstos.

6.06 Plano esc. 1:500 del predio que ocupa la planta, mostrando la

9

DEPOSITO QUE DEBEN CONSTITUIR LOS SOLICITANTES DE SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA CUANDO SE REQUIERA LA ELABORACION DE UN PRESUPUESTO (S.P.)

Todos los solicitantes de suministro de energía eléctrica (incluyendo reformas de contrato) y otros servicios que ameriten la elaboración de Presupuestos (S.P's), deberán constituir un depósito en el momento de hacer la solicitud de presupuesto, con las excepciones que se indican más adelante, en la oficina donde se formule.

TIPO DE SOLICITUD	IMPORTE DEL DEPOSITO
a) Servicios en baja tensión:	
Con carga mayor de 15 KW y hasta 40 KW	1,000.00
Más de 40 KW de carga	1,300.00
Cambio de lugar de equipos de medición de servicios de Cuentas Especiales o concentraciones de servicios ordinarios.	500.00
b) Servicios en alta tensión:	
Cambio de lugar de equipos de medición	1,500.00
Para cargas solicitadas en 13 KV (mínimo-20 KW de demanda).	2,000.00
Para cargas solicitadas en 85 KV (mínimo-3,000 KW de demanda).	45,000.00
c) En fraccionamientos particulares, se fijará un depósito unitario por lote, de (depósito total mínimo: $1,500.00)	15.00
d) Para alumbrado público en fraccionamientos particulares, se fijará un depósito unitario por lámpara, de (depósito total mínimo: $1,000.00)	20.00
e) Cambio de lugar de postes	500.00

Si el presupuesto resulta con cooperación a cargo del solicitante, la cantidad recibida como depósito se aplicará definitivamente como pago a cuenta de dicha cooperación.

Cuando el estudio del presupuesto determine que el servicio pueda darse sin ejecución de obras, o resultare sin cooperación, el depósito se devolverá al quedar conectado el servicio.

Tratándose de trabajos descritos en presupuestos que no llegan a ejecutarse, porque el solicitante cancele su solicitud o abandone su trámite por más de 6 meses después de habérsele informado el resultado, el depósito se aplicará totalmente a los gastos efectuados.

10

CASOS QUE NO REQUIEREN DEPOSITO

Servicios solicitados para dependencias gubernamentales, embajadas, molinos de nixtamal, comisariados ejidales, riego agrícola, instituciones de beneficencia pública y privada y servicios para reventa.

Cuando se haya firmado la solicitud de servicio de energía eléctrica en una Sucursal o Agencia Foránea en zonas electrificadas y no se pueda conectar por falta de líneas de baja tensión hasta el punto de entrega.

TRAMITE DE SOLICITUDES RECIBIDAS POR CORREO

En las solicitudes de presupuesto que se reciben por correo, se citará al cliente para que constituya el depósito correspondiente o se le pedirá que envíe cheque o giro postal.

ubicación de la fracción disponible para la instalación de la subestación propiedad del solicitante y el equipo de la Compañía. Dicha fracción no debe ser menor de 35 x 35 m en instalaciones intemperie, ni de 20 x 40 m en instalaciones interiores.

6.07 Si el interesado tiene servicio en el momento de su solicitud, deberá indicar el número de cuenta correspondiente y demanda contratada (Presentar el último recibo).

Nota.- Cuando el interesado designe un apoderado para trámites la carta deberá especificar las facultades que otorga el poderdante.

7.- PRESUPUESTOS MENORES.

A) Servicios con 15 KW o menos de carga conectada en zonas que requieran extensiones de líneas.

7.01 Escrito u oficio del interesado o su representante legal - (original y dos copias) indicando lo siguiente:

7.02 Dirección anotando calles transversales, colonia o pueblo, zona postal, municipio o delegación, entidad federativa y, en caso de difícil localización del lugar, adjuntar un croquis mostrando la ubicación del predio donde se desee el servicio.

7.03 Clase de servicio de que se trate (casa habitación, edificio de departamentos, taller, etc.)

7.04 Nombre, teléfono y dirección de la persona facultada por el interesado para tratar los asuntos de carácter técnico.

7.05 Fecha aproximada en que se requiere el servicio.

7.06 Relación detallada de la carga indicando:

a) Lista de motores con su capacidad expresada en caballos de potencia, clasificados en motores monofásicos y trifásicos.

b) Lista de lámparas por tipo y capacidad en watts.

c) Número de contactos

d) En edificios de departamentos deberán expresarse dichos datos referidos a cada departamento y el servicio del -

edificio (bomba, elevador, alumbrado de pasillos y escaleras, etc.).

7.07 Cuando el interesado designe un apoderado para trámites, el escrito debe especificar las facultades que otorga el poderdante.

B) Movimiento de postes por necesidades o por razones de seguridad.

7.08 Carta del interesado o de su representante legal (original y dos copias), indicando dirección, calles transversales, colonia o pueblo, municipio y estado y, en caso de difícil localización, adjuntar un croquis mostrando la ubicación - del inmueble y del poste.

C) Movimientos de equipo de medición (servicios con acometida subterránea).

7.09 Escrito u oficio del interesado o su representante legal - (original y dos copias) indicando lo siguiente:

7.10 Dirección, colonia o pueblo, zona postal, municipio o delegación, y entidad federativa.

7.11 Croquis indicando la ubicación actual del equipo de medición y el lugar al que se desea transferir.

D) Movimiento de líneas por cambios de urbanización.

7.12 Escrito u oficio del interesado (original y dos copias) indicando la ubicación precisa del tramo o tramos de línea sujetos al cambio, incluyendo calles, colonia o fraccionamiento y municipio o delegación.

7.13 Nombre, dirección y teléfono de la persona física o dependencia que hace la solicitud.

E) Movimiento de líneas que cruzan un predio de propiedad privada.

7.14 Escrito del interesado o su representante legal (original y dos copias) acompañando croquis que muestre la ubicación precisa del tramo sujeto al cambio incluyendo dirección, - colindancias, calles contiguas, colonia y municipio o delegación y entidad federativa, presentando la documentación que acredite la propiedad sobre dicho predio.

9

DEPOSITO QUE DEBEN CONSTITUIR LOS SOLICITANTES DE SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA CUANDO SE REQUIERA LA ELABORACION DE UN PRESUPUESTO (S.P.)

Todos los solicitantes de suministro de energía eléctrica (incluyendo reformas de contrato) y otros servicios que ameriten la elaboración de Presupuestos (S.P's), deberán constituir un depósito en el momento de hacer la solicitud de presupuesto, con las excepciones que se indican más adelante, en la oficina donde se formule.

TIPO DE SOLICITUD	IMPORTE DEL DEPOSITO
a) Servicios en baja tensión:	
Con carga mayor de 15 KW y hasta 40 KW	1,000.00
Más de 40 KW de carga	1,500.00
Cambio de lugar de equipos de medición de servicios de Cuentas Especiales o concentraciones de servicios ordinarios.	500.00
b) Servicios en alta tensión:	
Cambio de lugar de equipos de medición	1,500.00
Para cargas solicitadas en 13 KV (mínimo-20 KW de demanda).	2,000.00
Para cargas solicitadas en 85 KV (mínimo-3,000 KW de demanda).	45,000.00
c) En fraccionamientos particulares, se fijará un depósito unitario por lote, de (depósito total mínimo: $1,500.00)	15.00
d) Para alumbrado público en fraccionamientos particulares, se fijará un depósito unitario por lámpara, de (depósito total mínimo: $1,000.00)	10.00
e) Cambio de lugar de postes	500.00

Si el presupuesto resulta con cooperación a cargo del solicitante, la cantidad recibida como depósito se aplicará definitivamente como pago a cuenta de dicha cooperación.

Cuando el estudio del presupuesto determine que el servicio puede darse sin ejecución de obras, o resultara sin cooperación, el depósito se devolverá al quedar conectado el servicio.

Tratándose de trabajos descritos en presupuestos que no llegan a ejecutarse, porque el solicitante cancele su solicitud o abandone su trámite por más de 6 meses después de habérsele informado el resultado, el depósito se aplicará totalmente a los gastos efectuados.

10

CASOS QUE NO REQUIEREN DEPOSITO

Servicios solicitados para dependencias gubernamentales, embajadas, molinos de nixtamal, comisariados ejidales, riego agrícola, instituciones de beneficencia pública y privada y servicios para reventa.

Cuando se haya firmado la solicitud de servicio de energía eléctrica en una Sucursal o Agencia Foráneo en zonas electrificadas y no se pueda conectar por falta de líneas de baja tensión hasta el punto de entrega.

TRAMITE DE SOLICITUDES RECIBIDAS POR CORREO

En las solicitudes de presupuesto que se reciban por correo, se citará al cliente para que constituya el depósito correspondiente o se le pedirá que envíe cheque o giro postal.

A partir del 1º de enero del 76 se establece el REGIMEN DE CUOTAS para los nuevos usuarios y aquellos que modifiquen su carga conectada, bajo las siguientes

N O R M A S : 11

I.- Toda persona física o moral que contrate el servicio estará sujeto al REGIMEN DE CUOTAS.

II.- EL REGIMEN DE CUOTAS es INDEPENDIENTE de los pagos por cooperaciones, depósitos de garantía, derechos de inspección, o cualquier otro pago derivado de la prestación del servicio de energía eléctrica.

III.- Para la aplicación de las cuotas se establecen las siguientes ZONAS ECONOMICAS:

ZONA ECONOMICA NO. 1 Integrada por el Distrito Federal y los Municipios de Atizapán de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán, Ecatepec, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla, Tultitlán y Texcoco del Estado de México; los Municipios de Apodaca, Garza García, General Escobedo, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina del Estado de Nuevo León y el Municipio de Guadalajara del Estado de Jalisco.

ZONA ECONOMICA NO. 2 Integrada por los Municipios de Tlaquepaque y Zapopan, del Estado de Jalisco; los Municipios de Lerma y Toluca del Estado de México; los Municipios de Cuernavaca y Jiutepec, del Estado de Morelos; los Municipios de Cuautlancingo, Puebla y San Pedro Cholula del Estado de Puebla y el Municipio de Querétaro del Estado de Querétaro.

ZONA ECONOMICA NO. 3 Integrada por el resto del Territorio Nacional.

IV.- Las cuotas por cada Tipo de Servicio y Zona Económica se cobrarán de acuerdo con los hilos de corriente en que se proporciona el mismo para los usuarios domésticos, y la carga conectada total expresada en kilowatts para el resto de los usuarios. Las cuotas serán las siguientes:

Tarifa Número	Tipo de Servicio	Cuotas para Zona Económica NO. 1	NO. 2	NO. 3
T- 1	Servicio Doméstico			
	1 hilo de corriente	300	300	300
	2 hilos de corriente	1 200	1 200	1 200
	3 hilos de corriente	1 800	1 800	1 800
T- 1-A	Servicio Doméstico para Localidades con Clima muy Cálido			
	1 hilo de corriente	300	300	300
	2 hilos de corriente	1 200	1 200	1 200
	3 hilos de corriente	1 800	1 800	1 800
T- 2	Servicio General Hasta 40 KW de Carga Conectada	12		
	1er. KW de Carga Conectada	240	125	100
	Por cada KW adicional de Carga Conectada	400	250	125
T- 3	Servicio General para más de 40 KW de Carga Conectada			
	Por cada KW de Carga Conectada	500	350	250
T- 4	Servicio para Molinos de Nixtamal		Sin Cuota	
T- 5	Servicio para Alumbrado Público			
	Por cada KW de Carga Conectada	1 000	1 000	1 000
T- 6	Servicio para Bombeo de Aguas Potables y Negras			
	Por cada KW de Carga Conectada	500	500	500
T- 7	Servicio Temporal		Sin Cuota	
T- 8	Servicio General en Alta Tensión			
	Por cada KW de Carga Conectada	750	300	150
T- 9	Servicio de Bombeo de Agua para Riego Agrícola		Sin Cuota	
T-10	Servicio en Alta Tensión para Reventa		Sin Cuota	
T-11	Servicio en Alta Tensión para Minas			
	Por cada KW de Carga Conecta	150	150	150
T-12	Servicio General para 5 000 KW ó más de Demanda Contratada a Tensiones de 66 KV ó Superiores			
	Por cada KW de Carga Conectada	750	300	150

13

CARTA PODER

_____ de _____ de 19__.

COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A., (en liquidación)
P r e s e n t e .

Por la presente, _____ al Sr. _____ _____, poder amplio, cumplido y bastante, para que a _____ nombre y representación gestione y efectúe los trámites correspondientes para la solicitud de servicio de energía eléctrica en _____ _____, bajo el entendido de que los pagos que realice estarán debidamente amparados por el correspondiente recibo de esa Compañía.

Suyo Afmo. S.S.
OTORGANTE

Nombre: _____
Razón Social:

ACEPTO EL PODER

_____

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SUMINISTROS DE ENERGIA ELECTRICA II

CIA. DE LUZ Y FZA. DEL CENTRO, S.A.

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2985

COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S. A.

GERENCIA DE DISTRIBUCION Y TRANSMISION

REDES SUBTERRANEAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

ING. J. YEDRA

ING. R. ESPINOSA

JULIO 1978

CONTENIDO

1.- REDES SUBTERRANEAS EN ZONAS DE ALTA DENSIDAD DE CARGA.

1.1.- Introducción.

Las redes subterráneas han visto favorecida su implantación en las zonas urbanas de alta densidad de carga debido a las ventajas que presentan ante las redes aéreas. Las principales ventajas son la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al paisaje. Naturalmente, esta ventaja en la confiabilidad y en la estética involucra un incremento en el costo de las instalaciones y en la especialización del personal encargado de construir y operar este tipo de redes.

Los principales factores que se deben analizar al implantar una red subterránea son: Densidad de carga, costo de instalación, grado de confiabilidad, facilidad de operación y seguridad. Todos estos factores son importantes y la solución final del tipo de red se ve altamente influenciada por la experiencia que se tiene en equipos, materiales y especialización del personal.

De acuerdo a las estructuras, las redes subterráneas se pueden clasificar de la siguiente forma:

1- Red Mallada.

2- Red mallada limitada

3- Red en anillo abierto de operación radial

4- Red con alimentadores selectivos.

5- Red en derivación doble

6- Red en derivación múltiple.

Posteriormente, en este mismo capítulo, se describen las principales características de estas redes.

Las redes subterráneas se han visto afectadas por las innovaciones tecnológicas que se producen en el campo de la Ingeniería. Estos cambios han modificado desde los materiales y equipos, hasta las técnicas de diseño, operación y expansión de las Redes, provocando así que los técnicos relacionados con ellas, se mantengan en constante preparación para asimilar los cambios que se producen en este campo.

Cualquier Ingeniero Electricista que tiene la oportunidad de trabajar en este campo, inmediatamente advierte la importancia que presentan estas instalaciones y la invaluable experiencia profesional que adquiere al especializarse en este área de su profesión.

1.2.- Red Mallada.

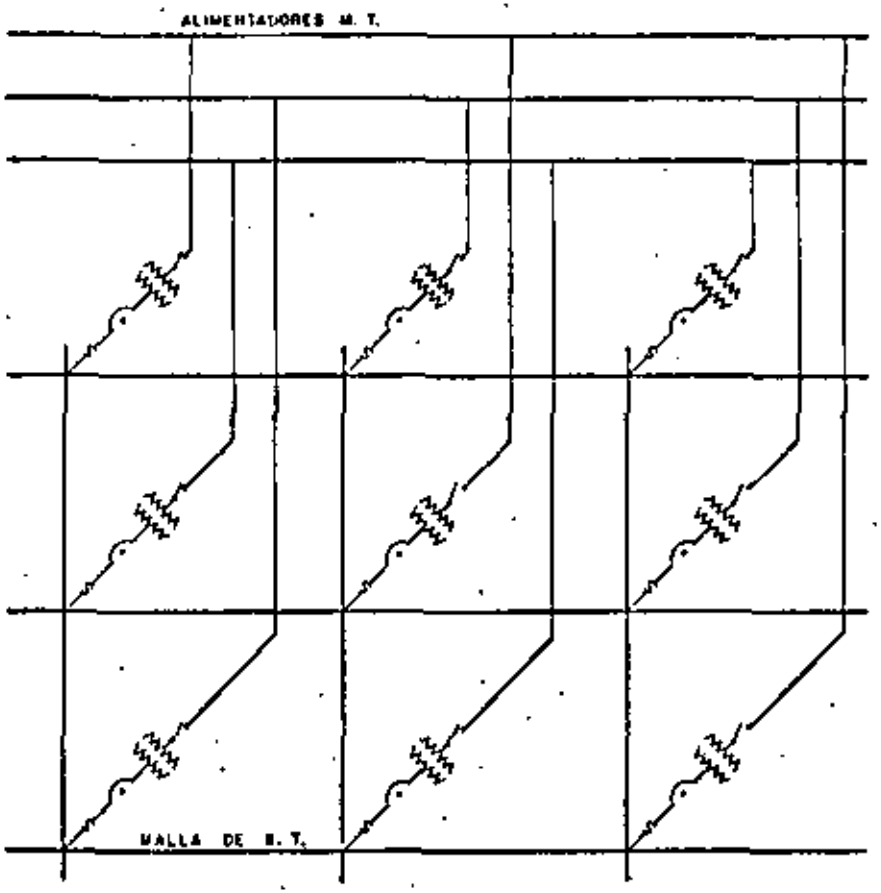
Esta red también se le conoce como Red Automática, debido a que dispone de un dispositivo automático de protección (pro

tector de red), empleado por la característica de diseño inherente para este tipo de redes. Esta red está constituida por cables troncales que salen de una fuente de alimentación (Subestación de potencia) y cables ramales que alimentan en forma alternada las subestaciones de distribución. Ver Figura No. 1.1.

Las derivaciones a las subestaciones de distribución se efectuan con elementos de derivación instalados en la — troncal. En esta estructura no se realizan interconexiones entre las troncales de los diferentes alimentadores - que forman la red de mediana tensión, ya que la red de baja tensión se construye solidamente conectada.

La protección de cada alimentador la proporciona el interruptor localizado en la subestación de potencia y los protectores asociados a las subestaciones MT-BT. Estas subestaciones se conectan directamente a los alimentadores de mediana tensión sin ningún medio de protección.

En condiciones de falla en un alimentador de mediana tensión, al operar la protección en la subestación de potencia, todas las subestaciones MT-BT conectadas a este alimentador quedan fuera de servicio, además los protectores



SIMBOLOGIA

Transformador

Protector de Red

Cable B. T.

RED EN MALLA SOLIDAMENTE CONECTADA.

C. L. F. C. | FIG. N° 1.1.

de red desconectan las subestaciones MT-BT del lado de - B.T. Bajo esta situación los alimentadores y las subestaciones restantes alimentan la totalidad de la carga - aprovechando la interconexión de los alimentadores de - baja tensión.

Cuando ocurre una falla en la red de baja tensión, ésta - es alimentada por todas las subestaciones MT-BT, provocándose una corriente de corto circuito suficiente para evaporar en ese lugar el conductor de cobre de los cables, - trozándose el cable en una reducida longitud y en un corto tiempo, quedando así aislada la falla sin provocar interrupciones, a menos que la falla sea directamente en la acometida de un servicio.

Esta red es recomendable para zonas que requieren de una - alta continuidad de servicio y cuya densidad de carga exceda 20 MVA/Km^2. Su mayor aplicación es en zonas que presentan cargas con demandas uniformes que pueden ser alimentadas en baja tensión desde una red mallada sólidamente - conectada o limitada.

1.3.- Red Mallada Limitada.

Esta es una variante de la red automática sólidamente conectada, en esta tipo de red la eliminación de fallas se

realiza por la operación de fusibles de alta capacidad interruptiva (conocidos como limitadores). La Figura 1.2 - muestra de manera esquemática una red mallada limitada.

Desde el punto de vista de confiabilidad, la diferencia - fundamental entre la red mallada sólidamente conectada y la red mallada limitada, es que en el caso de la primera el nivel de continuidad desciende hasta los servicios y - en el segundo caso la continuidad sólo llega al nivel del cable. Es decir, en el caso de una falla que afecta un cable secundario, cuando se trata de la primera red, los servicios conectados al cable no sufren interrupción y - en el caso de una red limitada, el tramo de cable afectado por la falla se desenergiza al fundirse los limitadores conectados en los extremos del cable.

1.4.- Red en anillo abierto.

Este tipo de red está constituído por cables subtroncales dispuestos en forma de anillo, el anillo se puede alimentar desde una o más fuentes, mediante cables troncales. Dentro del anillo las subestaciones MT-BT, preferentemente se conectan en seccionamiento. Ver Figura 1.3.

Las redes en anillo operan normalmente abiertas en un pun

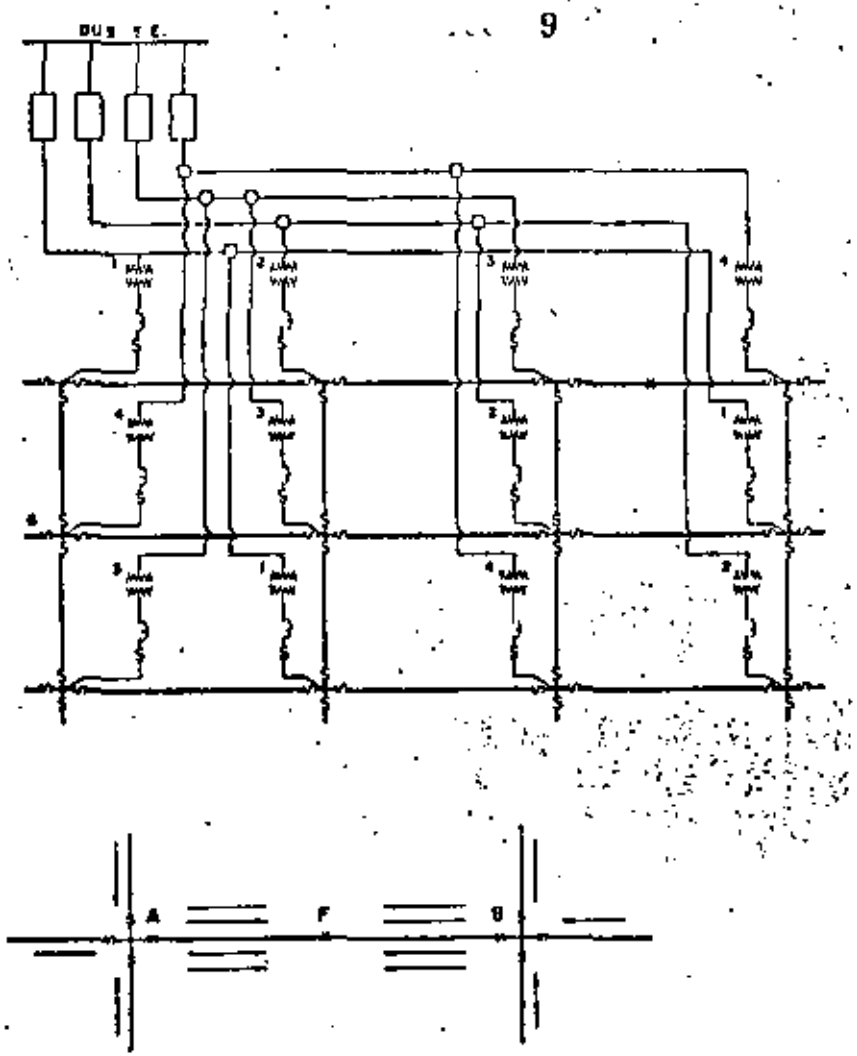


Fig. 1b.- Flujo de corriente a la falla en "F" y fusión de los limitadores en A y B

RED AUTOMATICA LIMITADA

C. L. F. C. | FIG. N°1.2.

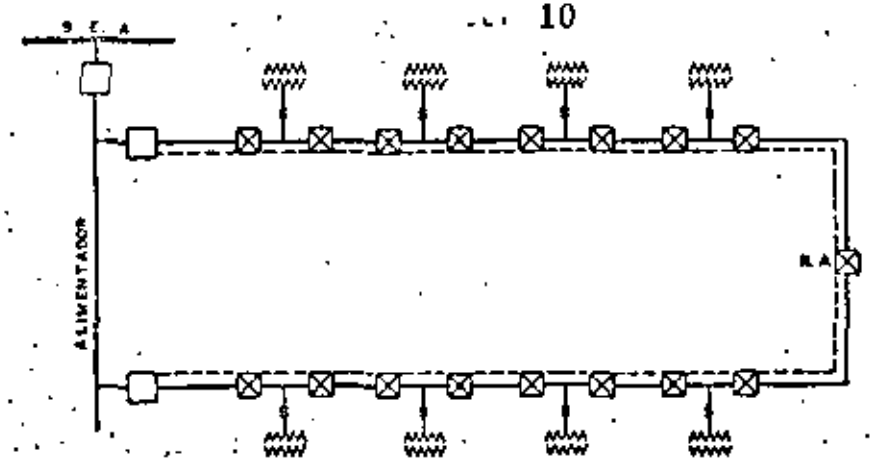


Fig. 2a.- Red en anillo con una fuente de alimentación

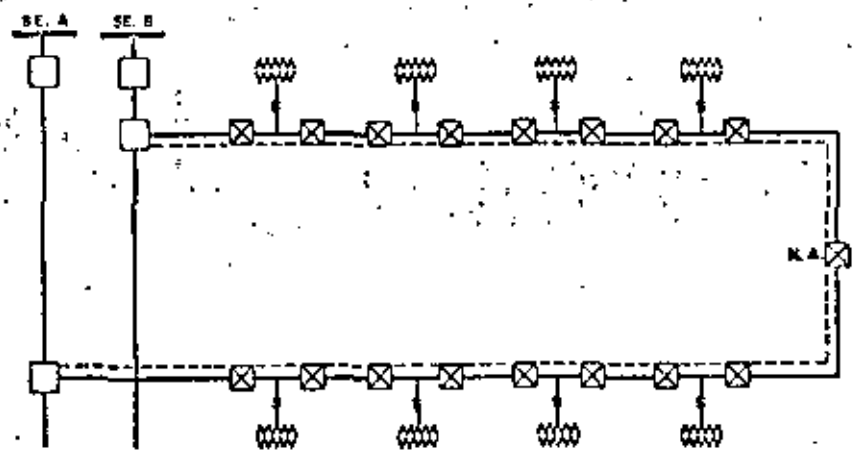


Fig. 2b.- Red en anillo con dos fuentes de alimentación

RED EN ANILLO ABIERTO

C. L. F. C. | FIG. N°1.3

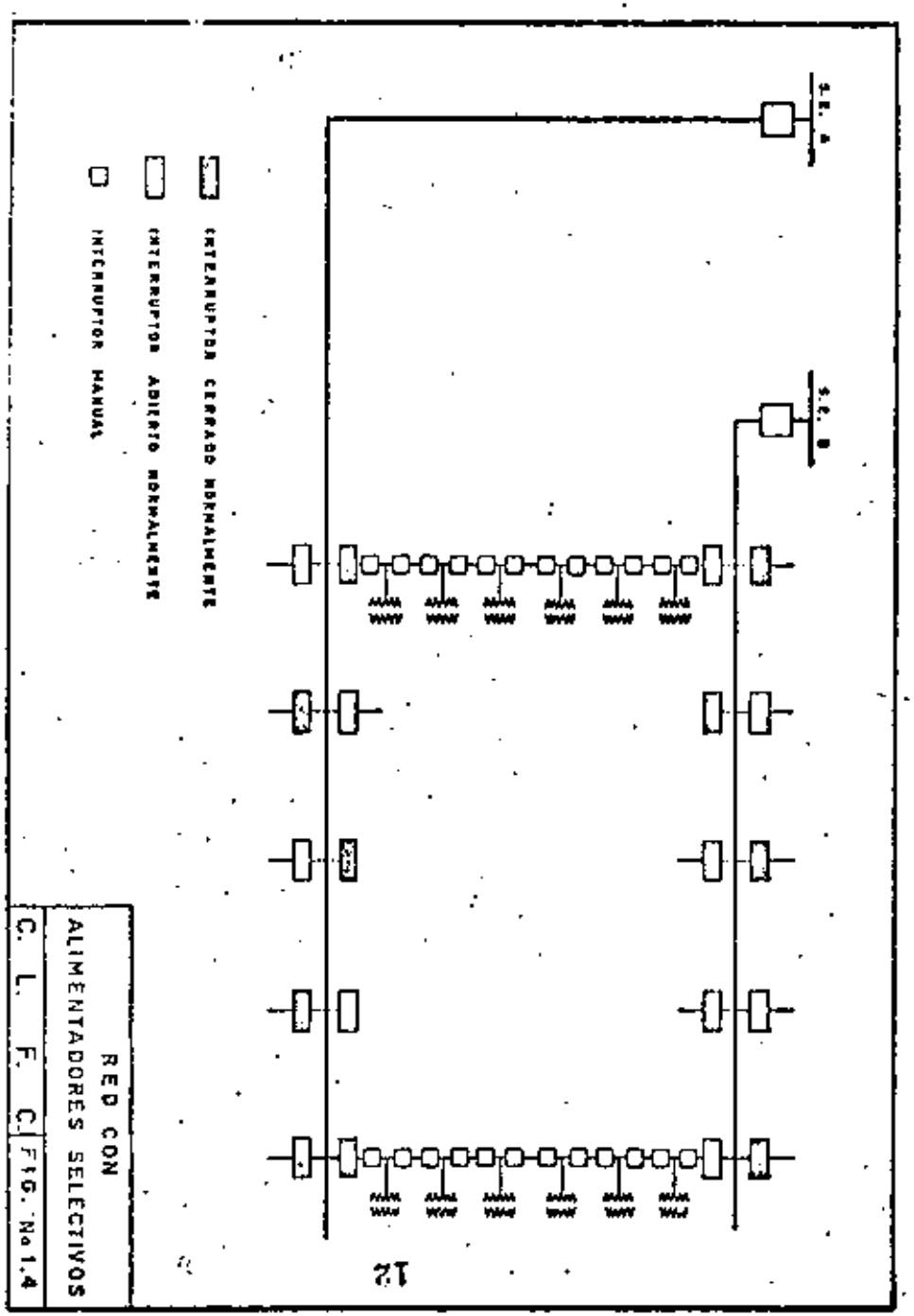
to, que generalmente es el punto medio, razón por la cual se las conoce como redes en anillo abierto. Al ocurrir una falla dentro de un anillo, se secciona el tramo fallado para proceder a la reparación, siguiendo una serie de maniobras con los elementos de desconexión instalados a lo largo de la subtroncal.

Este tipo de red es ampliamente empleado en zonas en las que el aumento de la carga es nulo o muy pequeño, de tal forma que se pueda absorber facilmente con la estructura inicial y no es necesario llevar a cabo trabajos para modificar la estructura de la red. Como ejemplos de estos casos se tiene las electrificaciones a conjuntos habitacionales con servicios bien planeados.

1.5.- Red con alimentadores selectivos.

Esta red se constituye por cables troncales que llegan hasta la zona por alimentar y cables ramales de menor sección, que van de una troncal a otra enlazándolas siguiendo el principio de la doble alimentación. Las subestaciones MT-BT se reparten entre parejas de alimentadores quedando conectadas en seccionamiento. Ver figura 1.4.

La protección de esta red consiste de: interruptores instalados en la subestación de potencia a la salida de cada ali



RED CON ALIMENTADORES SELECTIVOS

C. L. F. C. Fig. No 1.4

mentador y cortacircuitos fusible para proteger las subestaciones MT-BT. También es posible dotar de interruptores en los puntos de derivación de los subtroncales, aún cuando su aplicación debe estar respaldada por un estudio técnico-económico que los justifique.

En condiciones normales de operación, las subestaciones MT-BT son alimentadas de las subtroncales con un punto normalmente abierto en la subtroncal. Cuando ocurre una falla en la subtroncal o en la troncal, los dispositivos de seccionamiento permiten efectuar los movimientos de carga, transfiriendo las subestaciones MT/BT al alimentador adyacente.

Esta red se recomienda para zonas donde las construcciones existentes están siendo substituídas por edificaciones que representan fuertes concentraciones de carga y requieren de un alto grado de confiabilidad.

1.6.- Red en derivación doble.

En esta red la disposición de los cables troncales se hace por pares, instalándose en forma paralela a lo largo de la carga. Las troncales son de sección constante y de menor calibre las derivaciones, que en general vienen a constituir las acometidas.

Cada una de las troncales es la encargada de llevar la energía desde una fuente de alimentación hasta los servicios. La alimentación a los servicios se realiza por acometidas dobles las que llegan generalmente a un dispositivo de transferencia automática de donde se deriva la alimentación a las instalaciones del cliente. Ver figura 1.5.

La protección a las troncales se realiza por medio de interruptores localizados en la subestación de potencia al principio de cada alimentador, la protección a los ramales por medio de corta-circuitos fusibles.

La operación se puede efectuar en dos formas diferentes: Primero, haciendo trabajar el circuito emergente sin carga y la segunda es haciéndolo trabajar con la mitad de la carga. La primera tiene la desventaja que mientras un circuito trabaja al mínimo (pues solamente está energizado) el otro está trabajando al máximo de su capacidad, mientras que en la segunda opción los dos circuitos trabajan en iguales condiciones.

Dentro de las normas de diseño que caracterizan a este tipo de redes, se tienen las dos siguientes, que son muy importantes:

1.- El equipo de transferencia debe tener un mecanismo que impida la puesta en paralelo de los dos alimentadores.

2.- Para obtener una mejor confiabilidad de servicio, es conveniente instalar los circuitos en rutas diferentes.

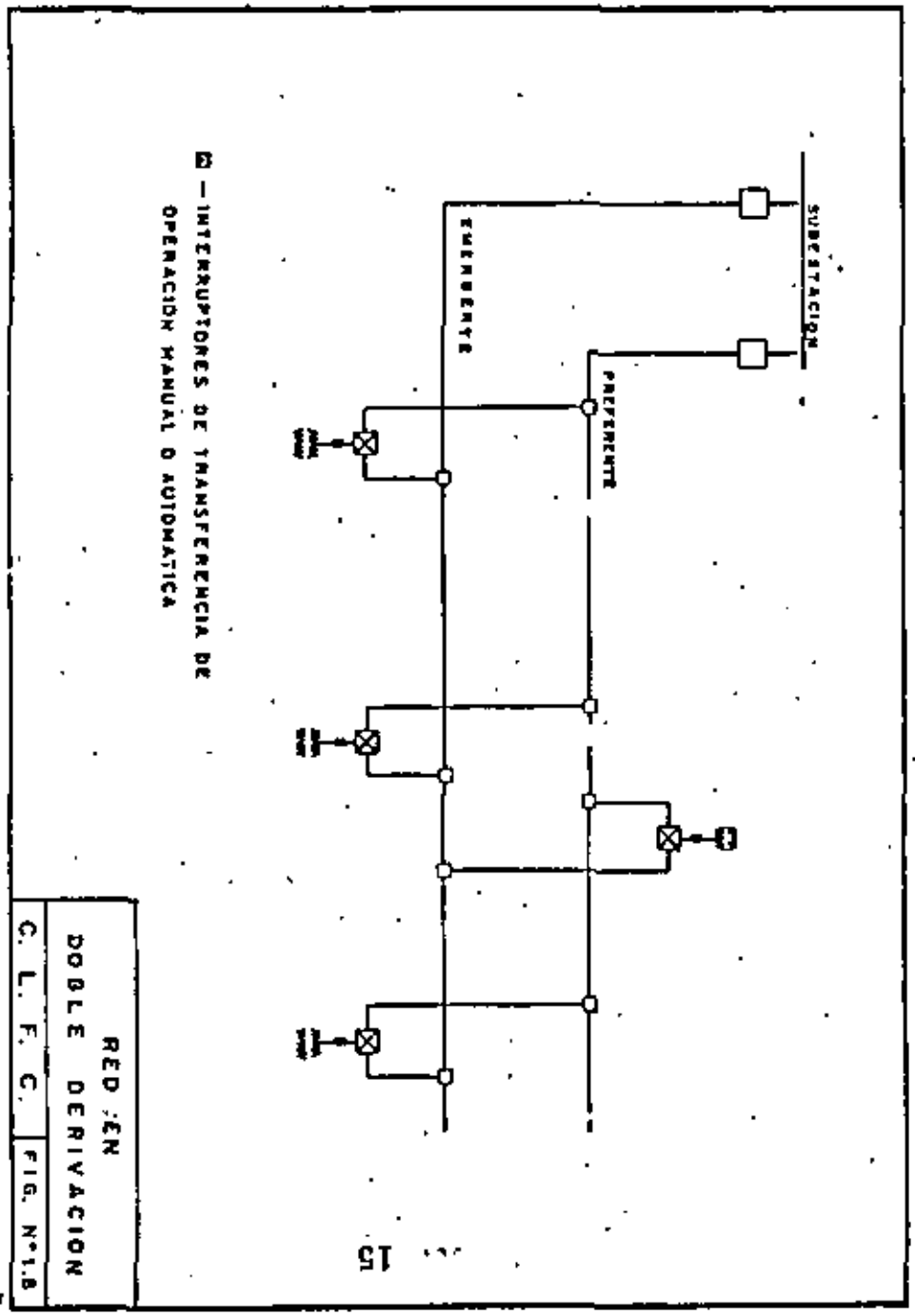
La implantación de esta red es recomienda para zonas turísticas y comerciales de configuración extendida, donde existen grandes concentraciones de carga que tienen necesidad de asegurar una elevada continuidad.

1.7 Red en Derivación Múltiple.

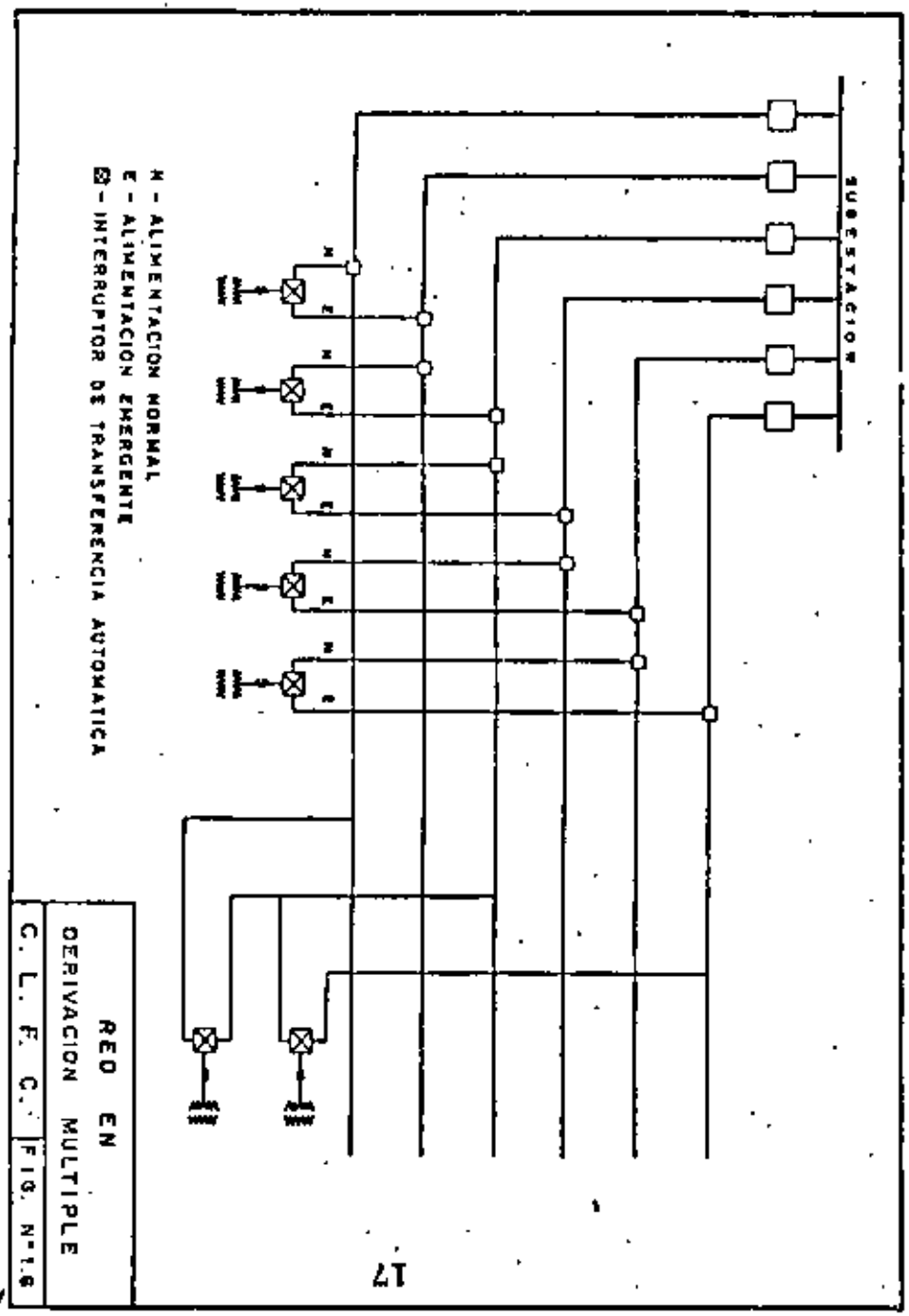
Esta red se constituye por un número determinado de alimentadores que contribuyen simultáneamente a la alimentación de la carga. En realidad estas redes son una extensión de las redes en derivación doble, ya que siguen el mismo principio, solamente que este tipo de red permite alimentar una área mayor, debido al mayor número de alimentadores.

Esta red se debe diseñar dejando un margen de capacidad de reserva en los alimentadores de mediana tensión, de tal manera que al quedar fuera de servicio uno de ellos, la carga se reparte a los restantes, por medio de la transferencia automática. Ver figura 1.6.

Estas redes tienen aplicación en zonas que presentan cargas concentradas muy fuertes, en las que es necesario pro-



porcionar una alta continuidad a los servicios, tienen — además la ventaja que permiten alimentar servicios en media tensión y en baja tensión simultáneamente.



2.- ALIMENTACION AL SERVICIO DEL CLIENTE.

2.1.- Generalidades.

La alimentación al servicio del cliente, es el punto de conexión entre el sistema de distribución de la Compañía suministradora y la red de distribución del cliente. La manera en que se realiza la alimentación a un cliente, está intimamente ligada con el tipo de red instalado en la zona, la tensión de alimentación al cliente y la magnitud y tipo de carga solicitada. Todo esto influenciado por el equilibrio que existe entre la inversión necesaria para llevar a cabo estas instalaciones y los beneficios futuros que se tengan, factores que marcan la pauta a seguir para tomar la decisión final.

Uno de los mayores objetivos que se persiguen al dar un servicio, es proporcionar la mayor continuidad de suministro al cliente, esto es función de varios factores:

1.- Confiabilidad del sistema de Potencia y del Sistema de Distribución de la Compañía Suministradora.

2.- Tipo de alimentación al cliente.

3.- Instalaciones de emergencia.

Razón por la que la continuidad de servicio es el resultado de la planeación que realizan las empresas de suministro de energía y las previsiones que tome el mismo cliente.

En este capítulo se describen las diferentes técnicas que se siguen al proporcionar el suministro de energía eléctrica a los consumidores y las características más sobresalientes a cada una de ellas.

2.2.- Acometida sencilla.

Esta forma de alimentación es la más simple y empleada dado a su sencillez y costo. Se puede realizar en Baja o Mediana Tensión de acuerdo con las necesidades del cliente; la gran mayoría de las acometidas que realizan las Compañías suministradoras, son de este tipo. Cuando las cargas requieren de una mayor continuidad de servicio, es práctica común proporcionar acometida doble al servicio.

2.3.- Acometida doble.

Esta forma de alimentación, generalmente, se proporciona en mediana tensión a aquellos clientes cuyo suministro de energía requieren de un mayor grado de confiabilidad. El tipo de Redes Subterráneas más adecuadas, por su diseño, para proporcionar esta alimentación son las Redes de Derivación Doble y en Derivación Múltiple, en éstas la acome-

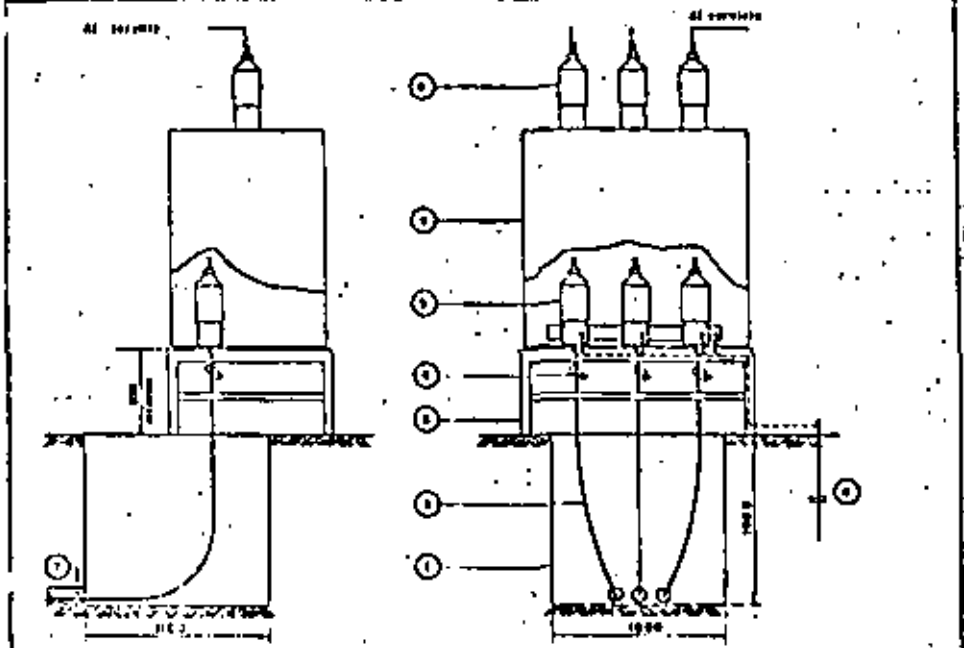
tida converge a un dispositivo de transferencia automática para realizar el cambio de alimentación ante fallas del alimentador preferente. Cuando se trata de Redes Aéreas, la doble acometida se realiza desde dos alimentadores diferentes, en los que los circuitos de la acometida, al igual que en las redes subterráneas, convergen a un interruptor de transferencia automática.

Los interruptores de transferencia automática empleados son los del tipo en aceite, aún cuando actualmente los interruptores en vacío ganan más aceptación por su menor volumen y facilidad de instalación. Esta aceptación se verá más favorecida en la medida que su costo se acerque más a los del tipo en aceite.

2.4.- Medición de energía.

La medición de energía eléctrica es la última operación que realiza la Compañía suministradora del servicio, antes de hacer la entrega de la energía al cliente. Esta se realiza en las instalaciones del cliente y requiere de un espacio para instalar el equipo de medición.

El equipo de medición se puede reducir a un conjunto de watthorímetros o a un equipo diseñado para efectuar mediciones en alta tensión, esto depende de la magnitud de la



MATERIAL:

Ref.	Nombre	Norma
1	Registro de 110 x 100 x 100 cm.	
2	Cable de mediana tensión.	
3	Estructura para soportar equipo de medición.	
4	Placa identificadora del cable MT.	
5	Terminal MT.	
6	Equipo de medición MT.	
7	Ductor de asbesto cemento de 76.2 mm. de diámetro.	
8	Electrodo de tierra. (copperweld de 15.9x3048 mm.).	

APLICACION:

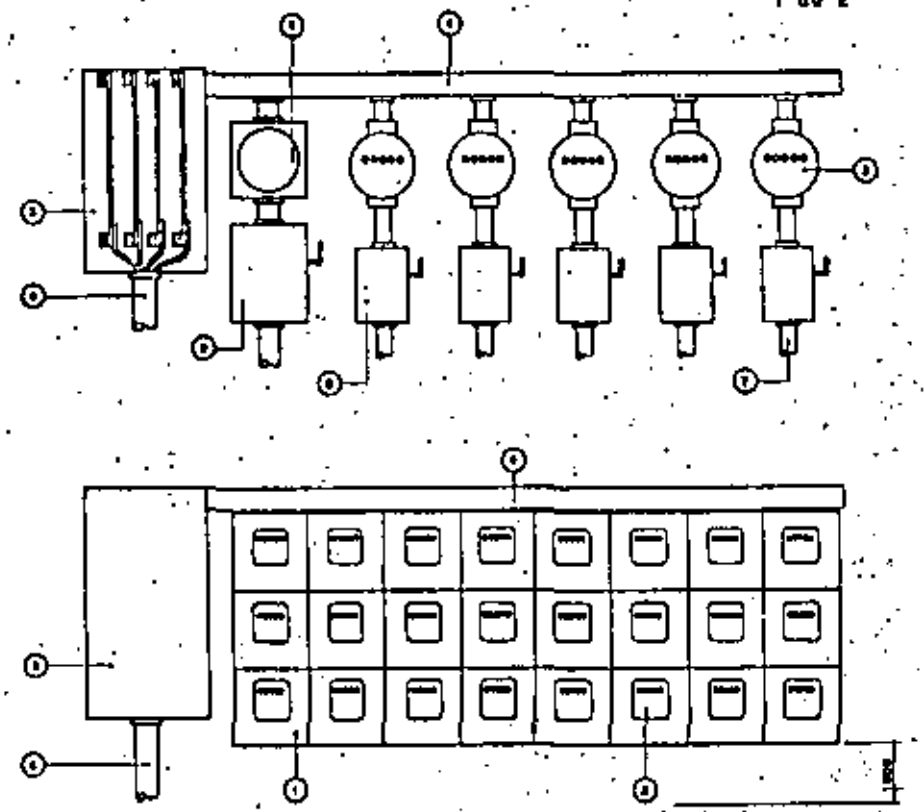
Alimentar en Mediana Tensión subestación particular.

CLAVE DEL DIBUJO:

MT = Mediana Tensión.
EM = Equipo de Medición.

FIGURA Nº 2.1

1 de 2



MATERIAL: (Ver 2 de 2)

APLICACION:

Medición de servicios concentrados monofásicos y/o trifásicos en Zonas de Distribución Residencial o Comercial Subterránea.

CLAVE DEL NOMBRE:

1 = Opción No. 1

FIGURA N° 2.2

MATERIAL: 2 de 2

Ref.	Nombre	Norma
1	Base para watthorímetro.	
2	Watthorímetro monofásico.	
3	Gabinete conteniendo barras de cobre.	
4	Electroducto de lámina.	
5	Interruptor de fusibles.	
6	Ducto para acometida a la concentración.	
7	Ducto de alimentación al consumidor.	
8	Watthorímetro polifásico.	
9	Interruptor tripolar.	

FIGURA N° 2.2
(CONTINUACION)

carga y de la tensión de entrega de la energía. En las figuras 2.1, 2.2 y 2.3 se muestran ejemplos de acometidas y mediciones a diferentes tipos de servicios.

2.8.- Locales para subestaciones en interior de edificios.

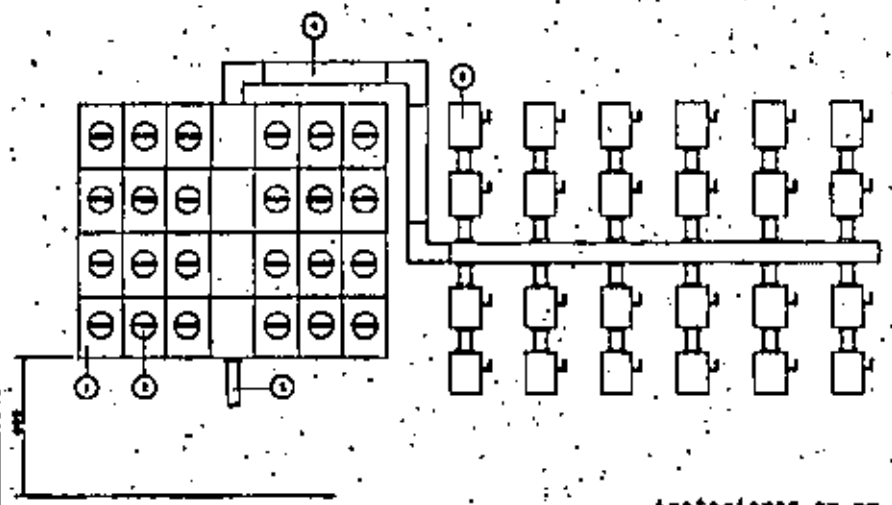
Cuando es necesario instalar una subestación en interior de edificios, el local proporcionado por el cliente debe ser lo suficientemente amplio, de tal forma que la construcción y operación de la subestación se realice sin problemas de espacio, además que las vías de acceso permitan el libre paso de equipo eléctrico, para operaciones de mantenimiento y reemplazo del equipo.

El local debe ser construido con materiales resistentes e incombustibles, exento de humedad y protegido contra filtraciones de líquido, con la ventilación adecuada, siendo necesario que el local sea construido a prueba de explosiones. Los muros del local deben ser de un espesor tal que permita fijar las estructuras y accesorios que soporten el equipo y cables de energía. Las mismas condiciones debe llenar los techos. Por lo que se refiere a los pisos, éstos deben de ser capaces de soportar el peso del equipo eléctrico. Estas y otras consideraciones se deben de tomar en cuenta al proyectar las subestaciones en interior de edificios.

En las figuras 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9 se muestran el-

CONCENTRACION DE MEDIDORES - 2 25

NORMAS



Acotaciones en cm.

MATERIAL:

Ref.	Nombre	Norma
1	Base para Watthorímetro.	
2	Watthorímetro monofásico	
3	Ducto para acometida a la concentración.	
4	Electroducto de lámina.	
5	Interruptor con fusibles.	

APLICACION:

Alimentar servicios concentrados, monofásicos y/o trifásicos, en zonas de Distribución Residencial o Comercial Subterránea.

CLAVE DEL NOMBRE:

2 = Opción No. 2.

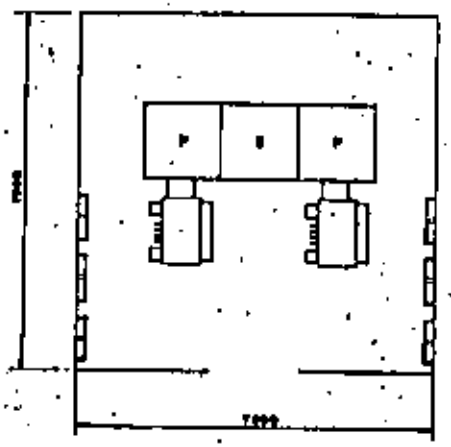
FIGURA N° 2.3

76 10 31 Rev.

SEI-RAD 23 BT- 2x750 S2P 27

NORMAS L y F

DISTRIBUCION DE EQUIPO



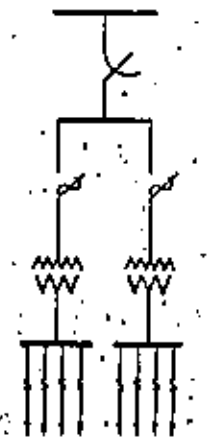
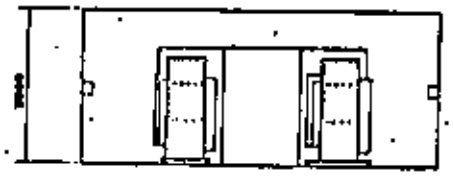


DIAGRAMA UNIFILAR



Esc. 1:100

Acotaciones en mm.

APLICACION : En el interior de edificios, localizados en zonas de red aérea o subterránea de tipo radial, con derivación simple o seccionador y protecciones individuales en gabinete, para transformadores sin seccionadores acoplados, alimentará servicios en B.T. del propio edificio y exteriores.

FIGURA 2.4

SEI-RAD-23 BT— 1x750 TRANSFE 28

NORMAS L y F

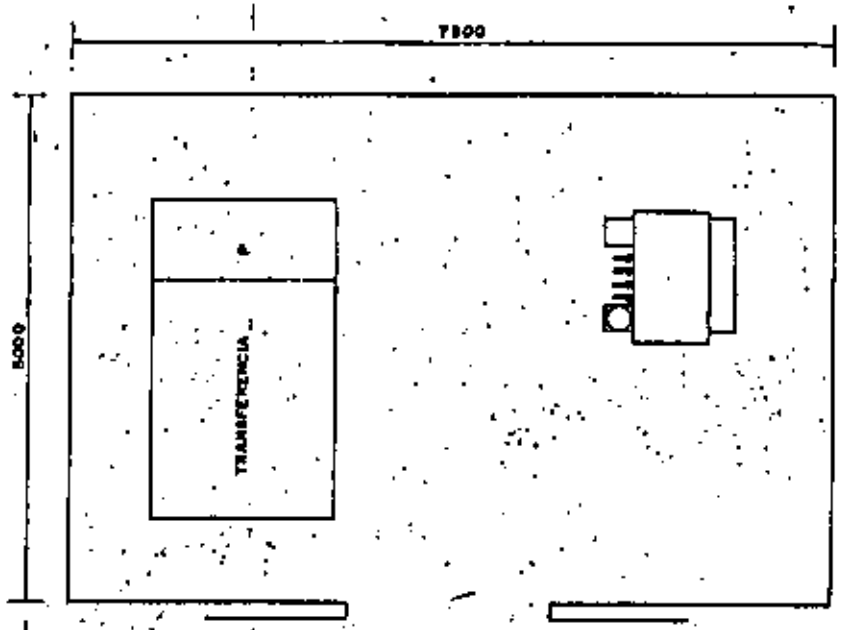


DIAGRAMA UNIFILAR

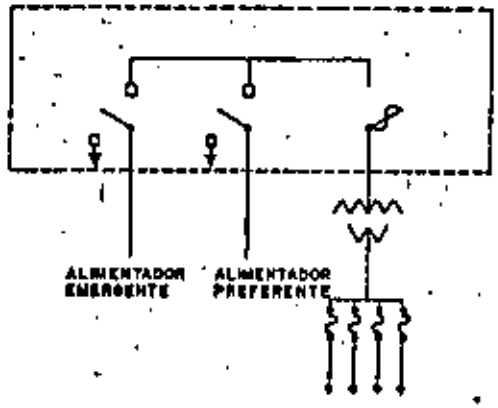
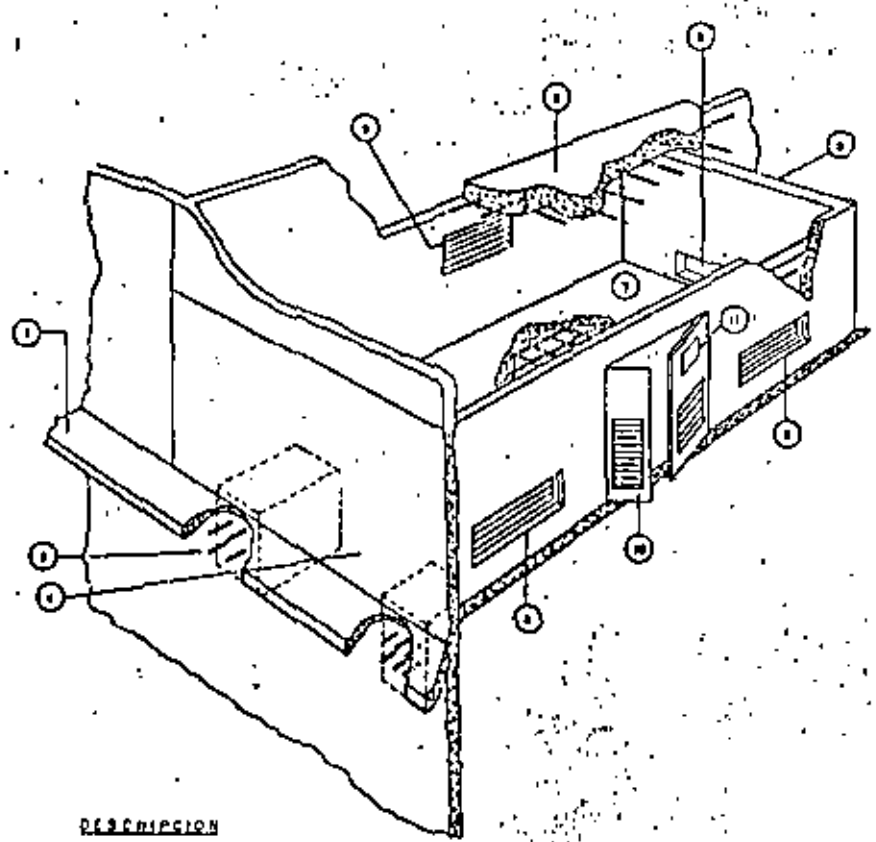


FIGURA 2.5

ALTERNATIVA I LOCAL EN INTERIOR

31

NORMAS L y F



DESCRIPCION

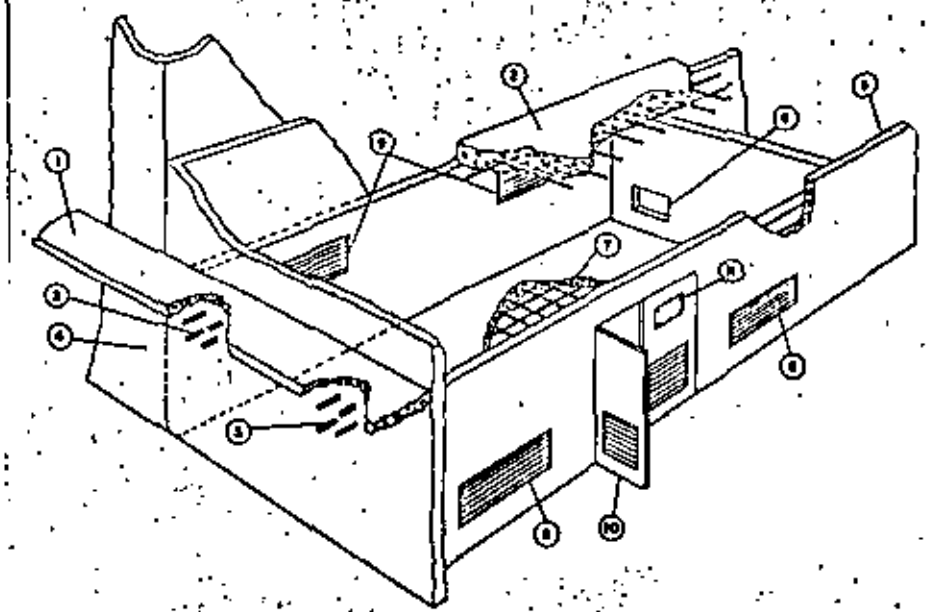
1 BANQUETA
2 LOSA SUPERIOR DE CONCRETO
3 DUCTOS
4 MURO DEL PARAMENTO EXTERIOR
5 MURO DE CONCRETO ARMADO
6 VENTANA DE PASO
7 LOSA INFERIOR DE CONCRETO ARMADO
8 VENTANA INFERIOR
9 VENTANA SUPERIOR
10 PUERTA DE ACCESO AL LOCAL
11 PLACA CON LETRERO (PELIGRO L y F)

FIGURA 2.8

ALTERNATIVA 2 LOCAL EN INTERIOR

32

NORMAS L y F



DESCRIPCION

1 BANQUETA
2 LOSA SUPERIOR DE CONCRETO
3 DUCTOS
4 MURO DEL PARAMENTO EXTERIOR
5 MURO DE CONCRETO ARMADO
6 VENTANA DE PASO
7 LOSA INFERIOR DE CONCRETO ARMADO
8 VENTANA INFERIOR
9 VENTANA SUPERIOR
10 PUERTA DE ACCESO AL LOCAL
11 PLACA CON LETRERO (PELIGRO L y F)

FIGURA 2.9

gunos locales normalizados de acuerdo con diferentes dispo-

ños de las subestaciones en interior.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

INSTALACIONES ESPECIALES

ING. PABLO ZAPIAIN LECHUGA

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

Ing. Pablo Zapiain Lechuga.

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 necesidades presentes y futuras para todos los tipos de instalación que pueden intervenir, a fin de no incurrir en duplicidades u omisiones.

En muchos casos el estudio integral de necesidades, puede mostrar que es posible resolver conjuntamente las instalaciones de teléfonos e intercomunicación ya que ambos en esencia son para intercomunicación, y se diferencian solamente en que las primeras, tradicionalmente se han conceptuado como instalaciones para comunicación externa al edificio o unidad física y las segundas como instalaciones 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 interconectar sistemas de intercomunicación interna con electroacústicos para voceo, 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 integramente para cada caso específico y que en un futuro próximo deberemos tratar con sistemas centralizados y posiblemente computarizados.

En nuestro medio aún existe una gran resistencia a estas soluciones integrales, debido a la intervención casi obligada de diversas empresas proveedoras, constructoras, y operadoras de los sitemas que por razones de conveniencia o limitación técnica no facilitan las soluciones y entorpecen con normas rígidas la posibilidad de mejores soluciones. 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).

		COMUNICACIONES				ALARMAS		
AREA	Sup. M2.	Ext.	Inter.	Sonido	CCTV	Robo	Incend.	Observ.
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 trayectorías 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 ductería, 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 sí 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 construye en calibre 24 AWG (0.51 mm) en 150, 200 y 300 pares.

EKO — 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 soportarlo en líneas aereas. Se construye en calibre 26 AWG de 10 a 100 pares, en calibre 24 de 10 a 50 pares y en calibre 22 de 10 a 50 pares.

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

La instalación de cables telefónicos debe hacerse con gran cuidado, evitando fricciones y tensiones excesivas que pueden deteriorar 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 algun 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 preveerse canales o interruptores para manejarlos independientemente.

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

Cuando en cierta área se requieren ambos servicios, es importante decidir si el voceo se superpondrá a la música de fondo - a un nivel mayor, o si al efectuar llamadas, deberá cortarse la música de fondo para dar mayor inteligibilidad a las palabras, en este último caso se requerirá un dispositivo automático de corte, actuado mediante el botón operador del micrófono de voceo.

La práctica usual en un sistema comercial con más de 10 bocinas, (por decir una cifra) es distribuir la salida de audio, mediante el sistema de voltaje constante, (70 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 ohms) y esto simplifica - enormemente los alambrados.

No obstante siempre es posible que un transformador o un ramal de la línea pueda sufrir un "corto circuito", esto conduciría a que gran parte de la energía de salida del amplificador, se perdería y el volúmen 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 suceptibles 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 m3
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

$$N60 = \frac{F}{1.16\ D} \quad y \quad N30 = \frac{F}{0.54\ D}$$

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°, 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:

$$Pt = 0.8\ D$$

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° en ángulo horizontal y 40° 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 transmite 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:

$$Rp = \frac{NpZ}{4}$$

En que:

Rp = Resistencia del potenciómetro en ohms.
Np = 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 estan 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, tendrían que usarse amplificadores para compensar las pérdidas en la señal.

Pueden tenerse sistemas complejos con varias cámaras y receptores, 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 especialista y de ella habrán de derivarse las preparaciones que deben dejarse en el edificio, canalizaciones, sistemas eléctricos de control, apoyos, tierras, protecciones, cabinas de control etc.

SEÑALIZACION E INFORMACION

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

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

Aeropuertos: Requieren el mismo servicio citado, mas 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 integral 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 anormalia y eventualmente poner en servicio dispositivos o sistemas que la supriman.

Para lograrlo, existen un sinúmero de elementos detectores de esa anomalia 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 travez 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.

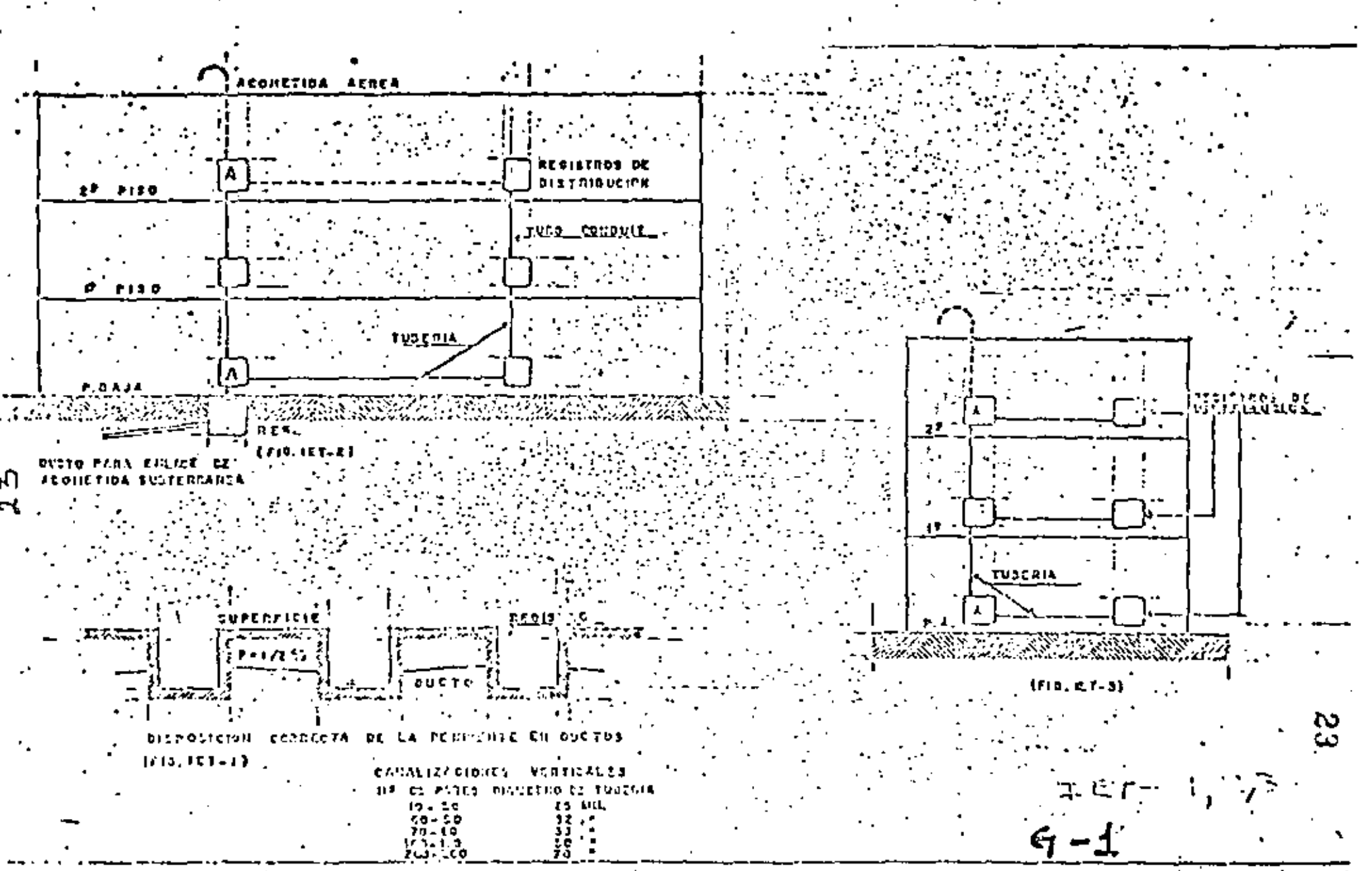
Los dispositivos detectores más usuales son:

Contra Robo:

- Electromécanicos 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:

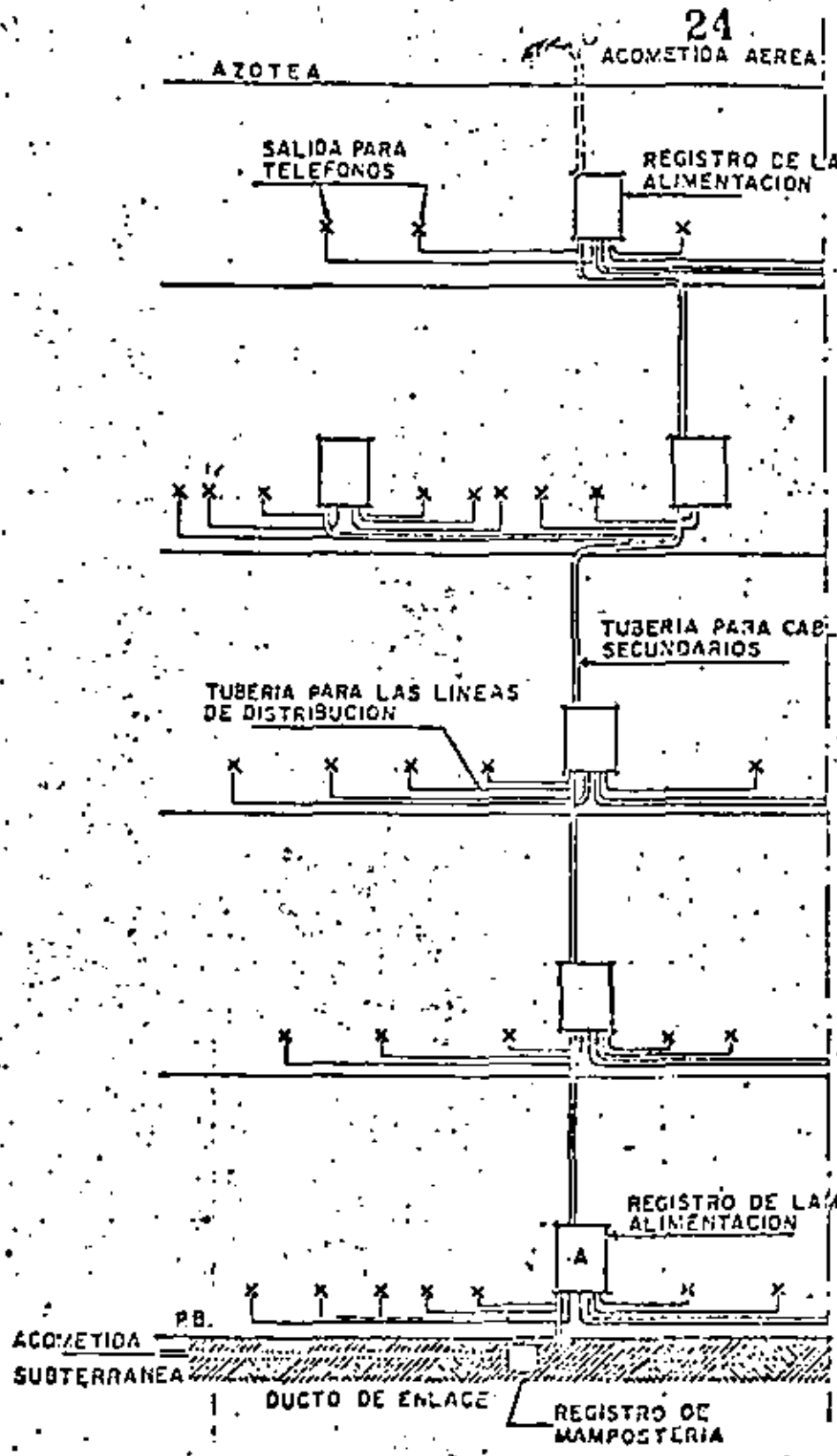
- Manuales: Por operador
- Térmicos, que perciben variaciones de temperatura.
- Por ionización, que perciben los productos de la combustión.



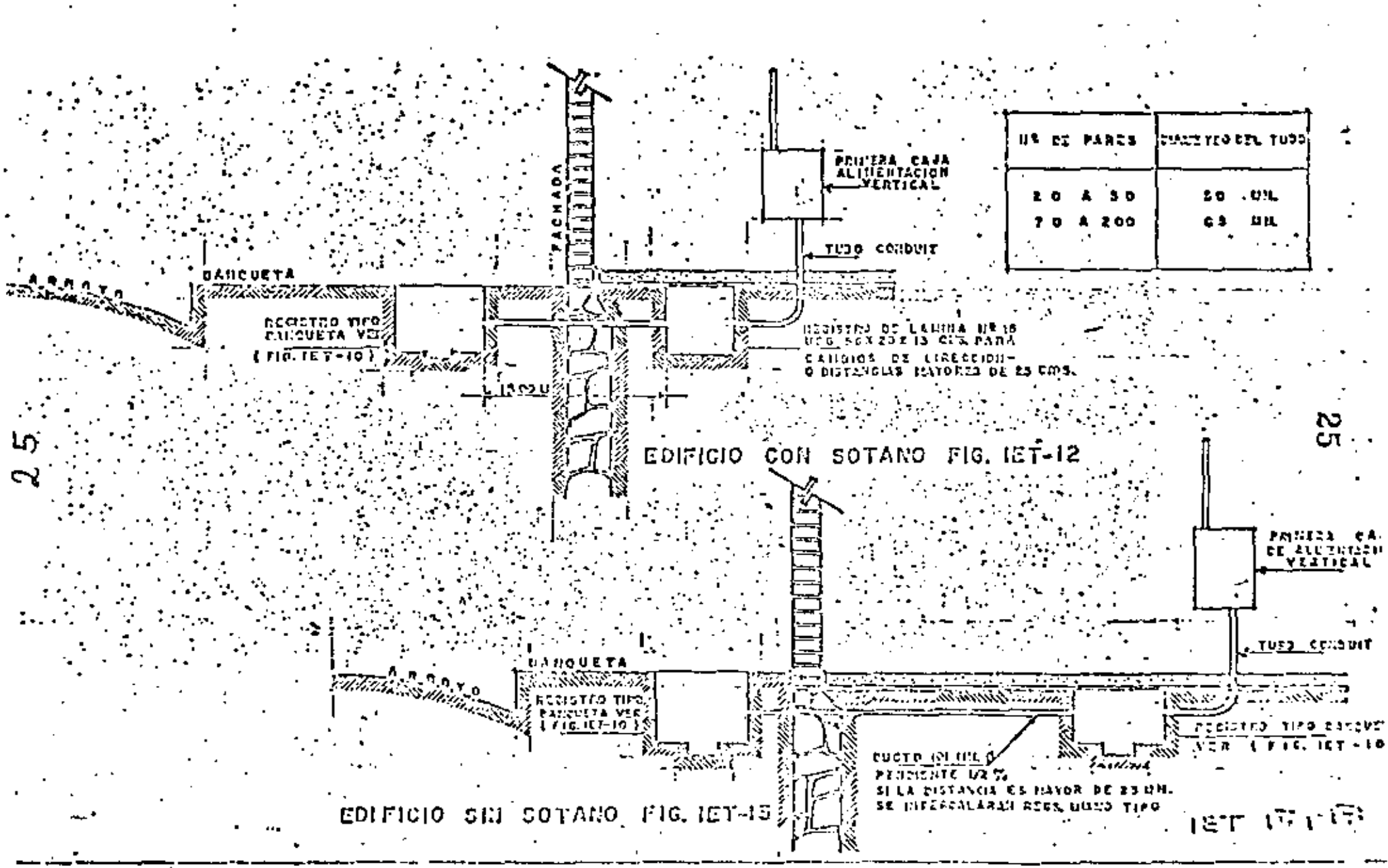
ICT-1,2

G-1

TUBERIA Y REGISTROS PARA CABLES SECUNDARIOS - DIFERENTES FORMAS DE INSTALACION


AZOTEA
ACOMETIDA AEREA
SALIDA PARA TELEFONOS
REGISTRO DE LAMINA ALIMENTACION
TUBERIA PARA CABLES SECUNDARIOS
TUBERIA PARA LAS LINEAS DE DISTRIBUCION
REGISTRO DE LAMINA ALIMENTACION
A
P.B.
ACOMETIDA SUBTERRANEA
DUCTO DE ENLACE
REGISTRO DE MAMPOSTERIA

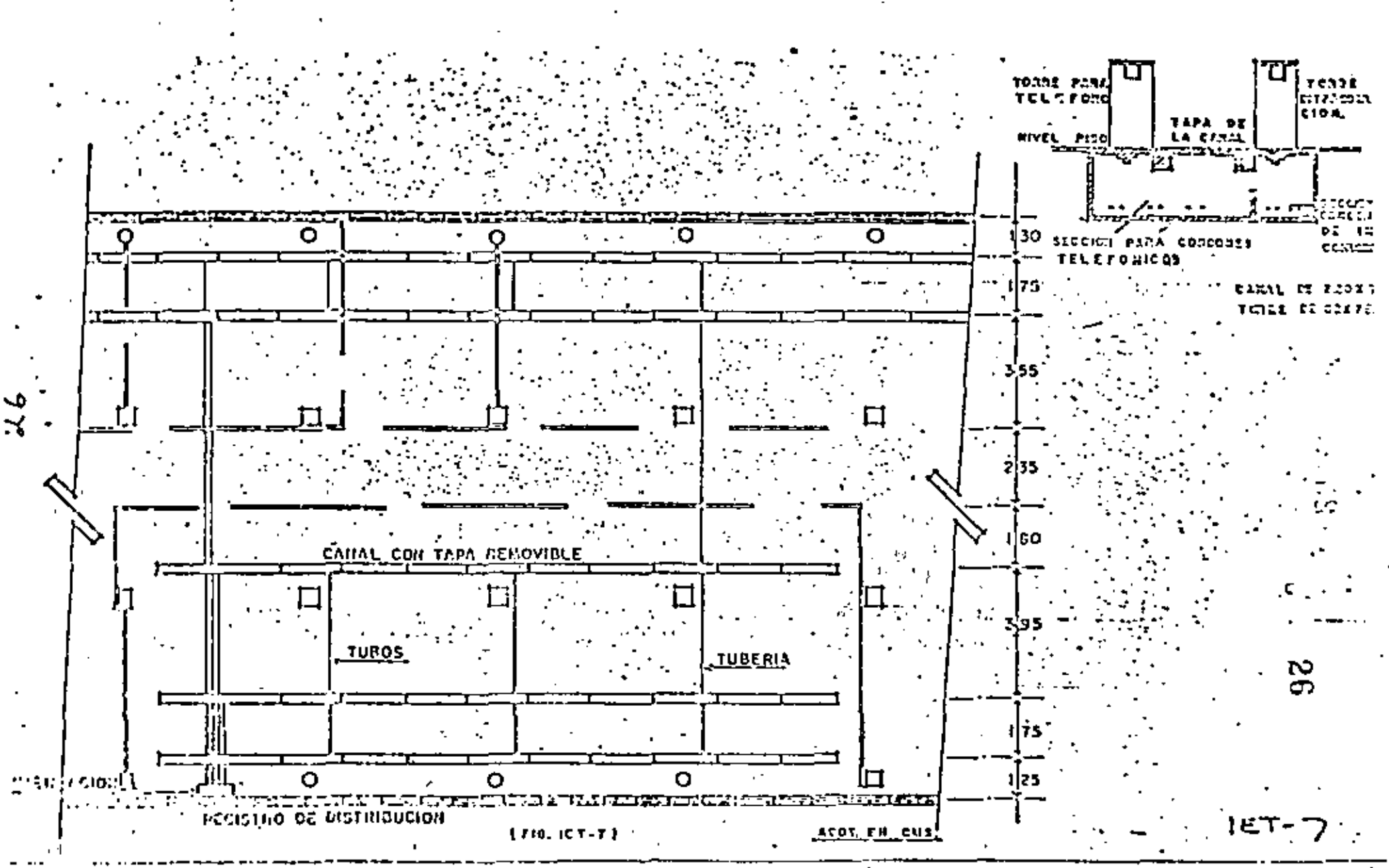
(FIG. IET-6)



NR DE PARES	DIAMETRO DEL TUBO
20 A 50	50 MM
70 A 200	63 MM

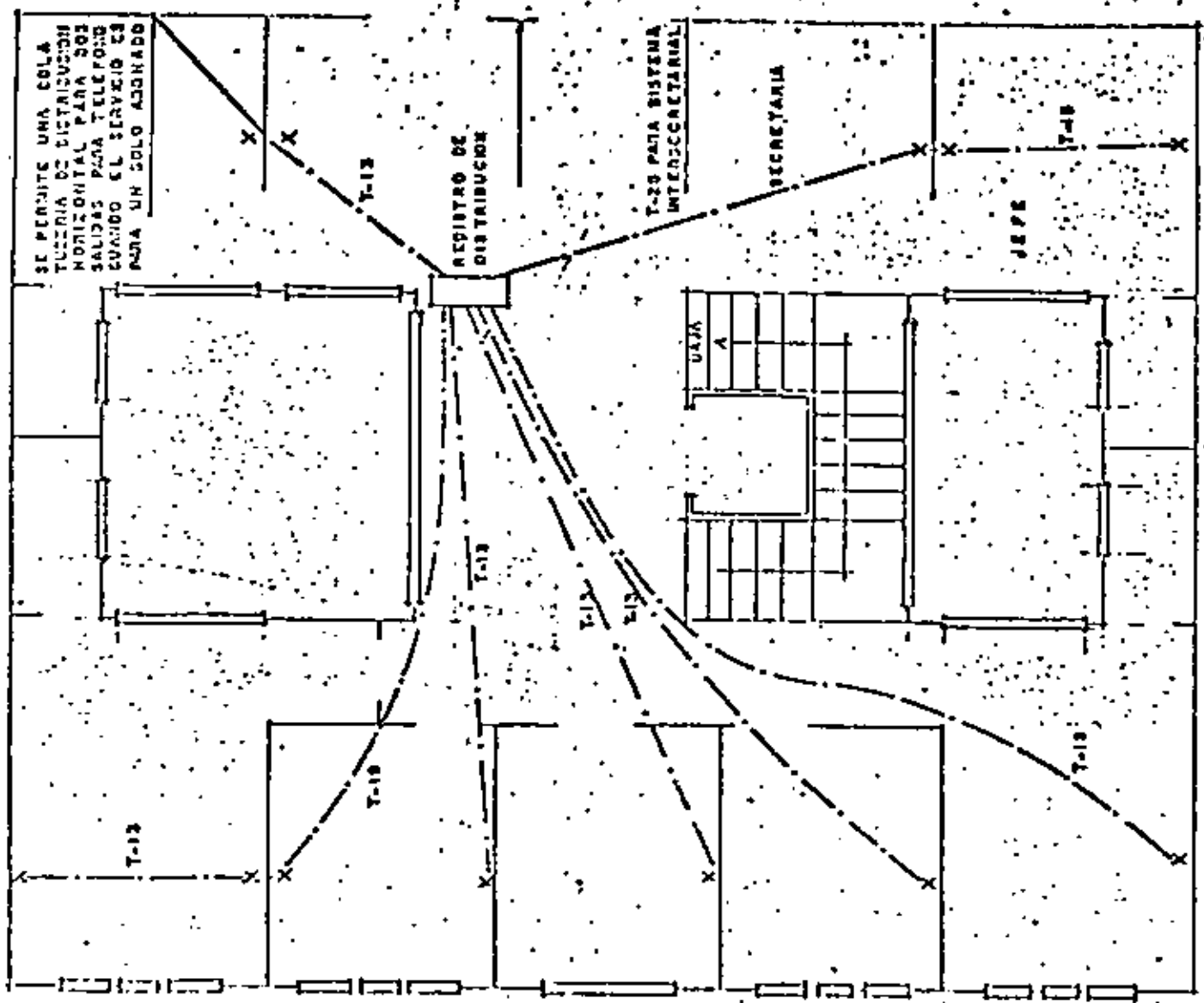
DETALLE DE ACOMETIDA TELEFONICA

G-3



SISTEMAS DE CANALES PARA DISTRIBUCION HORIZONTAL

G-4

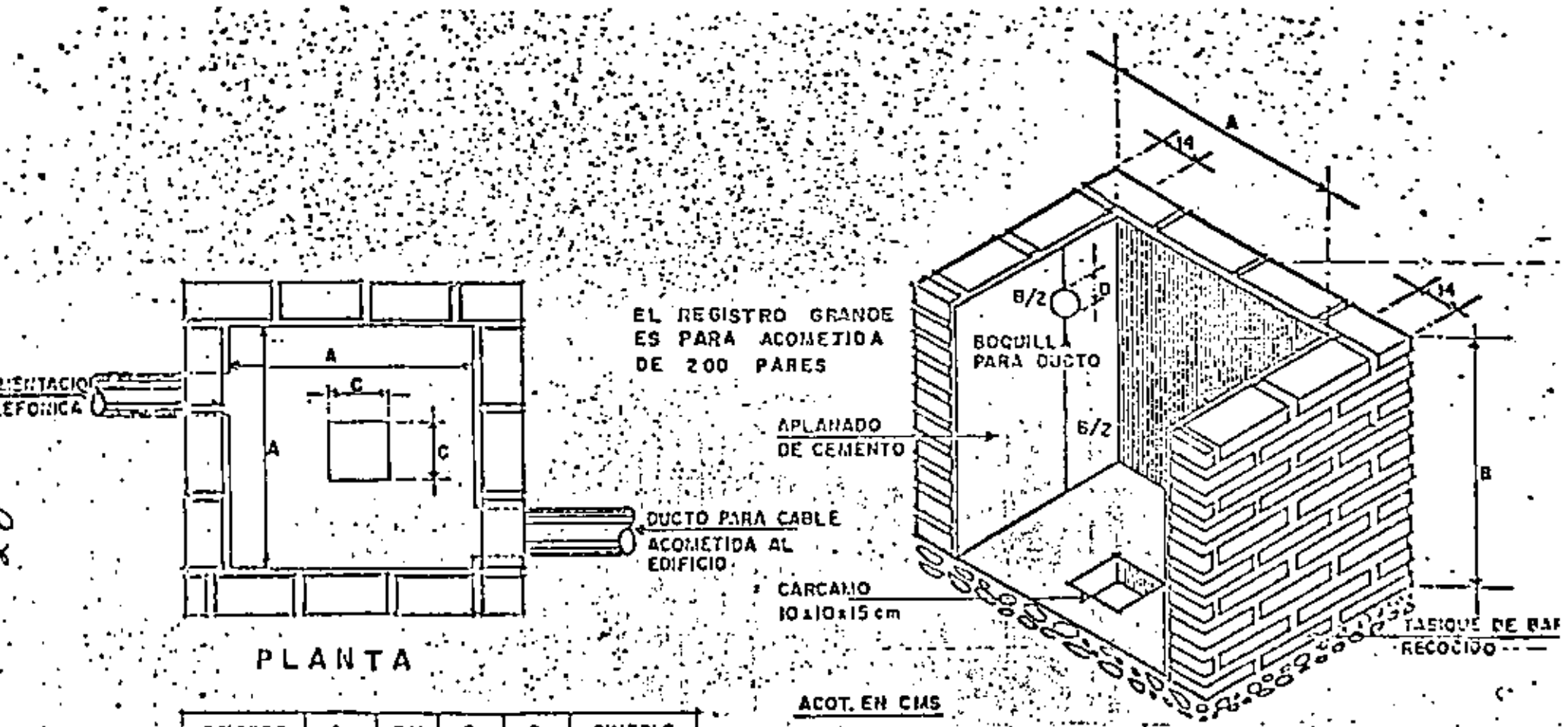


27

22

ICT. 5

TUBERIA PARA LINEAS DE DISTRIBUCION HORIZONTAL EN UNA SOLA PLANTA G-5



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

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

USARAN TAPAS INDICADAS EN FIG. IET-11

NOTA.- SE CONSTRUIRA A UNA DISTANCIA DE 50 CMS. DEL PARAMENTO EXTERIOR DE LA CONSTRUCCION

28

IET-10

DETALLE DE REGISTRO DE MAMPOSTERIA (DE BANQUETA) G-6

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.

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

Registro de lámina galvanizada No. 16USG de 28 x 28 x 13 cm. con fondo de madera 1.5 cm.

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. de 55 x 28 x 13 cm. con fondo de madera 1.5 cm.

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. 56x 56 x 13 cm. con fondo de madera 1.5 cm.

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. de 70 x 55 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (100 pares).

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. 100 x 70 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (400 pares)

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. 150 x 70 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (600 pares)

Registro de lámina galvanizada No. 16 SG. de 80 x 70 x 22 cm. con fondo de madera 1.5 cm. (300 pares)

TD 100P Salida para teléfono directo en muro piso.

TE mop	Salida para teléfono extensión de conmutador en piso o muro		Rectificador de corriente.
TS 1 mop	Salida para teléfono directo secretarial piloto en piso o muro.		Banco de baterías.
TS 2 mop	Salida para teléfono directo secretarial superéitado en piso o muro.		
TE mop	Salida para teléfono de extensión en piso o muro.		
TP m	Salida para teléfono público en muro,		
TCA	Conmutador automático telefónico tipo (x) y (y) extensiones.		

FIG. 19 - CODIGO DE COLORES PARA IDENTIFICACION DE LOS GRUPOS
(EN PARES DEL 1 AL 300)

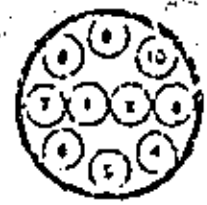
CANTIDAD DE LOS PARES EN EL GRUPO		NUMERO DEL GRUPO	COLORES DE LOS HILOS QUE IDENTIFICAN AL GRUPO
1	10	1	AZUL
11	20	2	AMARILLO
21	30	3	ROJO
31	40	4	VERDE
41	50	5	NARANJA
51	60	6	BLANCO — AZUL
61	70	7	BLANCO — AMARILLO
71	80	8	BLANCO — ROJO
81	90	9	BLANCO — VERDE
91	100	10	BLANCO — NARANJA
101	110	11	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

20 PARES
2 GRUPOS DE 10

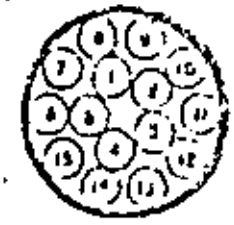
30 PARES
3 GRUPOS DE 10

50 PARES
5 GRUPOS DE 10

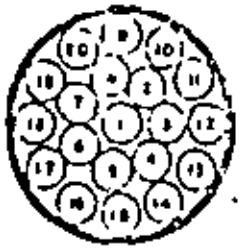
70 PARES
7 GRUPOS DE 10



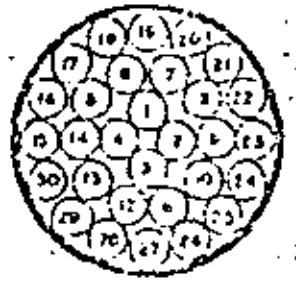
100 PARES
10 GRUPOS DE 10



150 PARES
15 GRUPOS DE 10



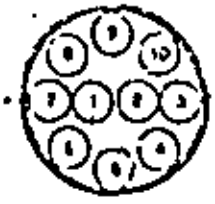
200 PARES
20 GRUPOS DE 10

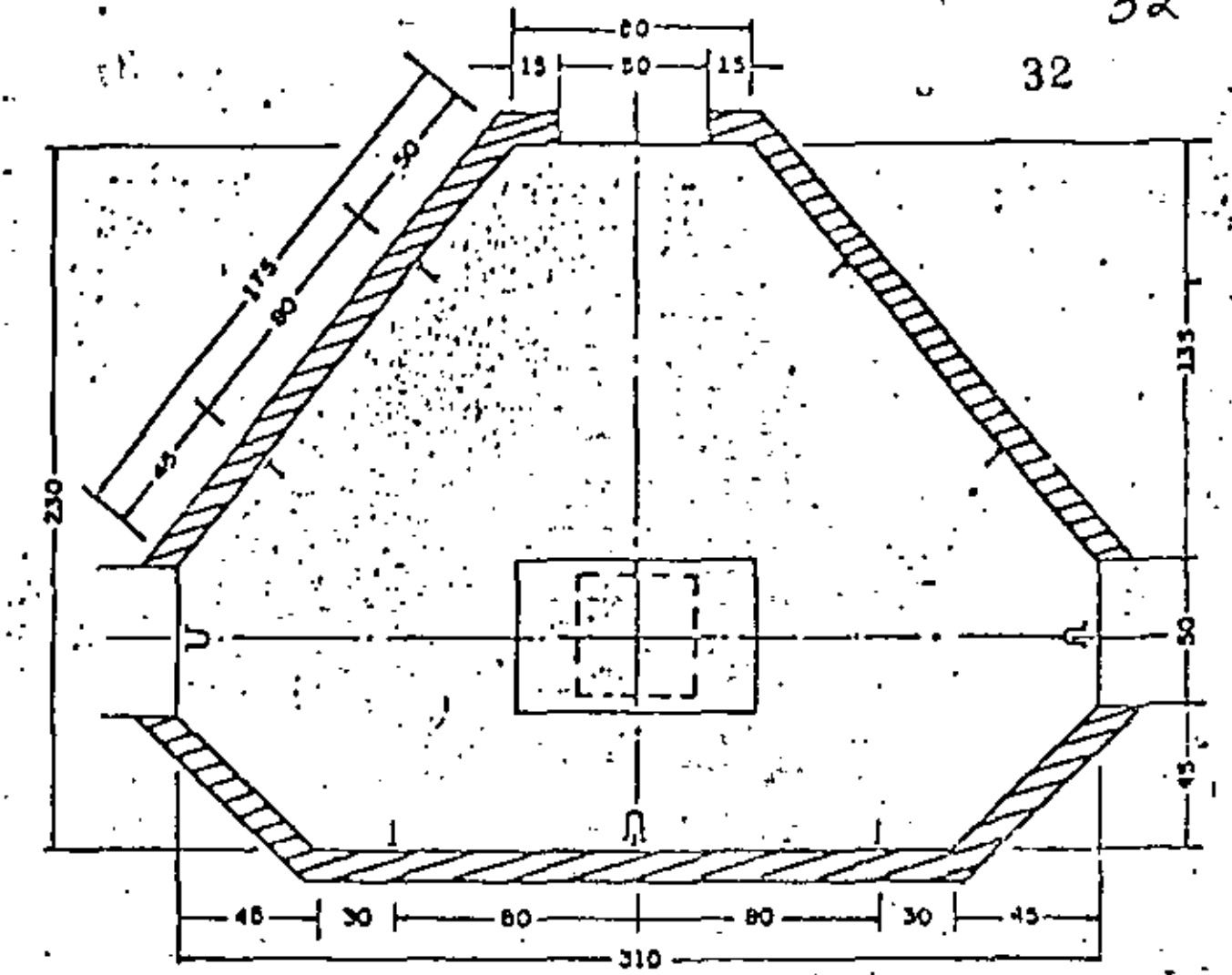


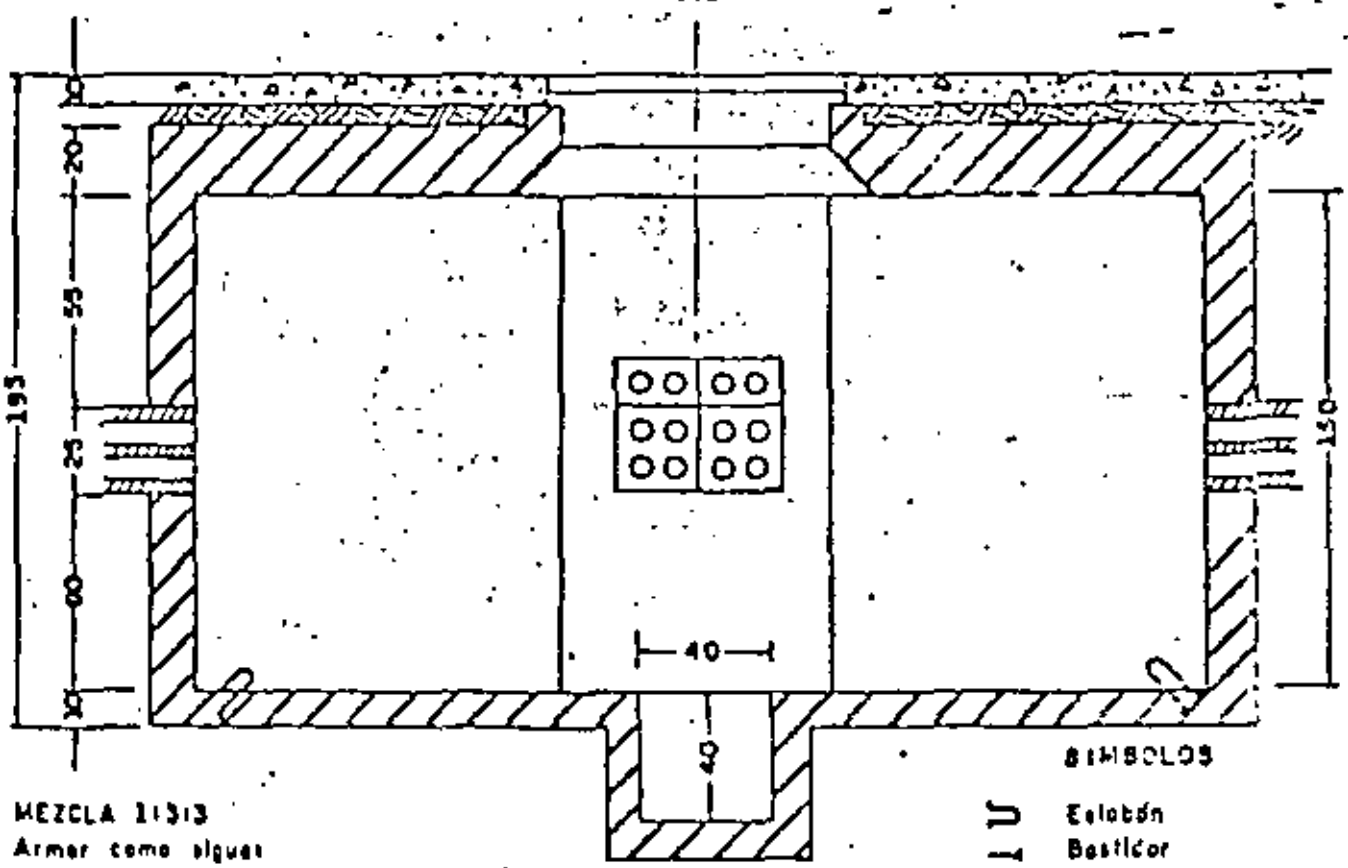
300 PARES
30 GRUPOS DE 10

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

PAR	COLORES DEL AISLAMIENTO QUE IDENTIFICAN AL PAR DENTRO DEL GRUPO		
1	BLANCO	+	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







MEZCLA 1:3:3
Armar como sigue:
Bóveda 10 x 10 cm. con varilla 1.27 cm.
Paredes 20 x 20 cm. con varilla 1.27 cm.
Piso 20 x 20 cm. con varilla 1.27 cm.

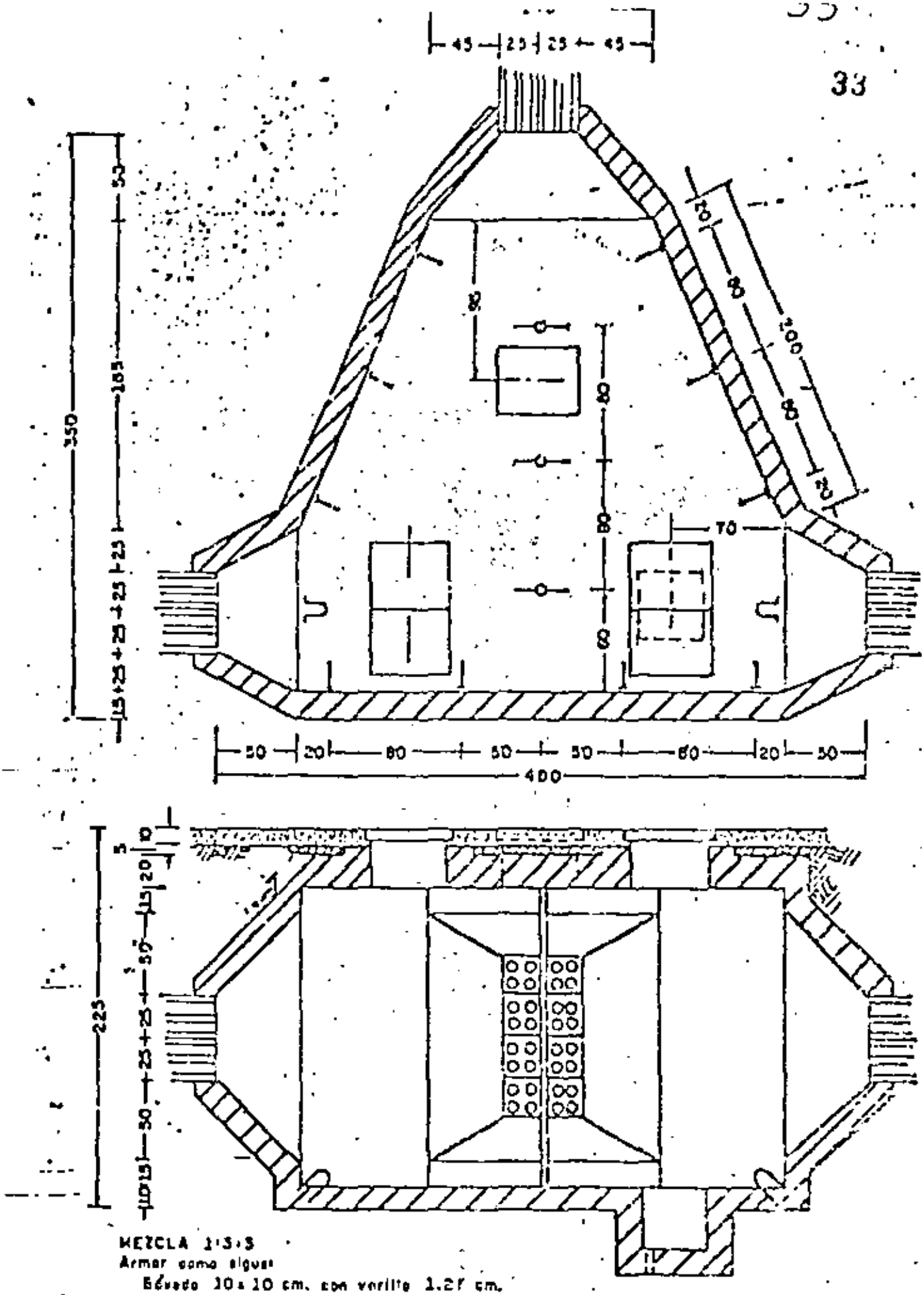
SIMBOLOS

U Eslabón
Bastidor

Acotaciones en centímetros

FIG. 13

G-11



MEZCLA 1:3:5

Armar como sigue:

Bóveda 10 x 10 cm. con varilla 1.27 cm.

Pared 20 x 20 cm. con varilla 1.27 cm.

Piso 20 x 20 cm. con varilla 1.27 cm.

Acotaciones en centímetros.

G-12

SIMBOLOS

Estribo

Pasticar

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SISTEMAS DE PARARRAYOS

ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

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, exceda 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 10000 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 débilmente 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, tornándose 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 pequeñísima, 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 esta 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 n aria continuidad de estos servicios, así como un sinónimo 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 Norteamerica los valores oscilan en zonas de 3 por día, a zonas de 90 por día. Cabe re 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 interesaráá 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, (SCNW y H.KT). H. H. 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 podamos 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 pueda 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 más 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 Sanderson (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 pués, 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, adquiera una importancia notable la Reactancia del circuito, cuya influencia puede originar grandes caidas 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 electrodos 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 - Descubierto 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 recib 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 disponen de reglamentaciones oficiales de institutos y organismos especializados, los cuales recopilan normas de diseño experimentadas ampliamente y revisadas periodicamente, 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 su 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 UL95A 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) Posicion: En los sitios en los cuales se forman concentraciones de carga en una tormenta electrica, los cuales son función de la forma o tipo de techos.

1.2) Tipos de Techos:

1.2-1) Plano

1.2-2) Inclinado

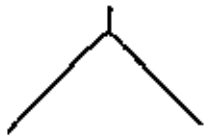
1.2-3) Pendiente Ligera: Con pendiente igual o menor a 1/8 en claro igual o menor de 12 Mts., o pendiente igual o menor a 1/4 en claro mayor a 12 Mts.

1.3) Colocación de las Puntas:

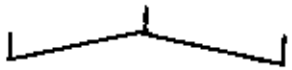
1.3-1) En función de la forma del techo.

a) Techos Planos:

b) Techos Inclinados:



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 (trípie 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 espaciamiento 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 facil de la descarga en el terreno. Preferible: fuera de cimentaciones.

3.2) Medios de Conexión a Tierra. Electrodos Formados Por:

a) Varillas (3 Mts. mínimo).

b) Rehiletes (1.5 - 2 Mts. Profundidad).

c) Cable enterrado: mínimo: 3.5 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 desconectadores 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: Du 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 de22.86 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 espécificación 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 7,5m para puntas de 60 cms. de altura ó mayores, y 6m para puntas más bajas).

II.- FIJACION DE LAS BASES

Usar algun elemento rígido 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, procu que el espaciamiento entre bajadas continue 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 protege al conductor de daño mecánico. Se sugieren - Tuberias 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 construccion.

4). Preferible donde el terreno sea lo más humedo 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 garantize 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.

Rehiletes.-

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 8 a 1.

3). Es muy importante que la excavación sea tapada con tierra de las mejores condiciones de conductividad, el máximo grado de COMPACTACION que sea posible.

Desconectadores 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 desconectador 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 mismo.

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.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

SISTEMAS DE PROTECCION VS DESCARGAS ATMOSFERICAS

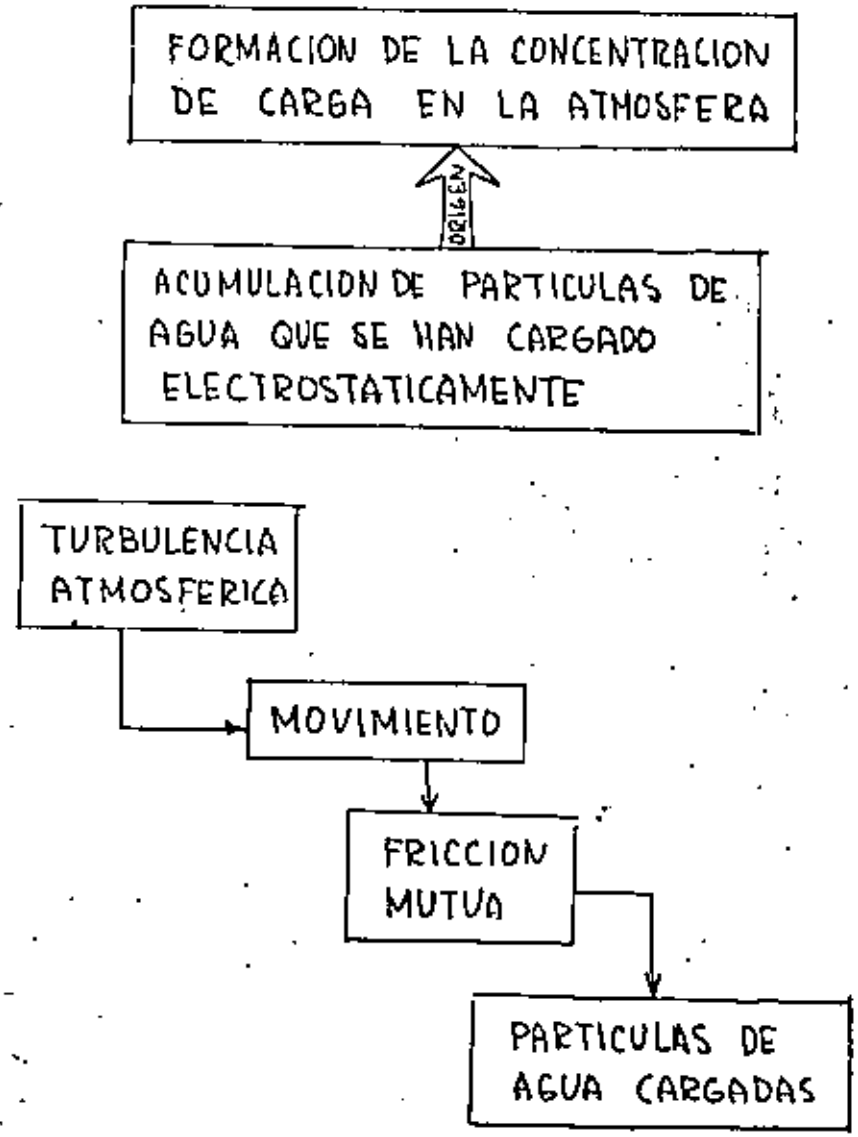
ING. IGNACIO GONZALEZ CASTILLO

FEBRERO, 1982

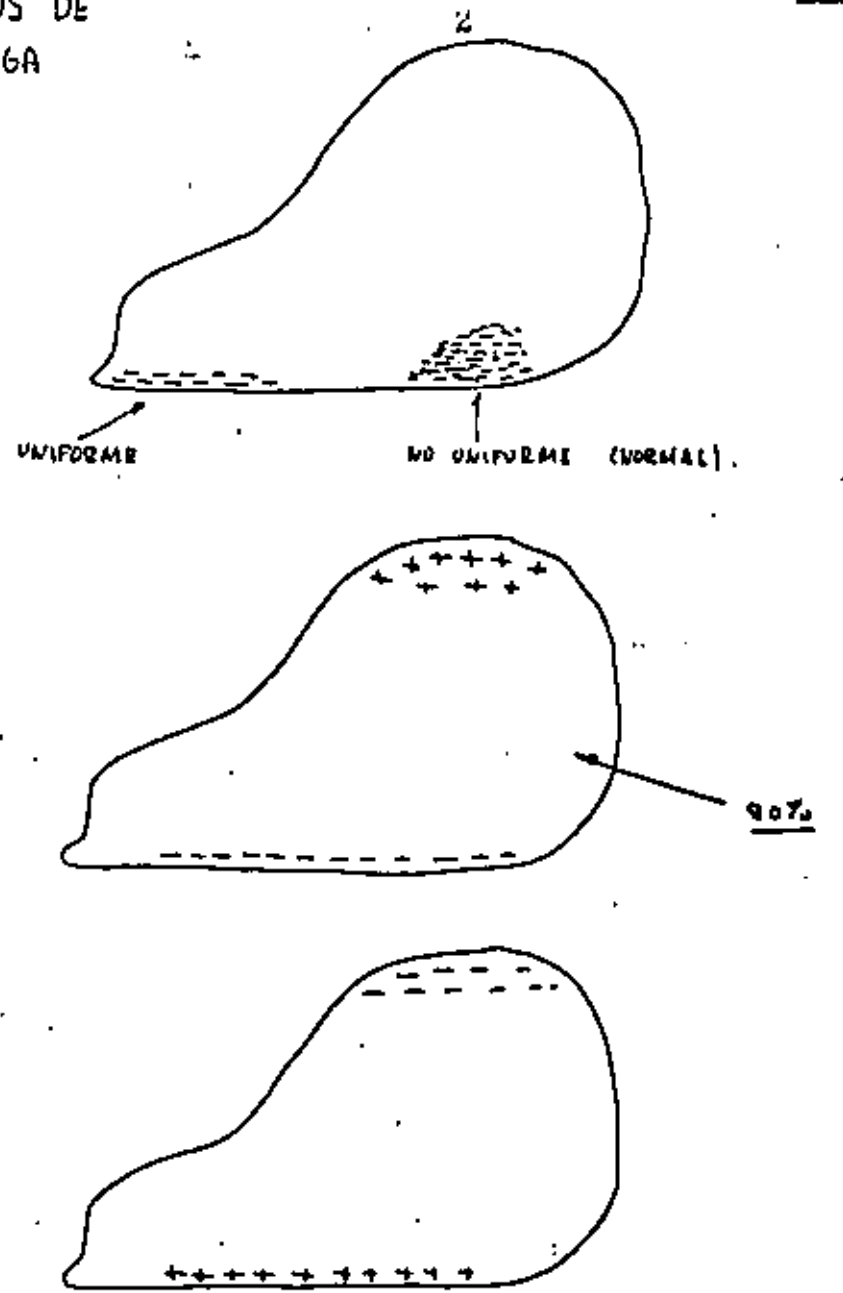
Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

LAM-I TIPOS DE CARGA

1



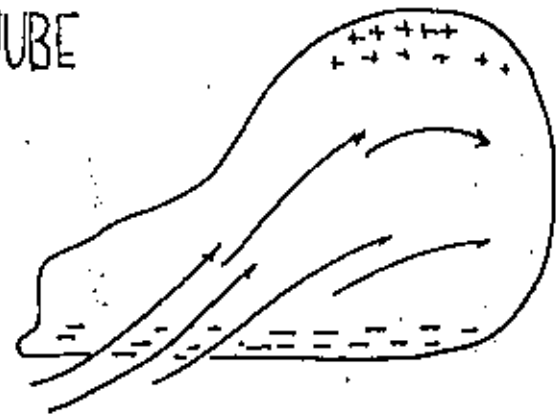
2



CARGAS EN UNA NUBE

LAM-3

3



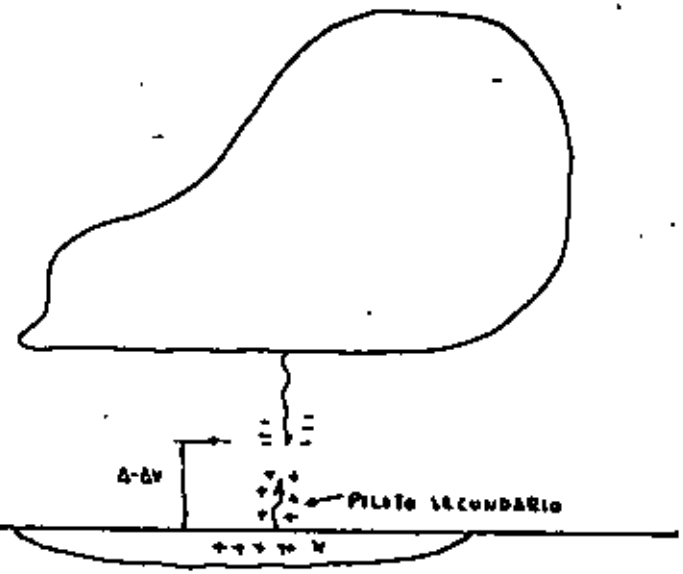
1) EN LA NUBE

2) INDUCIDA EN TIERRA

LAM 4

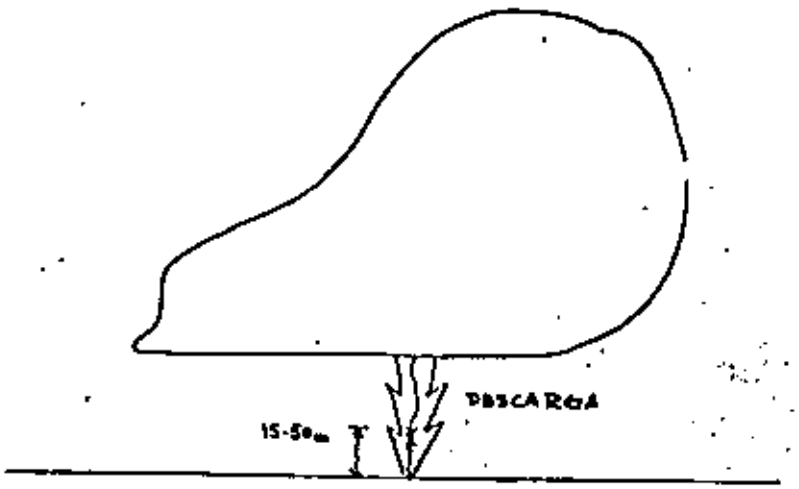
4

LAM-5



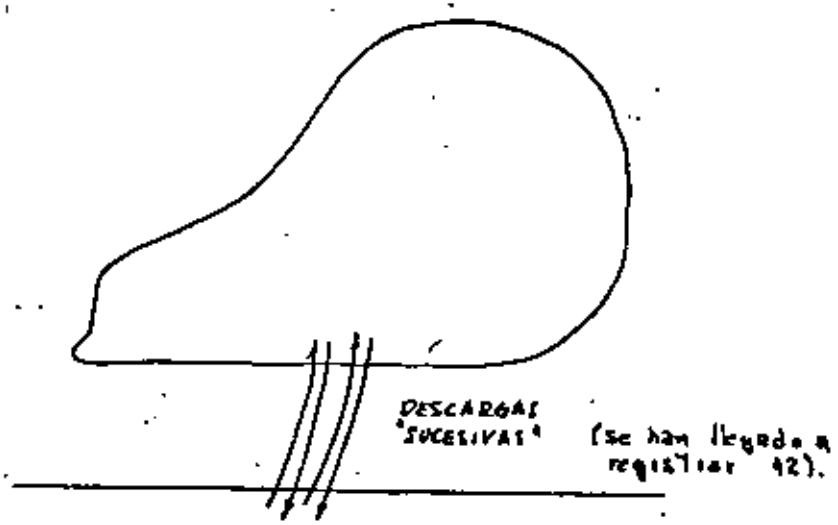
16C

MAGNITUDES de UNA DESCARGA



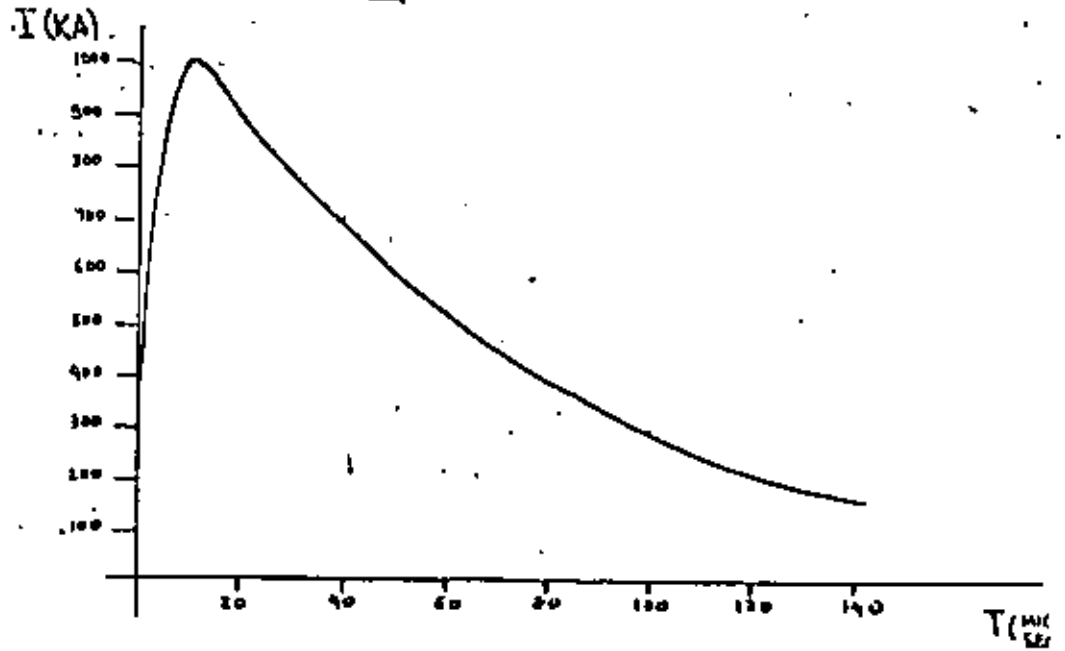
VARIABLES

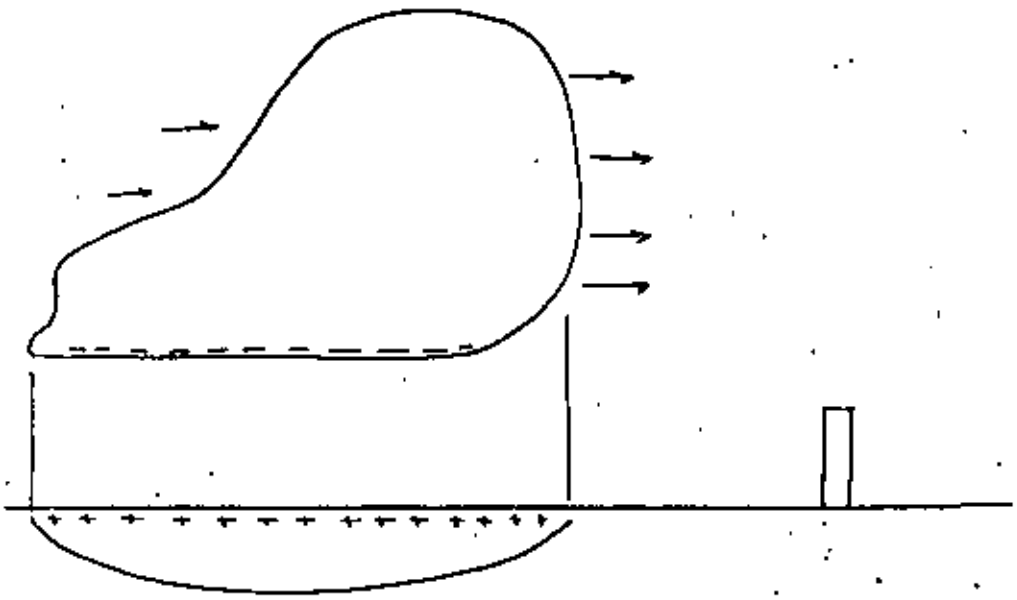
- INTENSIDAD DE CORRIENTE → 10-20 KA
- DIFERENCIA DE POTENCIAL → 100-600 KV
- DURACION Y NUMERO → FUNCION DE DESCARGAS
  50% - 1 seg, max > 10
- ENERGIA
  → CADA DESCARGA MAX. 100 (COULOMBIOS)
  ↓
  20 KWh
  ↓
  como t es corto
  ↓
  POTENCIA DEL ORDEN DE 1000's KW

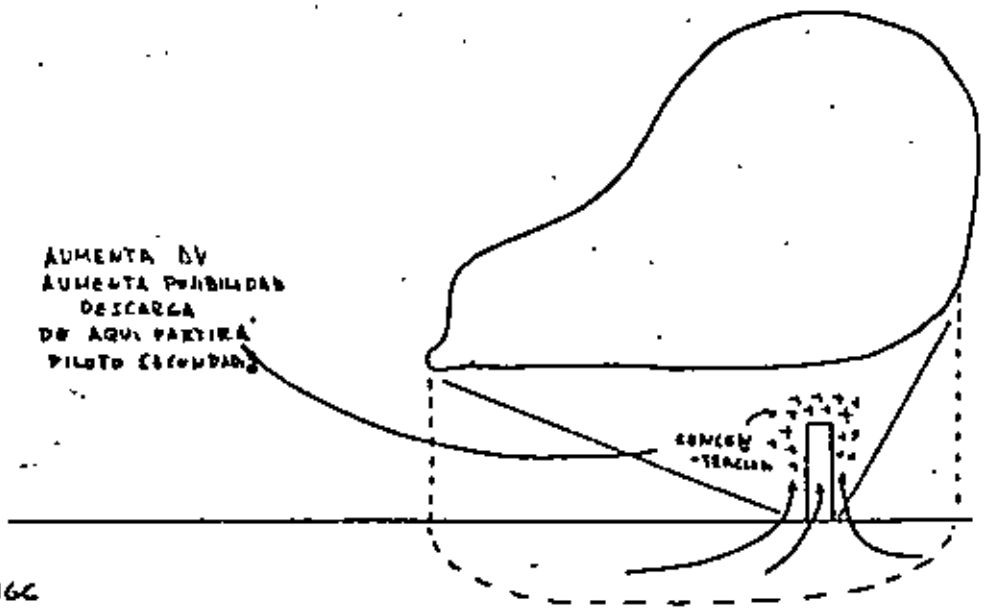


(se han llegado a registrar 42).

ONDA CONVENCIONAL

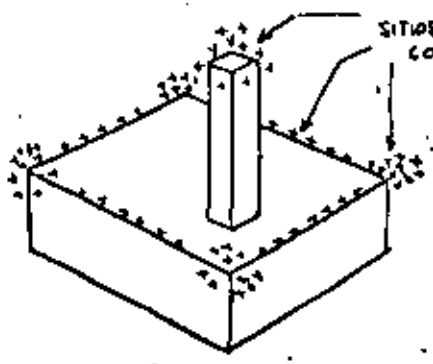


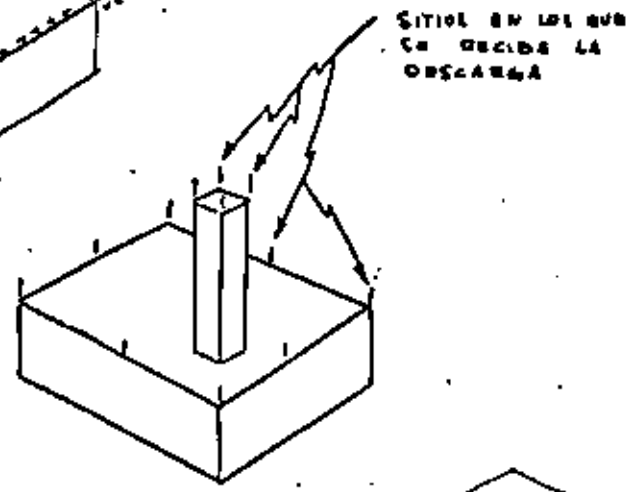


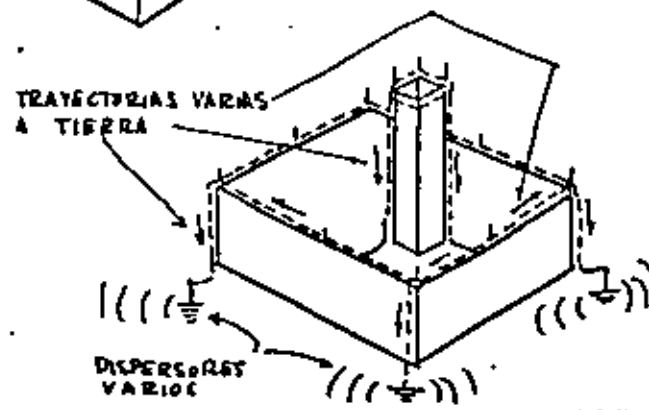


SISTEMA FARADAY ..

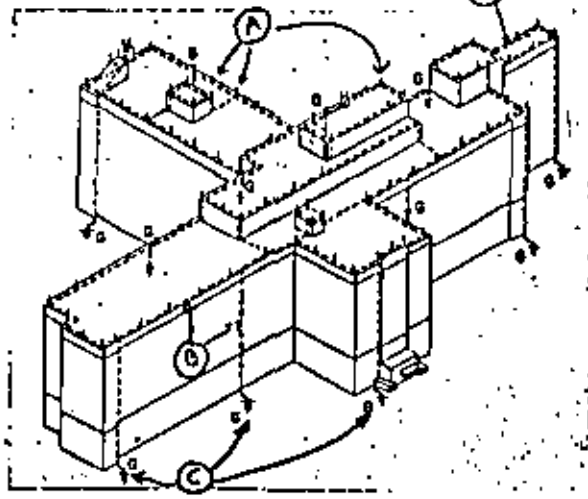
PRINCIPIO:
- ELEMENTOS RECEPTORES EN LOS SITIOS DE CONCENTRACION ELECTROSTATICO.
- BLINDAJE ELECTROSTATICO

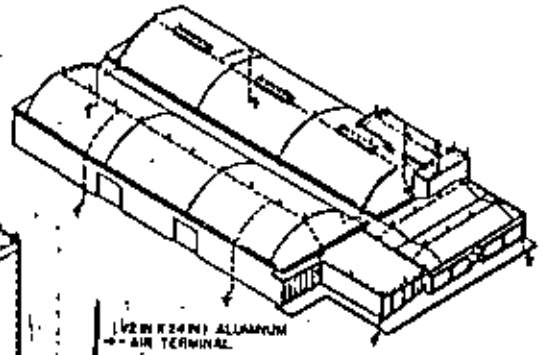






SISTEMA FARADAY.- EJEMPLOS





TYPICAL AIR TERMINAL INSTALLATION

VENTAJAS:-

- SEGURIDAD
- REGLAMENTADO —— (1904).
- EXPERIMENTADO (1904- 1973)
- NORMALIZADO:
  - UNDERWRITER'S LABORATORIES → UL96A
  - NATIONAL FIRE PROTECTION ASOCIATION → NFPA-78
  - ANSI.- -IEEE

LA. 11

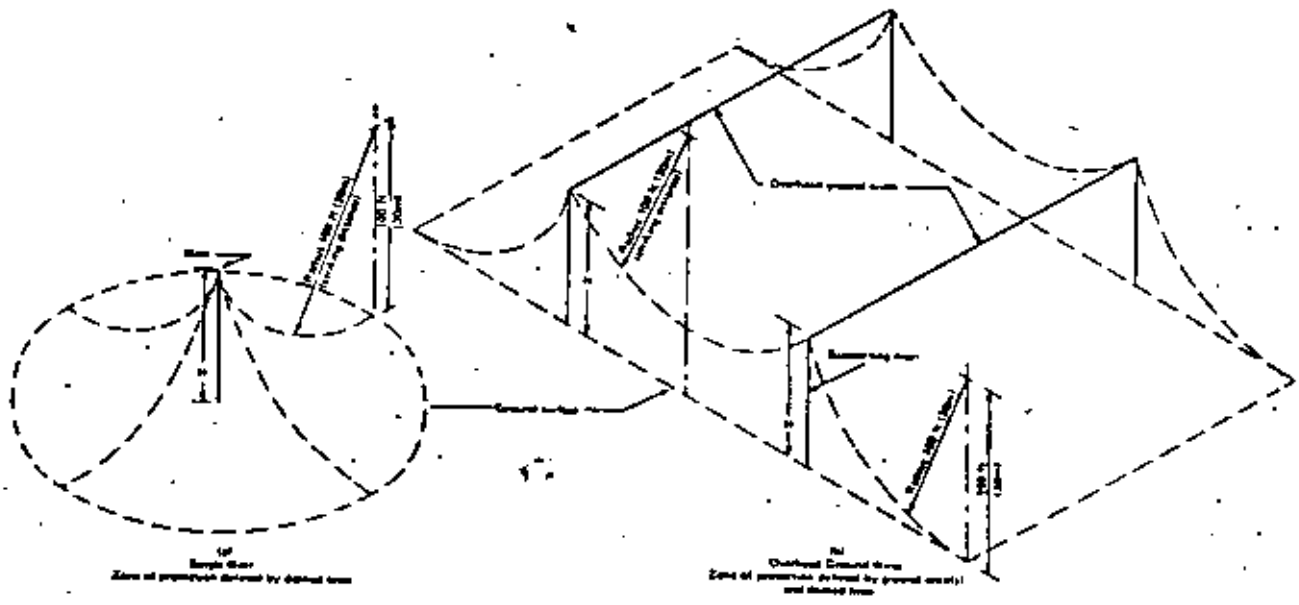
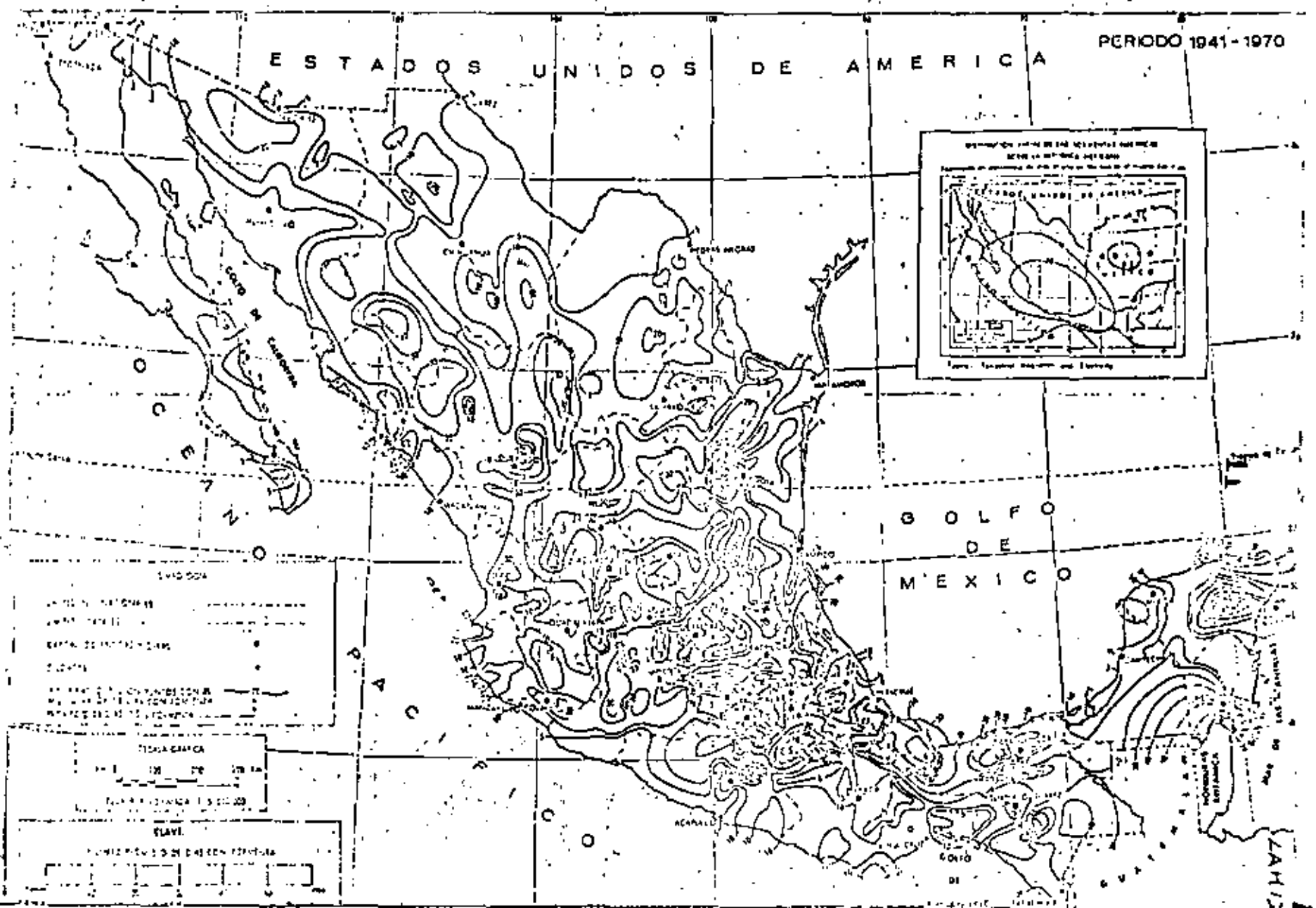


Figure 6.3.3.2. Zone of Protection for Mast Height "H" Exceeding 50 Feet (15m).

16C

NUMERO DE DIAS AL AÑO CON TORMENTAS ELECTRICA



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:-

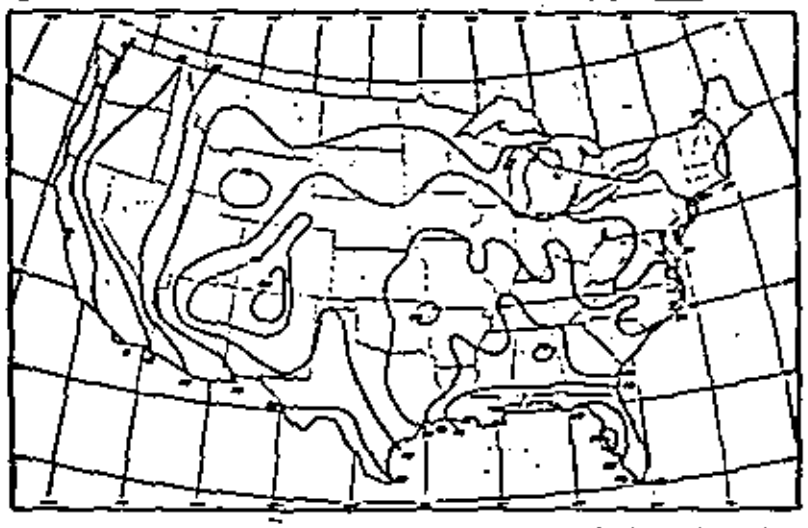


Fig. 6. US Weather Bureau's Map of the United States, with isoceraunes showing number of days per year having thunder storms. Locations between lines can be interpolated — for example, if you live in Hartford, Conn. you have about 25 thunderstorm days per year; Philadelphia, Pa., 35; Kansas City, Mo., 55; Dallas, Texas, 62, etc.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

OMISIONES FRECUENTES EN LOS PLANOS

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

FEBRERO, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apartado Postal M-2285

OMISIONES FRECUENTES EN LOS PLANOS.

I. - SISTEMAS DE UTILIZACION. 1

A). - Diagrama Unifilar.

1). - Identificación de tableros, alimentadores, máquinas y motores.
2). - Tipo y ajuste de protecciones de alimentadores, circuitos derivados y centros de carga.
3). - Calibre de conductores de alimentadores y circuitos derivados.
4). - Factor de demanda (general o por alimentador).

B). - Vistas Físicas.

1). - Localización e identificación de tableros y otros centros de carga.
2). - Trayectoria de alimentadores y circuitos derivados.
3). - Localización de puntos en donde se degradan conductores o canalizaciones.
4). - Tipo de canalización empleada.
5). - Número y calibre de conductores en cada tramo de canalización.
6). - Localización de los interruptores de circuitos derivados (en caso de alimentadores con carga distribuída).
7). - Tipo de aislamiento de los conductores.
8). - Delimitación de las áreas peligrosas.
9). - Localización y disposición del sistema de tierras, así como calibre de los conductores que lo forman.
10). - Identificación de las luminarias y contactos, haciendo referencia al tablero de que proceden.
11). - Disposición de los conductores en las charolas.

C). - Cuadros de Carga.

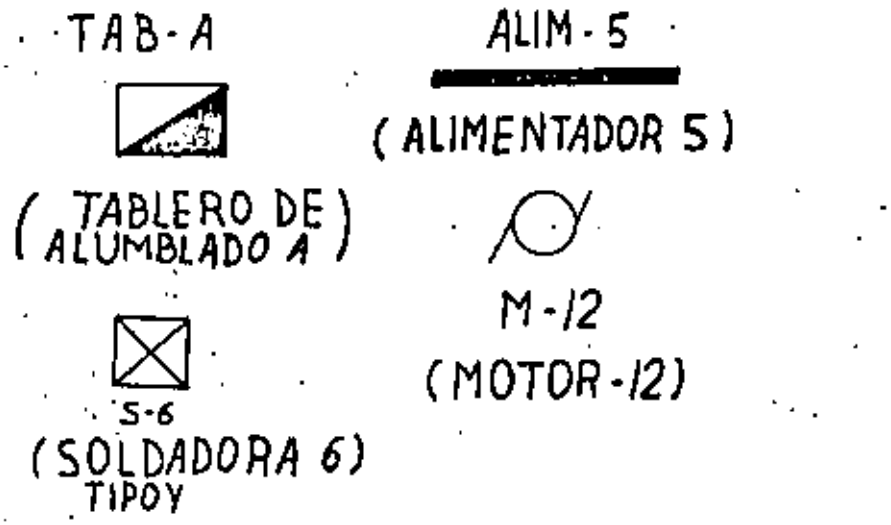
1). - Ajuste de la protección contra sobrecarga.
2). - Corriente nominal de máquinas y motores.
3). - Número de fases.
4). - Tipo del arrancador.
5). - Tipo de gabinetes y otros accesorios empleados en áreas especiales (exteriores, lugares húmedos, lugares peligrosos, etc.)

D). - Generales.

1). - Plano de conjunto de la instalación, a donde sean referidos los demás planos.
2). - Capacidad interruptiva de las protecciones principales.
3). - Escalas de dibujo empleadas.

DIAGRAMA UNIFILAR

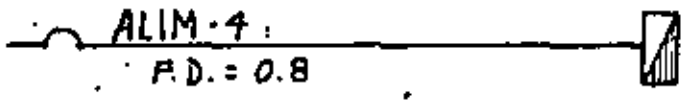
① IDENTIFICACION DE TABLEROS, ALIMENTADORES, MAQUINAS Y MOTORES.



② AJUSTE DE PROTECCIONES DE ALIMENTADORES, CIRCUITOS DERIVADOS Y CENTROS DE CARGA

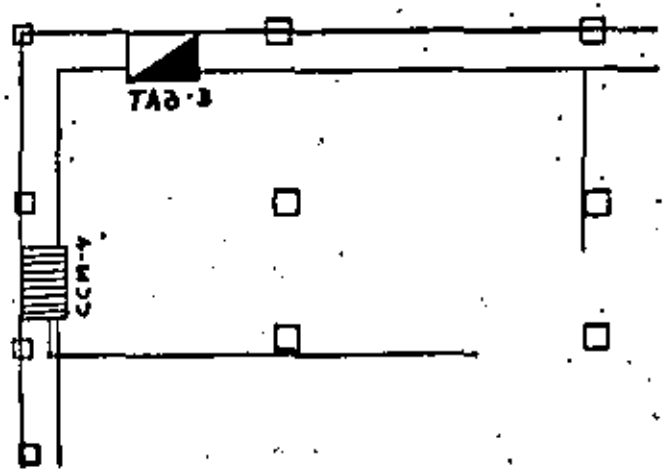
③ CALIBRE DE CONDUCTORES DE ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS

④ FACTOR DE DEMANDA



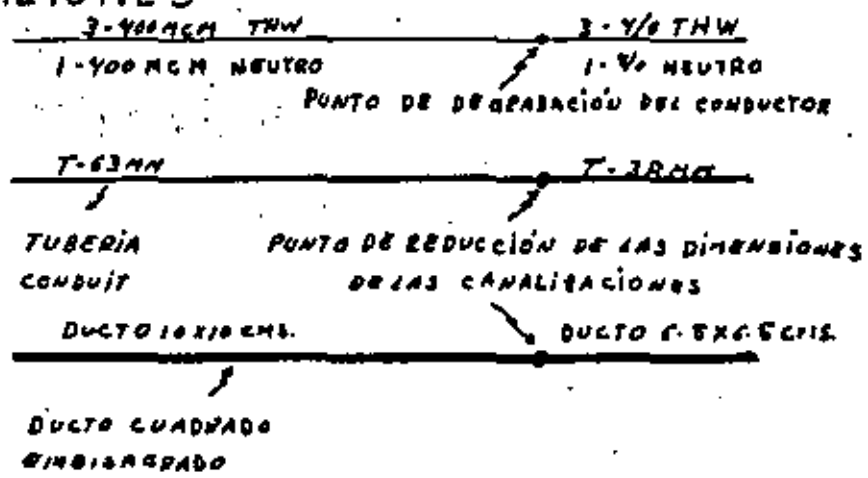
VISTAS FISICAS

① LOCALIZACION E INDENTIFICACION DE TABLEROS Y OTROS CENTROS DE CARGA

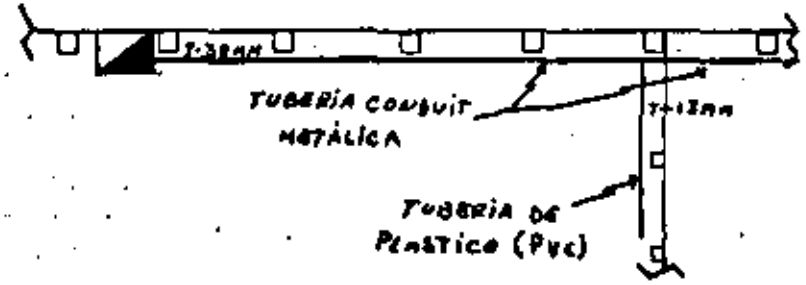


② TRAYECTORIA DE ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS

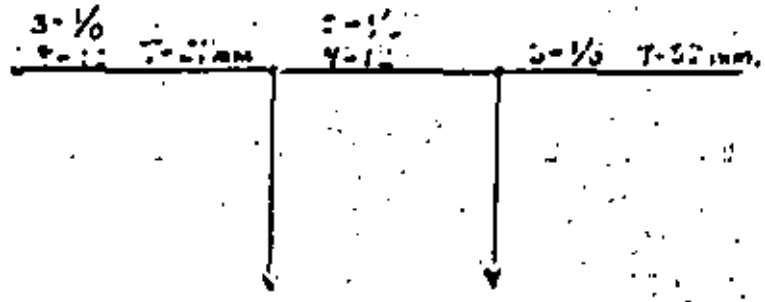
③ LOCALIZACION DE PUNTOS EN DONDE SE DEGRADAN CONDUCTORES O CANALIZACIONES



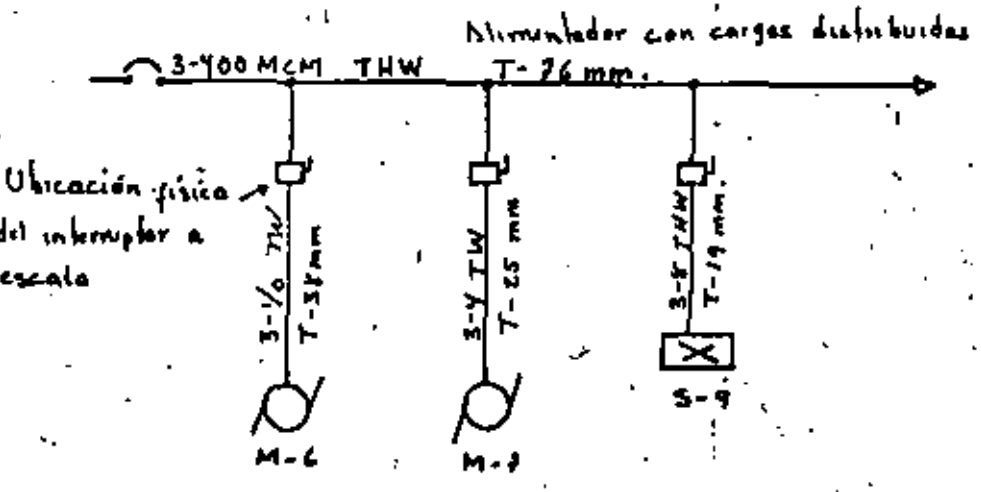
④ TIPO DE CANALIZACION EMPLEADA



5).- Número y calibre de conductores en cada tramo de canalización



6).- Localización de Interruptores de Circuitos Derivados.



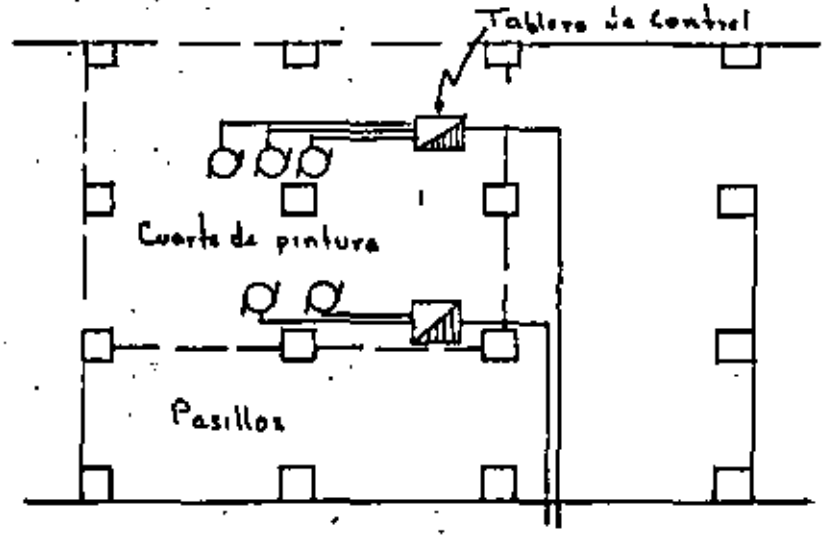
7).- Tipo de Aislamiento de los Conductores

- Cuadro de Materiales -

Conductores	THW, TW, Vinasel 900

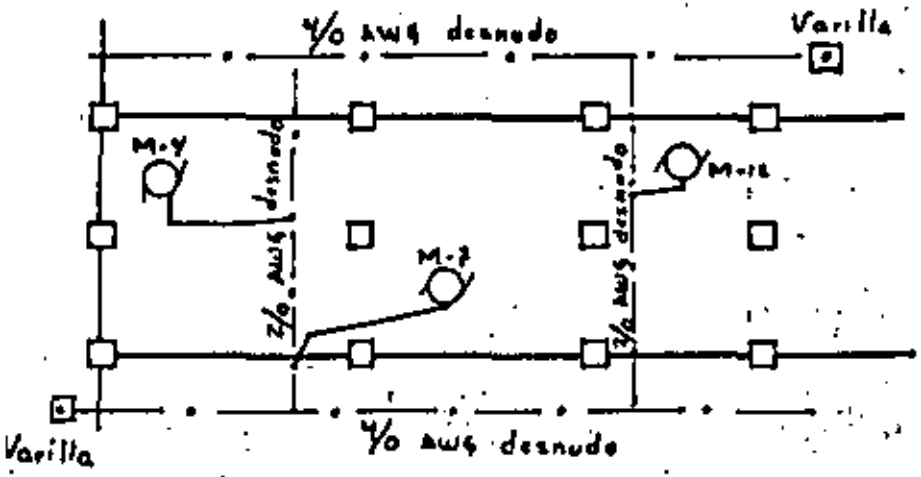
¿En que partes se utilizó cada uno?

8).- Delimitación de Areas Peligrosas

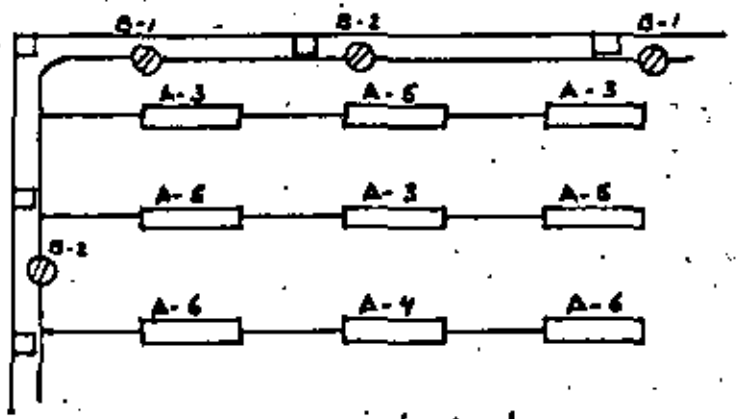


Línea punteada delimita area con ambiente peligroso

9).- Localización y Disposición del Sistema de Tierras.
Calibre de Conductores

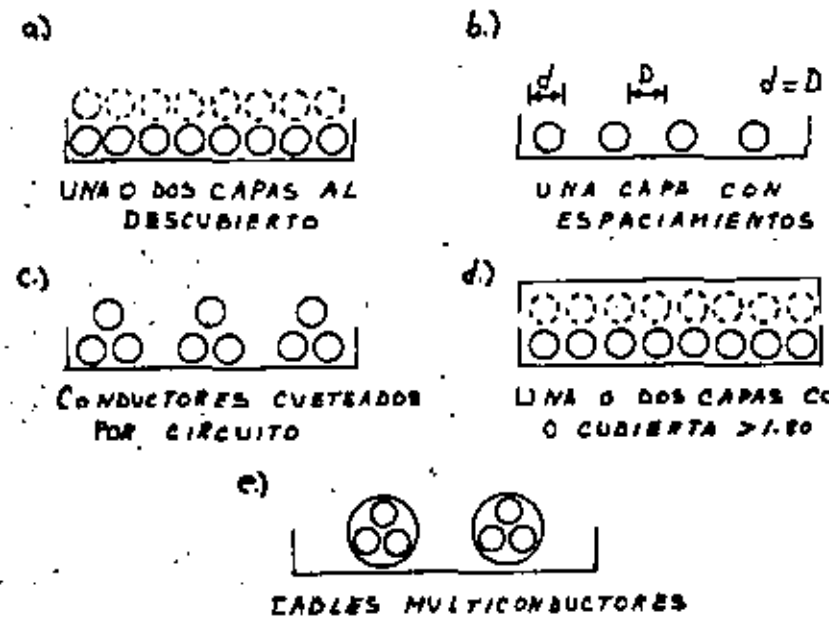


1).- Identificación de Luminarias y Contactos



Alumbrado procedente del tablero A.
Contactos procedentes del tablero B.

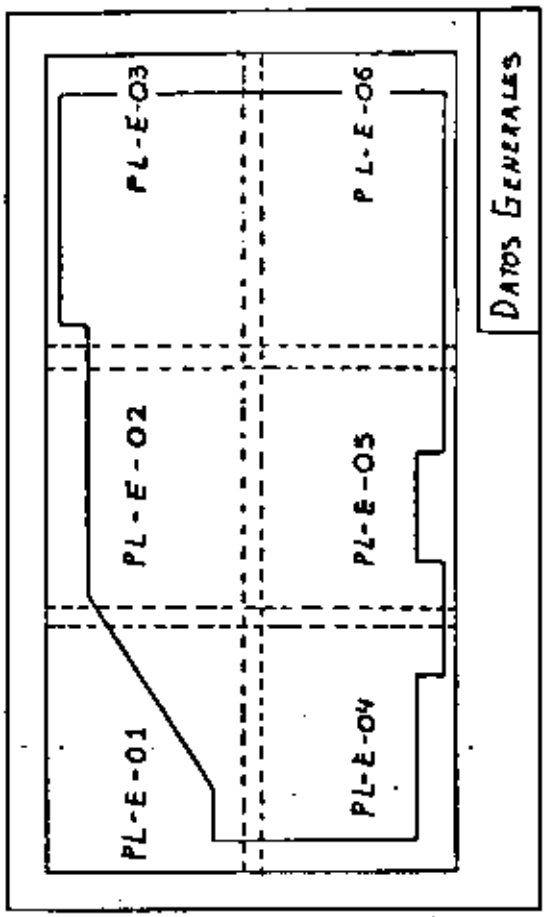
III DISPOSICION DE CABLES EN CHAROLAS



a.) AMPACIDAD - AL AIRE x 0.75
b.) AMPACIDAD - AL AIRE o LINEA ABIERTA
c.) AMPACIDAD - AL AIRE x 0.75
d.) AMPACIDAD - AL AIRE x 0.7
e.) AMPACIDAD - TABLA DE TUBERIA

GENERALES

① Plano de Conjunto de la Instalacion de Referencia



② Capacidad Interruptiva de Protecciones

③ Escalas de Dibujo Empleadas (Incluirlas en cada Plano, y en cada uno de los Detalles de Montaje)

-Cuadros de Carga-

Puntos ①, ②, ③, ④, ⑤

# de Fases		Amperes Corriente Nominal		Ajuste Proteccion vs Sobrecarga		Arranque Tipo		Gabinetes Tipo Nema
2		12.5		14.7		T.R.		1
3		6.8		7.5		T.P.		3R
1		4.2		5.5		T.P.		2

T.R. - Tension Reducida

T.P. - Tension Plena

OMISIONES FRECUENTES EN LOS PLANOS.

II. - SUBESTACIONES.

1. - Capacidad de conducción continua (en amperes), de las cuchillas de paso.

2. - Capacidad de conducción continua (en amperes), del interruptor.

3. - Tipo, valor nominal del fusible y capacidad interruptiva del mismo.

4. - Conexión del interruptor a las boquillas del primario del transformador (barra o cable).

5. - Capacidad de conducción continua (en amperes), de las barras. - Material de las mismas.

6. - Características del transformador tales como capacidad, tensiones primaria y secundaria, impedancia propia, etc.

7. - Características de los cables de alta tensión, tales como: tensión nominal, calibre, tipo de aislamiento, existencia o no de pantalla semiconductora, etc.

8. - Características de las terminales del cable: pantallas semiconductoras, conos de alivio y aterrizado.

9. - Disposición de los cables de alta tensión en los registros, radios de curvatura, sujeción de cables y características de la canalización donde se alojen.

10. - Características del sistema de tierra de gabinetes y partes metálicas, conectores empleados, material y dimensiones de los electrodos de tierra, etc.

11. - Mecanismo de seguridad que impide abrir los gabinetes cuando el interruptor esta en la posición de cerrado.

12. - Tipo, capacidad y localización del extintor.

13. - Características y localización del alumbrado.

14. - Localización de la coladera para el drenaje de aceite.

15. - Material, dimensiones y características de construcción de tarimas o tapetes aislantes.

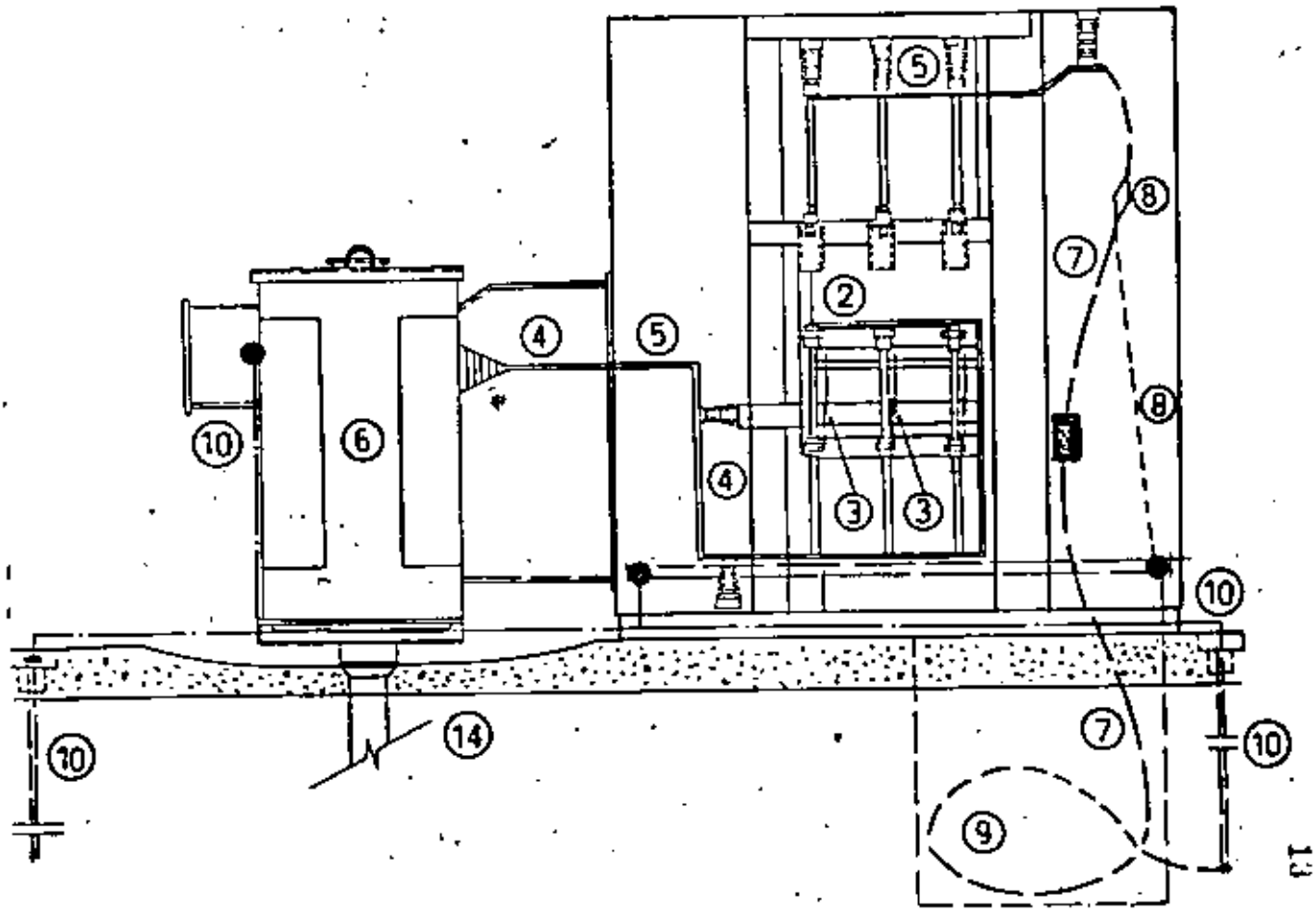
16. - Ubicación de los accesos a la subestación, medio de acceso al nivel donde se localiza la subestación en caso de subestaciones en -

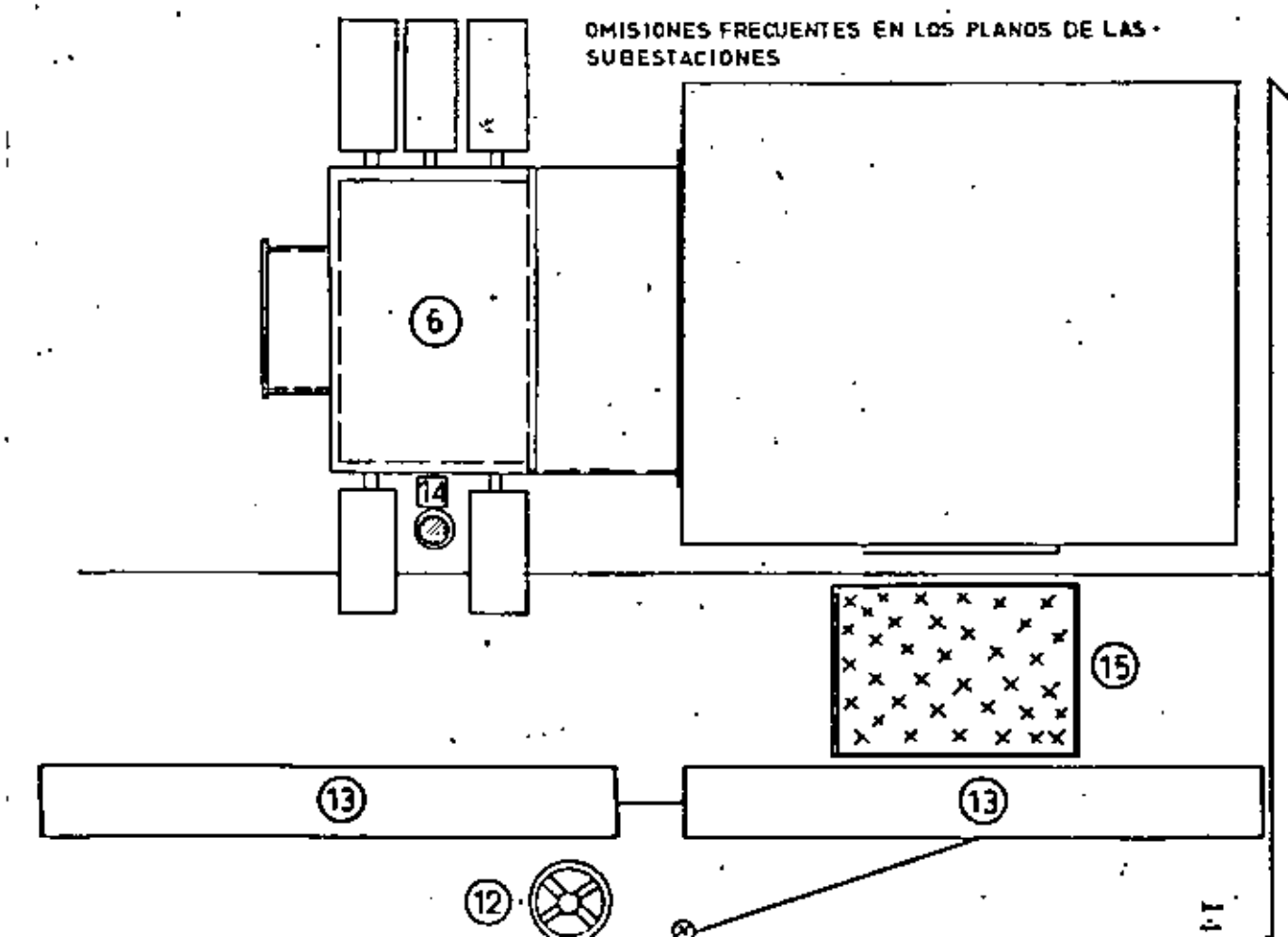
-o-o-o-

azoteas; y dirección de abatimiento de puertas.

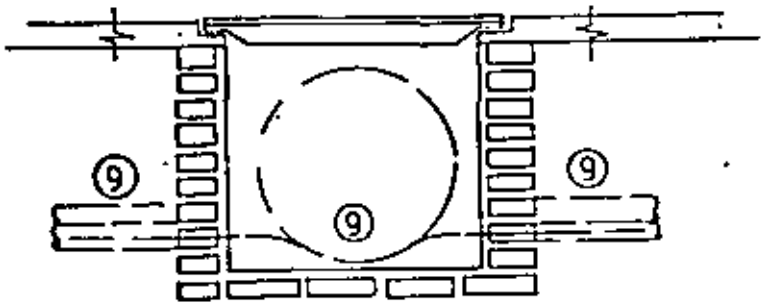
17. - Delimitación del área ocupada por la subestación (subestaciones abiertas).

18. - Espacios necesarios para poder trabajar (reposición y mantenimiento), con fusibles y apartarrayos (subestaciones abiertas).

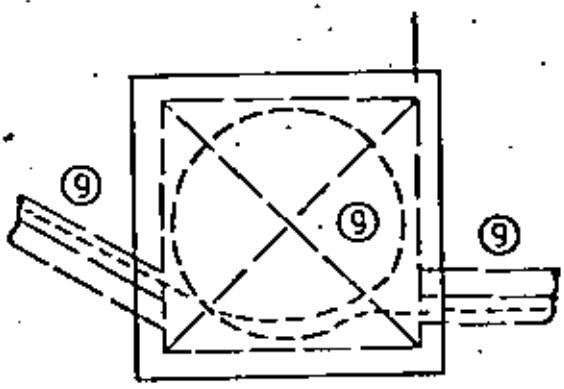

5
8
7
2
4
5
8
10
6
4
3
3
10
14
7
10
10
9

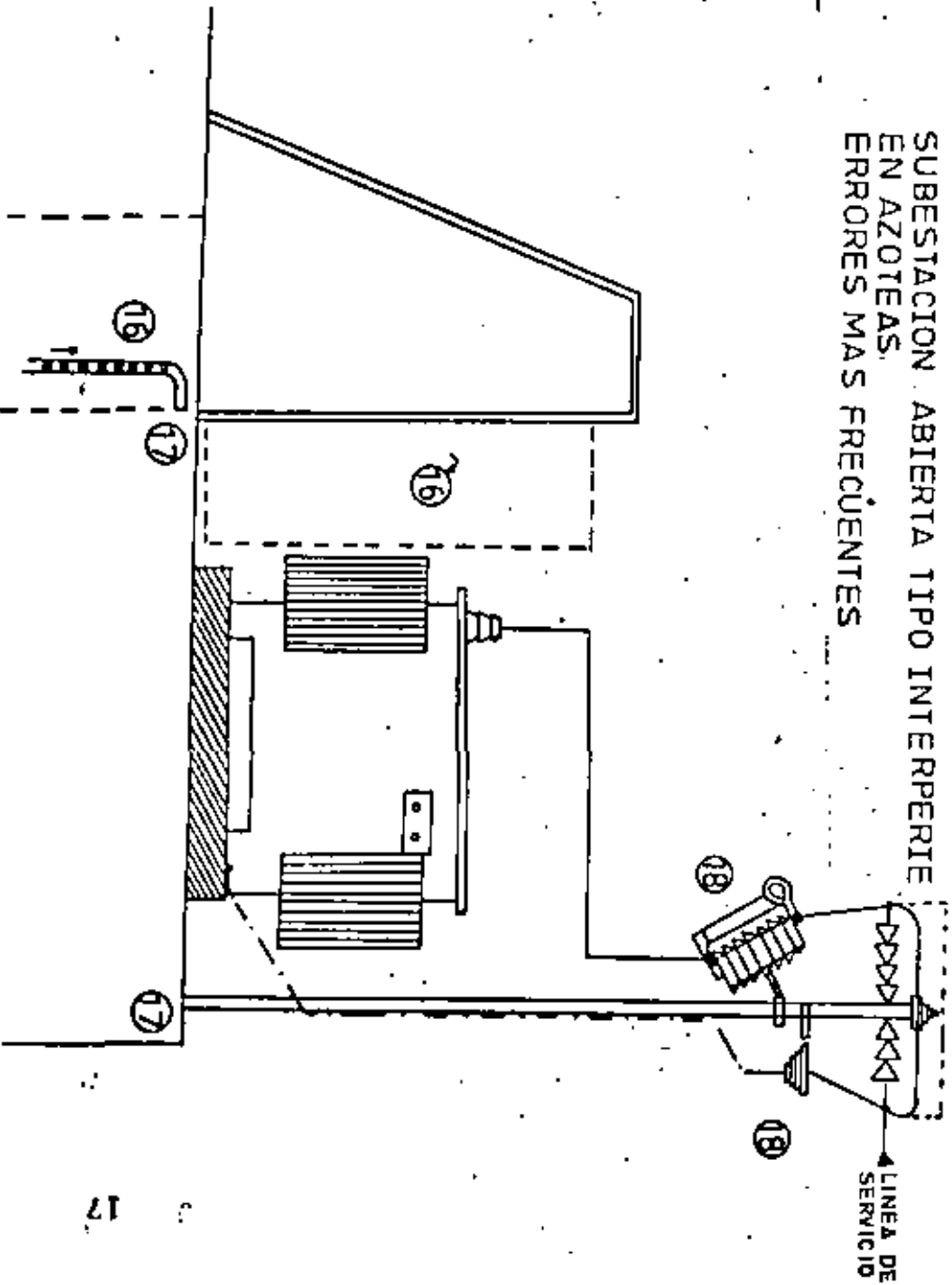

6
14
15
13
13
12

OMISIONES FRECUENTES EN LOS PLANOS DE LAS SUBESTACIONES
DISPOSICION DE REGISTROS Y CABLES



OMISIONES FRECUENTES EN LOS PLANOS DE LAS SUBESTACIONES
DISPOSICION DE REGISTROS Y CABLES





OMISIONES FRECUENTES EN LOS PLANOS.

III. - PLANTAS GENERADORAS.

1. - Características generales de la planta tales como: tipo de servicio, potencia, tensión nominal, factor de potencia, peso total, tipo de arranque, etc.

2. - Diagrama unifilar (debe mostrar el circuito de generación, de transferencia y los circuitos de utilización de dicha fuente).

3. - Características de los conductores (calibre y tipo de aislamiento) y de las canalizaciones (tipo y dimensiones), de la planta al interruptor de transferencia. Disposición física.

4. - Tipo y valor nominal de la protección principal contra sobrecorriente de la planta, así como la localización de su tablero de control.

5. - Tipo, capacidad y localización del interruptor de transferencia.

6. - Características generales y disposición física del sistema de tierras (mismos puntos que para las subestaciones).

7. - Características generales y disposición física del sistema de escape de gases de la combustión (dimensiones de tubos, materiales, silenciador, etc.)

8. - Características generales y disposición física del sistema de abastecimiento de combustible (material y dimensiones de tubería, capacidad de tanques, etc.)

9. - Tipo y características del montaje y cimentación de la planta.

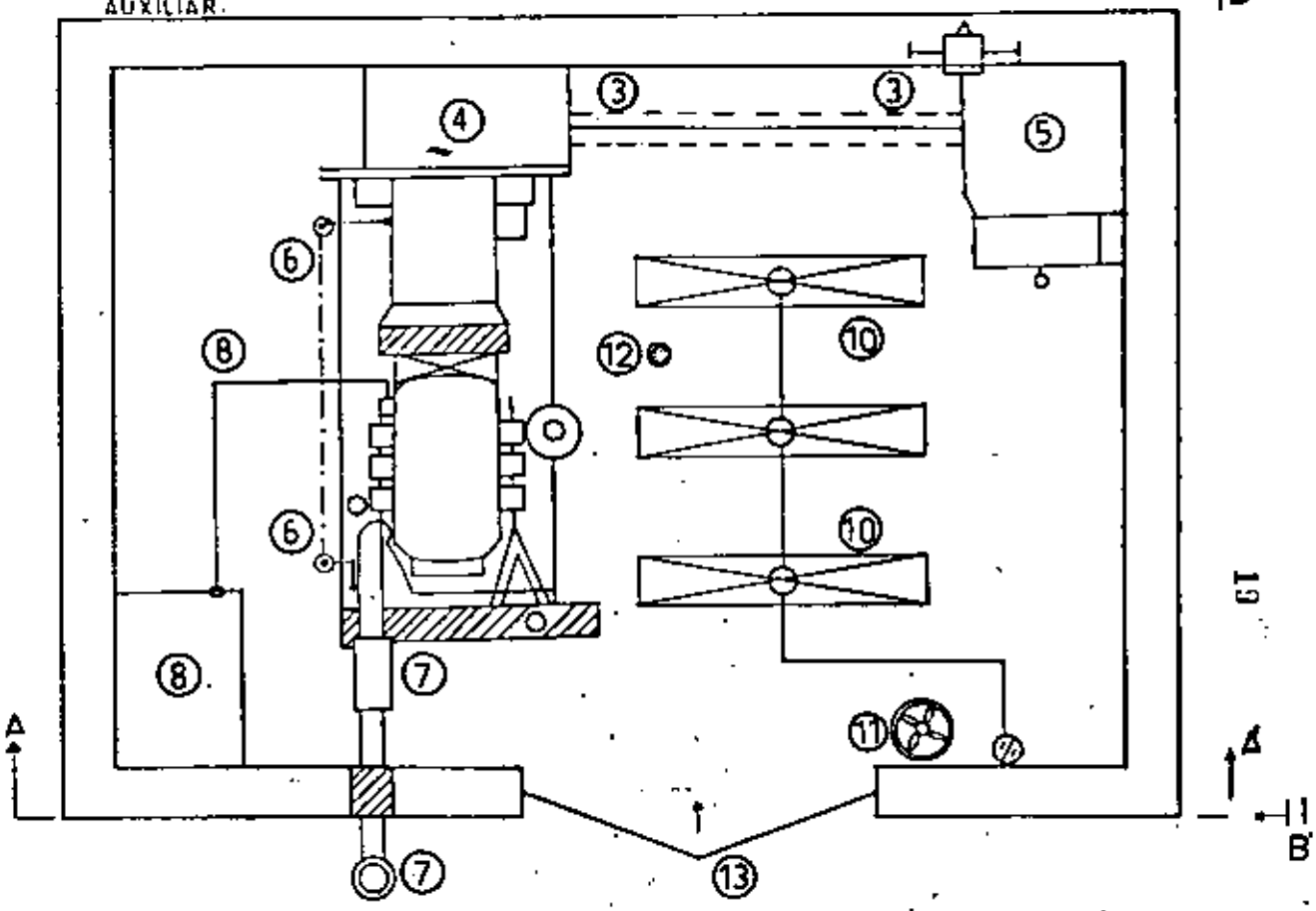
10. - Características generales y disposición física del alumbrado.

11. - Tipo, capacidad y ubicación del extintor.

12. - Localización del drenaje.

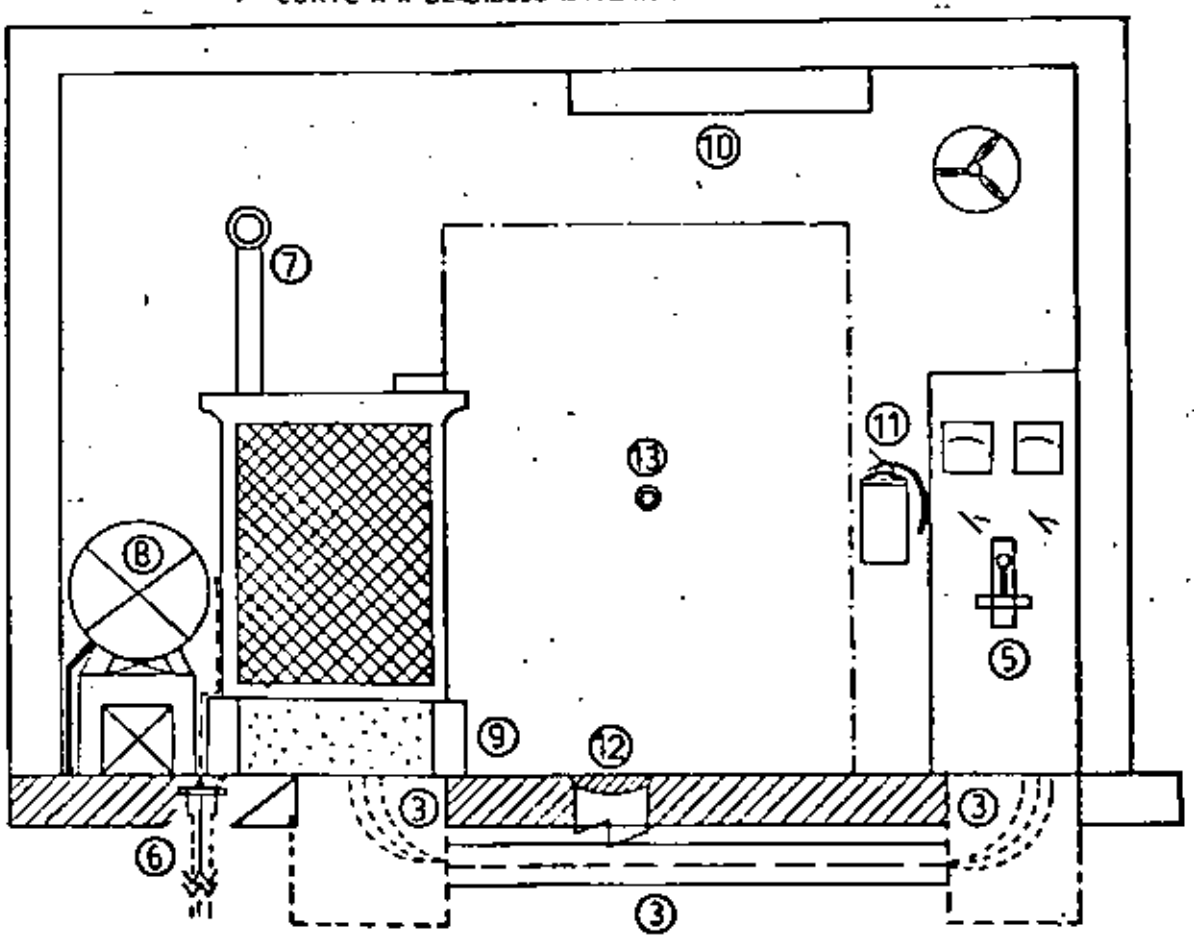
13. - Ubicación de los accesos.

VISTA DE PLANTA TIPICA, DE UNA UNIDAD GENERADORA DE EMERGENCIA Y SU EQUIPO AUXILIAR.



19

CORTE A-A DEL DIBUJO ANTERIOR



20

CORTE B-B' DEL DIBUJO ANTERIOR

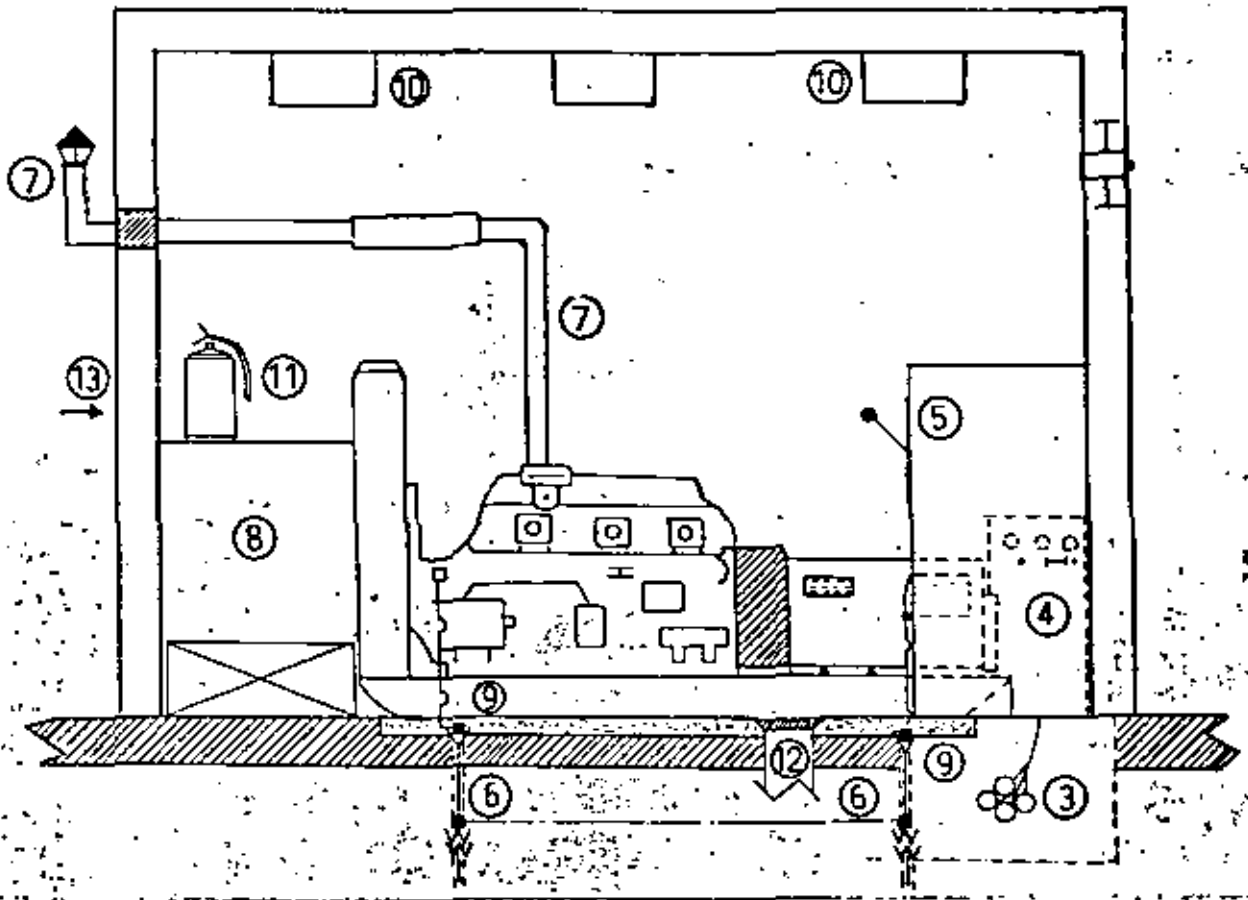
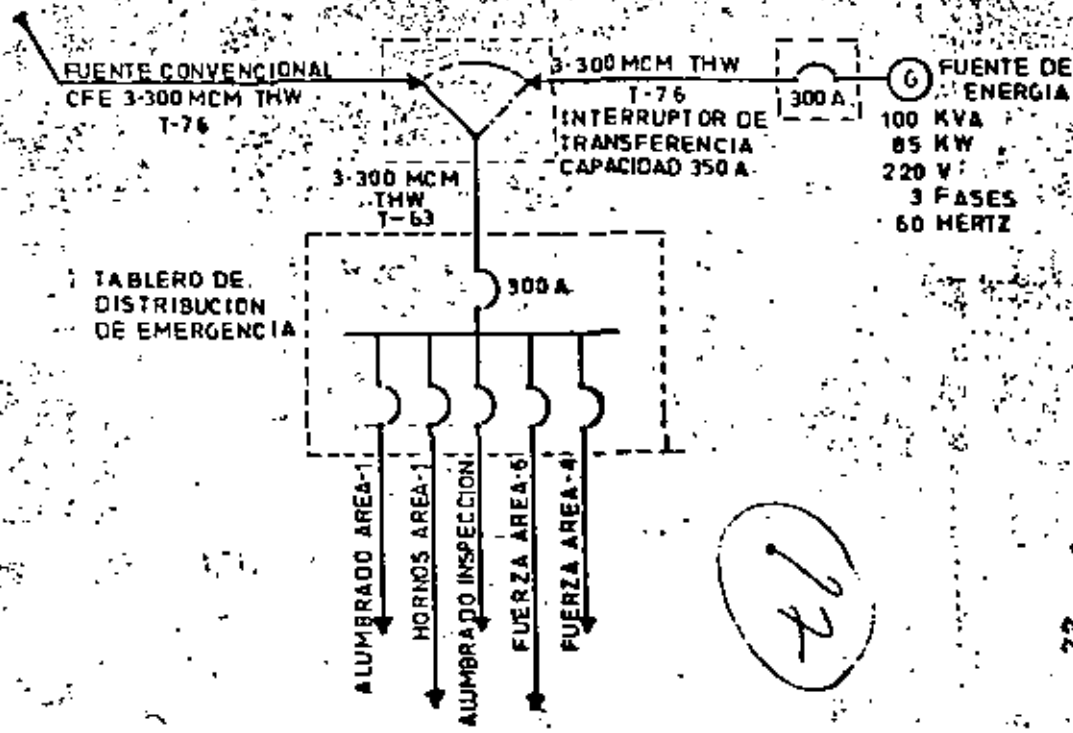


DIAGRAMA UNIFILAR TIPICO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACION DE EMERGENCIA



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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

PROYECTO DE UNA INSTALACION ELECTRICA EN SUS PARTES MAS IMPORTANTES

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

FEBRERO, 1982

Palacio de Minería Calle ' Tacuba 5 pr ı piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 A 'o. Postal M-2285

PROYECTO DE UNA INSTALACION ELECTRICA EN SUS PARTES MAS IMPORTANTES.

Se va a diseñar una instalación eléctrica para una industria mediana. Para mayor visualización se incluye a continuación un diagrama unifilar que muestra las diferentes partes, tales como protecciones, canalizaciones, conductores, etc.; que deben dimensionarse.

En el primer punto se habla del circuito derivado para el motor. En el segundo, del alimentador que abastece a varios motores. En el tercero, de la alimentación y protección a un tablero de alumbrado y en el cuarto, de la selección de la capacidad de la subestación y el dimensionamiento de su protección principal.

I CIRCUITO DERIVADO PARA MOTOR

De los motores de la instalación que se está proyectando, uno es de 60 H.P., trifásico, trabaja a 440 volts, con una eficiencia del 90% y un factor de potencia de 0.85. Se requiere contestar lo siguiente:

I-1 Corriente a plena carga del motor

$$Ipo = \frac{H.P. \times 0.746}{3 \times KV \times \eta \times F.P.}$$

$$Ipo = \frac{60 \times 0.746}{3 \times 0.44 \times 0.9 \times 0.85}$$

$$Ipo = 76.7 \text{ amperes}$$

I-2 Calibre de los conductores utilizados (calculandolos por corriente y seleccionando el tipo de aislamiento), si el motor es de servicio continuo, trabaja en el interior de un cuarto de secado y con una temperatura ambiente de 40°C.

El conductor deberá poseer un excedente de capacidad de conducción por encima de la corriente a plena carga que va a conducir, esto es debe a que en la etapa de arranque, el motor toma una corriente considerable mayor que su nominal. Se considera prudente un excedente de capacidad del orden del 25%, para un motor que preste servicio continuo.

$$Icon = 1.25\ Ipo$$

$$Icon = 1.25\ (76.7) = 95.9 \text{ amperes.}$$

Debido a las condiciones en que trabaja el motor y a su capacidad que es elevada, se justifica el uso de aislamientos finos tal como el Vinanel 900 (o uno similar), que puede trabajar a una temperatura íntima hasta de 90°C.

De acuerdo con Icon, el calibre adecuado sería el número 2 AWG que tiene una ampacidad de 120 amperes para el tipo de aislamiento escogido. Este valor es necesario afectarlo por el factor de corrección por temperatura que en este caso es de 0.9. No se considera factor de agrupamiento.

Ireal de conducción = Icon X F.A. X F.T.

Ireal de conducción = 120 X 1.0 X 0.9

Ireal de conducción = 108 amperes

Por lo anterior, se observa que el conductor adecuado (por corriente), es el número 2 AWG.

I-3 Calibre de los conductores utilizados (por caída de tensión), si la longitud del circuito derivado es de 28 m y la máxima caída permisible es del 2.5%.

Calculando la sección transversal mínima

$$S = \frac{2 \times L \times I}{En \times e\%} = \frac{2 \times 28 \times 76.7}{254 \times 2.5}$$

$S = 6.76\ mm^2$

Correspondiendo a un calibre número 8 AWG como mínimo. De la comparación de los 2 resultados anteriores, se puede observar que el conductor a utilizar será el de calibre número 2 AWG pues cumple con ambos criterios de cálculo.

El conductor neutro de requerirse, se calcularía en base a la carga que representen los dispositivos de control, medición y señalización, cumpliendo además con el límite máximo de la caída de tensión monofásica que la carga citada experimente.

I-4 Ajuste o valor de la protección contra sobrecarga

Para motores de servicio continuo, enfriamiento por aire y factor de servicio igual o mayor a 1.15, la protección contra sobrecarga deberá dimensionarse del orden del 125% de la corriente a plena carga del motor, pero no deberá ser mayor del 140% de dicha corriente. Por lo tanto:

$A_{sc} = 1.25 \times 76.7 = 95.9$ amperes

Se recomienda el elemento térmico comercial inmediato inferior o superior a este valor.

A_{sc} máximo = 1.4 X 76.7 = 107.4

Se pondría como máximo, el elemento térmico comercial inmediato inferior a este valor.

I-5 Tipo, tamaño y capacidad del arrancador

Dado el tamaño del motor y las condiciones en las que trabaja, el arrancador a utilizar sería el magnético. Según la clasificación NEMA de los tamaños de arrancadores, le correspondería el tamaño 4, que está diseñado para interrumpir corrientes a rotor bloqueado de motores hasta 100 H.P. a 440 volts.

I-6 Valor de la protección contra sobrecorrientes del motor que arranca con el total de su carga y su letra de código (NEMA) es "F" seleccionarse el tipo de protección.

Para seleccionarla podemos escoger entre 2 tipos de protecciones: interruptor de navajas con fusibles e interruptor termomagnético en caja moldeada. En nuestro caso, se tomará el interruptor termomagnético por las siguientes razones:

- En la capacidad que se está manejando no existe gran diferencia de precios entre ambos.

- Como se verá mas adelante, el motor se controla desde un tablero de fuerza por lo que, para esto, es mas adaptable el termomagnético.

- Requiere de menor espacio.

- Puede restablecer el servicio mas rapidamente pues no requiere de elementos fusibles.

Sin embargo como ilustración se calculará la protección para ambos tipos:

Como lo indican las condiciones de arranque del motor, éste tomará una corriente total en su etapa de arranque, es decir, dicha corriente (en función de la letra de código F, que nos indica 5.0 KVA por H.P. a rotor bloqueado), fluctuará entre 4½ a 5½ veces la corriente a plena carga.

Por lo anterior, la protección (a base de fusibles) será:

V prot = 3.0 X Ipc = 3.0 X 76.7 = 230.1 amp.

V prot = 250 amp.

Sin embargo, dicha protección no deberá exceder de:

V max prot = 7 X Ipc = 7 X 76.7

V max prot = 536.9 amperes

Por lo que el máximo valor de la protección a utilizar será de 500 amperes.

La protección (a base de termomagnéticos), será:

V prot = 2.5 X Ipc = 2.5 X 76.7 = 191.8

V prot = 3 X 200 amps.

Sin embargo, dicha protección no deberá exceder de:

V max prot = 4 X Ipc = 4 X 76.7

V max prot = 306.8 amperes

Por lo que el máximo valor de la protección a utilizar será de 3 X 300 amperes.

I-7 Dimensiones de la canalización si además de los conductores activos, viaja un conductor neutro calibre número 4 AWG.

Se consideran las secciones transversales de los diferentes conductores alojados incluyendo su forro aislante. En nuestro caso será:

3 conductores del número 2 AWG. con aislamiento VINANEL 900 (90°C)	264.5 mm^2
1 conductor del número 4 AWG con aislamiento indeterminado :	64.5 mm^2
total.	339.0 mm^2

La sección ocupada del tubo no deberá ser mayor del 40% de la sección total, por lo tanto la sección total no deberá ser menor de:

$339\ mm^2 \quad - \quad 40\%$

$A \quad - \quad 100\%$

$$A = \frac{100 \times 339}{40} = 847.5\ mm^2$$

El diámetro nominal no deberá ser menor de:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 847.5}{3.1415}} = 32.85\ mm$$

Por lo anterior, el tubo elegido fué el de diámetro nominal de 38 mm. (1½").

I-8 Puesta a tierra del motor, calibre del conductor.

La carcasa o cubierta metálica del motor requiere conectarse a tierra pues la tensión nominal a tierra, excede de 150 volts.

El calibre del conductor de puesta a tierra es función del valor de la protección contra sobrecorriente, que en nuestro caso fluctúa desde 200 amperes hasta 500. Por lo tanto dicho calibre será de:

6 AWG si la protección es de 200 amps.

4 AWG si la protección es de 225, 250, 300, 350 o 400 amperes.

2 AWG si la protección es de 500 amps.

II ALIMENTADOR DE FUERZA.-

El motor del punto anterior, así como otros 8 motores con capacidad total de 75 H.P., se abastecen por medio de un alimentador trifásico, de 440 Volts entre fases, que llega hasta un tablero de fuerza desde donde se protegen los motores citados. Estos tienen una eficiencia del 90% y trabajan a un factor de potencia de 0.85. El motor mayor es el analizado en el punto anterior.

Conteste lo siguiente:

II - 1 Corriente en el alimentador si el factor de demanda es de 0.8

La corriente de los 8 motores adicionales será:

$$I = \frac{KW \times 0.746}{3 \times KV \times \eta \times FP} = \frac{75 \times 0.746}{3 \times 0.44 \times 0.9 \times 0.85}$$

$I = 95.97$ Amp.

$I_{tot.} = I + I_{motor\ mayor} = 95.97 + 76.7 = 172.7$ amp.

$I_{alim.} = I_{tot.} \times F.D. = 172.7 \times 0.8 = 138.2$ amp.

II-2 Calibre de los conductores (por corriente), así como el tipo de aislamiento, si el alimentador se localiza en el interior, sin condiciones ambientales especiales y si se alojan en la misma canalización 6 conductores activos pertenecientes a otros circuitos.

La capacidad de los conductores no deberá ser menor de:

$A_{con} = 1.25\ I_{M_{mayor}} + (\Sigma\ I_{demás\ motores})\ F.D.$

$A_{con} = 1.25\ (76.7) + 95.97 \times 0.8$

$A_{con} = 172.7$ amp.

Dada la importancia del alimentador y el calibre que se estima va a ser necesario, se decide instalar conductores con aislamiento THW aptos para soportar una temperatura interior de 75°C. Para este aislamiento el conductor a utilizar será el núme

ro 2/0 AWG que soporta 175 amp.

Debido a que en la canalización se van a alojar 9 conductores activos (3 del alimentador y 6 de otros circuitos), el factor de agrupamiento es de 0.7 y el de temperatura no se considera, pues no existen condiciones de sobretemperatura.

$A_{real} = A_{con} \times F.A. \times F.T.$

$A_{real} = 175 \times 0.7 \times 1.0$

$A_{real} = 122.5$ amperes

Como se observa este calibre no soporta la corriente del alimentador. Se prueba una 2a. alternativa:

Conductor de 250 MCM, aislamiento THW con

$A_{con} = 255$ amperes

$A_{real} = A_{con} \times F.A. \times F.T.$

$A_{real} = 255 \times 0.7 \times 1.0$

$A_{real} = 178.5$ amp.

De lo anterior, se observa que este conductor si es el adecuado. En este punto se tiene que decidir si el alimentador se diseña justo, o si se le da una capacidad de reserva para ampliaciones futuras. Dependiendo de dicha reserva, se podría especificar conductores de 300MCM (15% reserva), o de 400 MCM (36% reserva).

II - 3 Calibre de los conductores (por caída de tensión), si la longitud del alimentador es de 45m y la máxima caída de tensión permisible es del 1.5%

Se calcula la sección transversal mínima

$$S = \frac{2 \times L \times I}{E_n \times e\%} \qquad \frac{2 \times 45 \times 138.2}{254 \times 1.5}$$

$S = 32.64$ mm ^{2}

###...

que corresponde a un conductor de calibre número 2AWG.

Comparando los resultados anteriores, se escoge el conductor de calibre 250MCM, aislamiento THW.

II - 4 Valor de la protección contra sobrecorriente del alimentador.

En este caso, se puede realizar las mismas consideraciones en relación al tipo de la protección.

Supongámos ésta, constituida por un interruptor termomagnético.

El valor de la protección será:

$V_{prot._{alim.}} = V_{prot._{M_{mayor}}} + \sum I_{demás\ motores}$

Suponiendo $V_{prot_{M_{mayor}}}$ como mínima (200 amp.)

$V_{prot._{alim.}} = 200 + 95.97 = 295.97$ amperes

$V_{prot._{alim.}} = 3 \times 300$ amperes como mínimo

Suponiendo $V_{prot._{M_{mayor}}}$ como máxima (300 amp.)

$V_{prot._{alim.}} = 300 + 95.97 = 395.97$ amperes

$V_{prot._{alim.}} = 3 \times 400$ amperes

Utilizando otro criterio de selección:

$V_{prot._{alim.}} = 3I_{mot._{mayor}} + I_{alim.}$

$V_{prot._{alim.}} = 3 \times 76.7 + 138.2 = 368.3$ amperes

$V_{prot._{alim.}} = 3 \times 350$ amperes

Utilizando un tercer criterio de selección:

$V_{prot_{alim.}} = 1.5$ Ampacidad de los conductores

###...

$V_{prot._{alim.}}$ = 1.5 x 255 (para 250MCM)

$V_{prot_{Alim.}}$ = 382.5 3 x 400 amperes.

Cualquiera de los valores de las protecciones calculadas es adecuado para el alimentador.

II - 5 Dimensiones de la canalización, si además de -- los conductores del alimentador, se alojan 3 conductores del número 4 AWG, 3 del número 1/0 AWG y un conductor neutro del número 3/0 AWG que normalmente no conduce corriente.

Considerando el cobre y el aislamiento, la sección ocupada del tubo será:

3 Cond. de 250 MCM	=	824.7 mm.^{2}
3 Cond. del # 4AWG	=	193.4 mm.^{2}
3 Cond. del # 1/0AWG	=	424.8 mm.^{2}
1 Cond. del # 3/0	=	198.8 mm.^{2}
T O T A L		1641.7 mm.^{2}

Como el area ocupada del tubo no deberá ser mayor del 40% de su área total. Dicha área no deberá ser menor de:

1641.7 mm.^{2} = 40%

A = 100%

$$A = \frac{100}{40} \times 1641.7 = 4104.3 \text{ mm.}^2$$

El diametro del tubo no deberá ser menor de:

$$D \geq \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 4104.3}{\pi}} = 72.3 \text{ mm.}$$

Correspondiendo a un tubo de diametro nominal de - - 76 mm. (3"). En este caso, puede resultar atractiva la instalación de ducto cuadrado embisagrado de 6.5 cms. por lado, cumpliendo con el factor de relleno del 40% :

$$\text{Area util ducto} = \frac{(6.5 \times 10)\ (6.5 \times 10) \times 40}{100}$$

###...

Area util ducto = 1690 mm.^{2}

La desición entre las alternativas presentadas dependerá de factores de instalación, económicos, de medio ambiente, etc.

db'

IV.- SUBESTACION

La instalación que se está proyectando cuenta con 3 - alimentadores de las siguientes características.

Alim - 1; 9 motores trifásicos de las características enunciadas en el punto II.

Alim - 2; 17 motores trifásicos con capacidad total - de 430 H.P. = 90% y FP = 0.85, a 440 volts F.D.=0.7

Alim - 3; 1 tablero de alumbrado y contactos de 26.2- KW de capacidad F.D.=0.75, alimentado mediante un - - transformador trifásico de 30 KVA, 440/220-127 volts.

Contestese lo siguiente:

IV.-1 Capacidad del transformador de la subestación - si se desea una reserva del 20% de la demanda máxima, para futuras ampliaciones.

Se calcula la carga conectada:

Alim 1 - Ialim = ampo., F. D. = 0.8
carga total = Ialim X $\sqrt{3}$ X KV = 172.7 X $\sqrt{3}$ X 0.44=131.6KVA

Alim 2

$$\text{carga total} = \frac{\text{H.P.} \times 0.746}{\eta \times \text{F.P.}} = \frac{430 \times 0.746}{0.9 \times 0.85}$$

carga total = 419.3 KVA F.D.= 0.7

Alim - 3
carga total = 26.2 KW 26.2 KVA debido a que F.P. = 1.0 y F.D. = 0.75
Carga total conectada:

Alim-1 + Alim-2 + Alim-3= 131.6 X 419.3 X 26.2
carga total concotada = 577.1 KVA
Demanda máxima = Alim-1 X F.D.1 + Alim-2 X F.D.2 + - Alim - 3 X F.D.3
Dem. máxima = 131.6 X 0.8 + 419.3 X 0.7 + 26.2 X 0.75
Dem. máxima = 418.4 KVA

Se considerará una reserva del 20% de la demanda máxima, es decir.

Reserva = Dem. máxima X 0.2 = 418.4 X 0.2
Reserva = 83.7 KVA

La capacidad del transformador será:

CAP TRANSF. = Dem. máxima + Reserva
CAP TRANSF. = 418.4 + 83.7 = 502.1 ≃ 500 KVA

IV.-2 Corriente nominal primaria y secundaria del — transformador si la tensión en el lado primario es de 23 KV y - en el secundario de 440 volts.

$$\text{I en el lado primario} = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \times \text{KV}} = \frac{500}{\sqrt{3} \times 23}$$

I primaria = 12.55 amperes.

Corriente en el lado secundario

$$\text{Isec} = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \times \text{KV}_s} = \frac{500}{\sqrt{3} \times 0.44} = 656.1 \text{ amp.}$$

IV.-3 Valor de la protección contra sobrecorriente en el lado primario.

Con este valor de corriente de corto circuito, debe especificarse el fusible.

Nota.- Los demás dispositivos de una subestación de esta capacidad tales como barras, seccionadores, apartarrayos, etc.; suelen venir previamente calculados y comprobados, especialmente si la subestación es del tipo compacto como es el caso general para subestaciones de dicha capacidad.

Por lo anterior, no se incluyen los calculos respectivos.

Para la capacidad del transformador que nos ocupa la solución mas económica la representa un interruptor con fusibles para alta tensión. El valor del fusible dependerá de la capacidad del transformador, de la demanda máxima de la instalación y de la menor o mayor probabilidad de que el transformador se sobrecargue.

En nuestro caso el transformador solo está cargado al 84% de su capacidad, además suponemos que está protegido en el lado de baja tensión por un interruptor termomagnético de capacidad adecuada. Estas 2 razones hacen que la probabilidad de que el transformador se sobrecargue sea muy remota.

Por lo anterior el valor del fusible no deberá ser mayor de:

$$V_{fusible} \leq 2.5 \times I_{nomprimaria}$$

$$V_{fusible} \leq 2.5 \times 12.55 = 31.375 \text{ amp.}$$

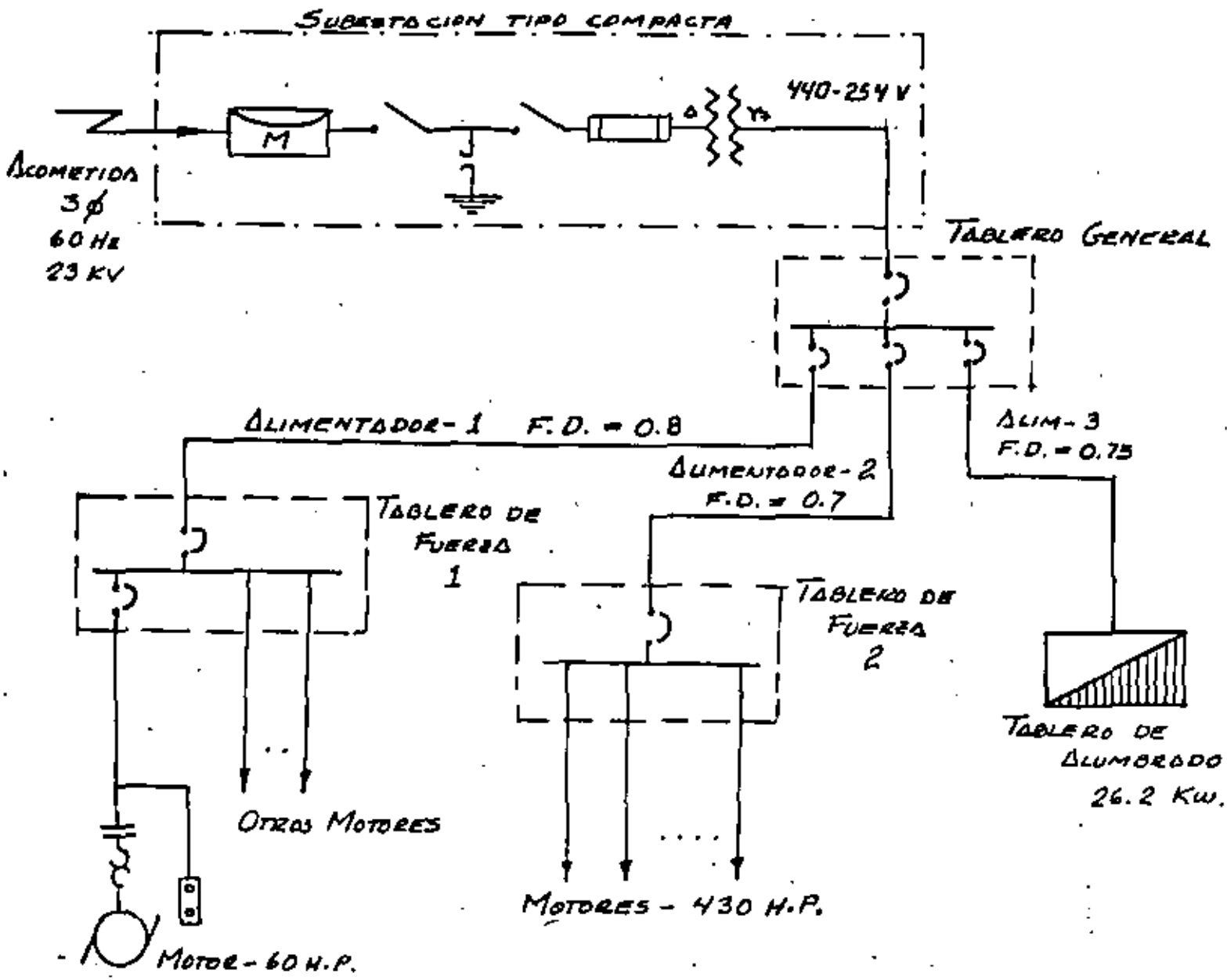
Lo que corresponde a un valor comercial de hasta 30 amperes como máximo. Si las condiciones en las que trabaja el transformador hacen mas probable una sobrecarga peligrosa, se deberá escoger el valor de 25, de 20 o incluso de 15 amperes.

IV.- Corriente simétrica efectiva (rms) de corto circuito en el interruptor, si la capacidad de corto circuito dada por la Compañía Suministradora para el punto de acometida, es de 750 KVA.

Conversión:

$$I_{cc} = \frac{KVAcc}{\sqrt{3}\ KV_p} \qquad \frac{750\ 000}{\sqrt{3} \times 23}$$

$$I_{cc} = 18826.6 \text{ amperes sym-rms.}$$


SUBESTACION TIPO COMPACTA
M
440-254 V
ACOMETIDA
3 ϕ
60 Hz
23 KV
TABLERO GENERAL
ALIMENTADOR-1 F.D. = 0.8
ALIM-3
F.D. = 0.75
ALIMENTADOR-2
F.D. = 0.7
TABLERO DE FUERZA 1
TABLERO DE FUERZA 2
TABLERO DE ALUMBRADO
26.2 KW.
OTROS MOTORES
MOTORES - 430 H.P.
MOTOR - 60 H.P.

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

INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

PROYECTO DE UNA INSTALACION ELECTRICA

ING. HECTOR SANCHEZ CEBALLOS

FEBRERO? 1982

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

A.- PROYECTO DE INSTALACION ELECTRICA.

Para ejectuar una instalación eléctrica, es fundamental que se realice siguiendo los lineamientos del proyecto previamente aprobado, debido a que en éste 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 idónea 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 pendienes 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 memorias técnico descriptiva y ellos deben establecerse con lujo de detalle y explicaciones las obras que van a realizarse.

I. Planos:

a). Diagrama Unifilar que represente la totalidad de la instalación eléctrica, mostrando la acometida, el arreglo de la subestación (si la hay), el o los tableros generales de distribución y sus protecciones principales, los alimentadores, las subalimentadores, los tableros de fuerza, de alumbrado, los centros de control de motores, etc.; y si es posible, mostrar los circuitos derivados indicando a que máquina o motor alimentan, así como las protecciones de los mismos. Será conveniente incluir además datos tales como: factores de demanda y diversidad, tensión de trabajo, número de fases, valor de las protecciones de la instalación, calibre de conductores de alimentadores y circuitos derivados, diametros y otras dimensiones de las canalizaciones, así como número de conductores que viajan por ellos.

b). Cuadro de Cargas de Motores y Máquinas en el que se concentre toda la información relativa a ellos y deberá contener lo siguiente: identificación y descripción del motor o máquina, tipo de servicio de instalación, capacidad en KW o H.P., y corriente nominal, número de fases, tipos y ajustes de las protecciones contra sobrecorriente y sobrecarga, calibre de los conductores del circuito derivado que lo abastece, tipos de arranque y de arrancador, capacidad de éste último y otros datos y características peculiares de cada máquina que sean necesarios.

c). Cuadro de Cargas de alumbrado, contactos y aparatos pequeños en donde se concentre toda la información relativa a ellos y deberá contener lo siguiente: identificación del tablero y de los circuitos, tipos de cargas que controla cada tablero, tensión de trabajo, número de fases, carga por circuito, protección principal y por circuito, calibre de conductores que abastecen al tablero y a los circuitos derivados y caída de tensión de los circuitos.

d). Vistas físicas que deberán mostrar la localización de los equipos y sistemas de que consta la instalación y consistirán en vistas de planta que muestren la ubicación de la acometida, de la subestación (si la hay), del tablero o de los tableros generales de distribución, la trayectoria de alimentadores, subalimentadores y circuitos derivados, la ubicación de motores, arrancadores, máquinas y otros aparatos, unidades de alumbrado, etc.; identificando cada parte de acuerdo a lo asentado en el diagrama unifilar y los cuadros de carga. Asímismo deberán indicarse los calibres de conductores, las características de las canalizaciones y el valor de las protecciones principales.

e). 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 represente cada plano

de conjunto.

En instalaciones en edificios con más de un nivel deberán mostrar las trayectorias verticales, mediante cortes adecuados, y con la información citada anteriormente.

f). En caso de existir áreas con atmósferas peligrosas, con excesiva humedad o equipo que trabaje a más de 150 Volts a tierra, deberá incluirse planos que muestren las características y la localización del sistema de tierras empleado, debiendo incluirse la siguiente información: calibre de los conductores que componen la red, así como los de puesta a tierra del equipo, características de los electrodos empleados, materiales empleados, etc.; debiendo mostrar cortes de la conexión a tierra de carcazas, de gabinetes, de canalizaciones, etc.

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

I.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 conectores, 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 pértiga, tarimas aislante o implementos para maniobras, así como el 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, ventilación en su caso y medio de acceso al local.

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, en las subestaciones compactas comerciales no es necesario este punto.

I.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, 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, tales como: capacidad nominal, tensión de trabajo, número de fases, etc.

c). Indicar los sistema 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 tipo y dimensiones de electrodos, conductores y accesorios.

I.3.- Líneas Aéreas.

a). Indicar los detalles de crucetas, postes y estructuras, aisladores incluyendo sus dimensiones y características principales.

b). Especificar la distancia de las vías férreas y carreteras o caminos a postes o estructuras así como la altura de conductores sobre las mismas, cuando existan cruzamientos.

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

d). Indicar el tipo y calibre de los conductores.

I.4.- Líneas subterráneas.

a). Mostrar cortes de los ductos existentes especificando la separación entre los ductos que contengan líneas de energía respecto a los que alojan líneas de comunicación, indicando el número y el calibre de conductores, tipos de aislamiento, etc.

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

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

d). En general, es necesario especificar todos aquellos detalles que permitan observar claramente este tipo de líneas.

I.5.- Redes de Distribución en Alta Tensión para Fraccionamientos.

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, aisladores, trayectoria de conductores, bancos de transformación y sus dispositivos de protección contra sobrecorriente y sobre tensiones, incluyendo detalles de las vistas de planta y elevación de los bancos de transformación, postes o estructuras, retenidas y cambios de dirección de conductores.

c). Anotar las especificaciones y características completas 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 características, terminales o mufas, empalmes y detalles específicos sobre los tipos de subestación utilizados.

I.6.- Redes de Distribución en Fraccionamientos para Alumbrado y Servicios Domiciliarios.

a). Representar en vistas físicas, postes, herrajes, crucetas, aisladores, conductores, acometidas, retenidas, luminarias y sus dispositivos de control y protección por cada circuito.

b). Mostrar 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.

Los planos deberán ajustarse además a las siguientes reglas:

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

b). Nombre, firma autógrafa, número de registro en la Subdirección 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). Relación de símbolos eléctricos, utilizando de preferencia aquellos que están normalizados.

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

f). Escala a la que se hacen los dibujos.

II.- MEMORIA TECNICO-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 trata, 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 carga 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 conductores, 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.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 interruptiva.

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

c). Características de los conductores que enlazan 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.- Plantas Generadoras de Energía Eléctrica para Casos de Emergencia.

a). Describir los elementos del control de velocidad arranque y paro del primotor, 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.3.- Líneas Aéreas.

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.4.- Líneas Subterráneas.

a). Esfuerzos mecánicos a que se someterán los ductos.

b). Cálculo de conductores, factores que entran en juego.

II.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; es decir, especificación del tipo de equipo a usar en relación con la atmosfera en la que va a operar.

II.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.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 general exclusivamente, debiendo incluirse en la memoria todos aquellos datos que sean necesarios para comprender el proyecto y para evitar puntos ambiguos y omisiones en las especificaciones de materiales, de equipos y sistemas.

8.- PERSONAS CAPACITADAS PARA PROYECTAR Y CONSTRUIR 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 Subdirección 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, la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, establece las reglas para facultar a las personas que forman el grupo de profesionales para desarrollar actividades en la industria 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.

I.- 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

Una persona podrá hacerse cargo de una o más de las dos etapas anteriores.

Se entiende como Responsable de proyecto, aquella persona que observa en el diseño de las instalaciones eléctricas, aspectos de seguridad, funcionalidad, continuidad, flexibilidad y los costos de las alternativas correspondientes, obteniendo de esa manera el proyecto óptimo.

La persona responsable de la ejecución de las obras eléctricas, es aquella que vigila que la construcción de dichas obras se apegue al proyecto

previamente aprobado, bajo estrictos puntos de ética profesional, empleando el material y equipo adecuado, fundamentalmente en áreas peligrosas, donde la instalación del equipo debe realizarse con mucho mayor cuidado, tomando en cuenta lo riguroso de las disposiciones reglamentarias sobre este particular. Por otra parte deberá informar a la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, de las modificaciones que pudieran surgir durante la instalación, tanto de proyecto como de programa de obras por cada una de las etapas de construcción, mediante una memoria-técnico-descriptiva y de cálculo donde se manifiesten dichos cambios con su apropiada justificación técnica o un nuevo programa, según sea el caso. Asímismo debe estar pendiente de la práctica de inspecciones que en obras realice la Secretaría, con el objeto de que esté presente en el ejercicio de éstas para las indicaciones y aclaraciones a que hubiera lugar.

II.- RESPONSABILIDADES DE LAS PERSONAS TECNICAMENTE CAPACITADAS.

Cada categoría de persona capacitada tiene definidas 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 mencionan 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 Subdirección General de Electricidad.

d). Realizar los proyectos apegándose al Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas y las especificaciones que la Secretaría indique. Debiendo ser lo más explícito posible en la elaboración de planos y memorias a fin de poder ser interpretados correctamente.

e). Instalar solamente equipo y material eléctrico autorizado por la Secretaría y que ostente el No. de registro correspondiente.

f). Coordinar con el usuario y la Subdirección General de Electricidad las visitas de inspección a las obras en las que sea responsable y en las que debe estar presente.

g). Acatar las disposiciones y observaciones que en base a las disposiciones reglamentarias establecidas, la Secretaría le haga, en relación a la inspección practicada.

h). Asesorar en materia eléctrica a los usuarios, que contraten sus servicios profesionales, así como orientarlos sobre el cumplimiento de las disposiciones reglamentarias.

tra incendio, detección de humos o vapores, bloqueos de seguridad, etc.)

VII.- Pruebas a equipos.

VII-1. Transformadores

a) Prueba de rigidez dieléctrica de aislamientos sólidos (boquillas) y de aislamient s líquidos (aceite, askarel, silicona, etc.)

b) Prueba en vacío (corriente de excitación y pérdidas).

c) Prueba de elevación de temperatura en condiciones normales.

d) Prueba del combinador de derivaciones y medición de tensión secundaria.

VII-2. Subestaciones

a) Prueba de funcionamiento de seccionadores e interruptores.

b) Prueba de enlaces y bloqueos eléctricos o mecánicos.

VII-3. Motores:

Prueba de funcionamiento normal (arranque, plena carga, paro) y elevación de temperatura.

VII-4. Luminarias:

Prueba de funcionamiento normal; medición del nivel de iluminación.

VII-5. Soldadoras, grúas, elevadores, montacargas y otros equipos especiales:

Pruebas de funcionamiento normal (arranque, plena carga, sobrecarga, paro, elevación de temperatura, etc.)