

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.**

**PROGRAMA**

**CURSO:** INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS

**INSTITUCIÓN:** DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

**LUGAR:** MEXICO, D.F.

FECHA	HORARIO	TEMA	EXPOSITOR
VIERNES 12	15:00 A 19:00	CONDUCTORES	ARQ. ESTEBAN IZQUIERDO RESENDIZ
		TIPOS	
		CARACTERISTICAS	
		CAPACIDADES	
		AISLAMIENTOS	
		RESISTENCIAS	
LUNES 15	15:00 A 19:00	SISTEMAS DE PROTECCION	ARQ. ESTEBAN IZQUIERDO RESENDIZ
		SOBRECORRIENTE	
		SOBRECARGA	
		INTERRUPTORES DE CARGA	
		CORTO CIRCUITO	
MARTES 16	15:00 A 19:00	SISTEMAS DE PROTECCION	ARQ. ESTEBAN IZQUIERDO RESENDIZ
		FUSIBLES	
		PROTECCION DE CONDUCTORES	
		PROTECCION DE EQUIPO	
MIERCOLES 17	15:00 A 19:00	SISTEMA DE APARTARRAYOS	ARQ. ESTEBAN IZQUIERDO RESENDIZ
		DISEÑO	
JUEVES 18	15:00 A 19:00	SUBESTACIONES ELECTRICAS	ING. PERCY SARMIENTO NAVA
		MANTENIMIENTO S.E.	



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.**

**PROGRAMA**

**CURSO:** INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS  
**INSTITUCIÓN:** DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
**LUGAR:** MEXICO, D.F.

FECHA	HORARIO	TEMA	EXPOSITOR
LUNES 8	15:00 A 19:00	INTRODUCCION GENERAL	ING. PERCY SARMIENTO NAVA
		OBSERVANCIA DE LEYES, REGLAMENTOS Y	
		NORMAS VIGENTES PARA INSTALACIONES	
		ELECTRICAS EN MEXICO	
		SECOFI	
		SEMIP	
		COMPANIA DE LUZ Y FUERZA	
		(CONTRATACION Y TARIFAS)	
MARTES 9	15:00 A 19:00	CRITERIOS DE PROYECTO	ING. PERCY SARMIENTO NAVA
		SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA	
		PARTES QUE CONSTITUYEN UNA INSTALACION	
		ELECTRICA	
MIERCOLES 10	15:00 A 19:00	SISTEMAS DE DISTRIBUCION	ARQ. ESTEBAN IZQUIERDO RESENDIZ
		CIRCUITOS ALIMENTADORES	
		CENTROS DE DISTRIBUCION	
		CIRCUITOS DERIVADOS	
JUEVES 11	15:00 A 19:00	SISTEMAS DE CARGAS	ARQ. ESTEBAN IZQUIERDO RESENDIZ
		ILUMINACION	
		CONTACTOS	
		FUERZA	

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
DIVISION OF THE PHYSICAL SCIENCES

DEPARTMENT OF CHEMISTRY  
5708 S. UNIVERSITY AVENUE  
CHICAGO, ILLINOIS 60637

RECEIVED  
JAN 15 1964

1964

TO THE DIRECTOR  
OF THE DIVISION OF THE PHYSICAL SCIENCES  
UNIVERSITY OF CHICAGO

FROM  
DR. [Name]

RE: [Subject]

[Additional text]

[Additional text]





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

*CURSOS INSTITUCIONALES*

*DEL 8 AL 19 DE ABRIL 1996/ca070*

*INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS  
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL*

- CRITERIOS DE PROYECTO*
- SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA*
- PARTES QUE CONSTITUYEN UNA  
INSTALACION ELECTRICA*

*EXPOSITOR  
ING. PERCY SARMIENTO NAVA  
MEXICO, D.F.*

## 6. PLANEACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

### 6.1. INTRODUCCION:

Antes que nada, debemos tomar en cuenta que nuestra función como ingenieros o personal técnicamente capacitado, es la de poner al servicio de la sociedad todos nuestros conocimientos, sapiencia y sagacidad con el objeto de que podamos satisfacer sus cada vez más sofisticadas necesidades.

Eléctricamente hablando, la necesidad que nos atañe se traduce en resumidas cuentas en una determinada carga eléctrica que debemos de alimentar. En este sentido, debemos puntualizar que la continuidad del servicio, ligado a la calidad del mismo, está en nuestras manos y dependerá de lo confiable de nuestra insulación.

Es prácticamente imposible que se encuentren dos instalaciones con las mismas necesidades eléctricas, de ahí que no se puedan utilizar iguales sistemas de distribución, sin embargo, se siguen criterios, recomendaciones, códigos e imposiciones sujetos a las Normas Oficiales Mexicanas para Instalaciones Eléctricas para garantizar el óptimo funcionamiento de las mismas.

Era muy común, e incluso hasta ahora se encuentra, que no se dé a las instalaciones eléctricas la importancia que se merecen. Se debe, entre otras cosas, al hecho de que los costos de las mismas, comparativamente con los costos globales de la construcción, no son de vital importancia. (dificilmente alcanzan un 15%), por otro lado, el sistema eléctrico no es un fin en sí (ó el producto final); simplemente es una parte del proceso para lograr los productos finales.

Sin embargo, la utilización de la energía eléctrica esta tomando tal importancia, que hay Instituciones y Organismos que comienzan a prestar mayor atención a este rubro. Pensemos por ejemplo en los bancos de crédito: (un banco con sistemas de cómputo y telecomunicaciones deficientes resulta incompetente), en hospitales: (independientemente de la continuidad del servicio, la Electrónica Médica, cuyos aparatos sofisticados requieren de un suministro de energía eléctrica libre de transitorios y de cargas electrostáticas), oficinas grales: (con sus Site's de cómputo, Rack's de comunicaciones, e incluso iluminación y fuerza, pues el consumo de energía eléctrica es tan alto, que se esta comenzando a introducir el concepto de edificios inteligentes que entre otras cosas va enfocado al ahorro de energía).

En síntesis, es muy importante que tengamos especial cuidado en la planificación de las instalaciones eléctricas participando, si es posible desde la elaboración del anteproyecto. Obviamente este anteproyecto y posteriormente el proyecto deberán elaborarse con la participación de todos los responsables de las diferentes áreas que de una u otra forma participarán en la obra.

## 6.2. OBSERVACIONES BASICAS PARA EL PROYECTO:

- I.- **SEGURIDAD** *Este es el aspecto más importante que no admite ningún tipo de restricciones. Tal vez lo único verdaderamente importante e irrecuperable que tenemos es la vida.*
- Para la utilización de materiales, construcción y equipos eléctricos pueden asumirse ciertos compromisos si no afectan la seguridad del personal.*
- II.- **CONFIABILIDAD** *Dependerá del grado de continuidad que se requiera en el servicio, según la importancia y prioridad de las cargas. Las fallas eléctricas deben aislarse causando disturbios mínimos al sistema y en un momento dado contar con sistemas de emergencia.*
- III.- **SIMPLICIDAD DE OPERACION:** *El sistema debe poderse operar en la forma más simple posible tanto en condiciones normales como de emergencia.*
- IV.- **REGULACION DE TENSIÓN Y LIMPIEZA DE LA LINEA(LIBRE DE DISTORSIONES E INTERFERENCIAS)** *Tanto el rendimiento de los equipos como su vida útil están ligados al voltaje nominal de operación y a la limpieza de transitorios y distorsiones de la energía eléctrica con que trabajan. Es importante contar con una buena regulación de voltaje y con las protecciones y/o medidas que garanticen la calidad de la energía suministrada.*
- V.- **MANTENIMIENTO:** *Debe preverse el acceso seguro y fácil para limpieza, reparación, ajuste y mantenimiento rutinario.*
- VI.- **FLEXIBILIDAD:** *Deben preverse posibles expansiones futuras por aumento de carga y sus repercusiones en la capacidad de las instalaciones y equipo, dentro de lo económicamente factible.*
- VII.- **NORMATIVIDAD:** *Deben satisfacerse las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMP-1994)*
- VIII.- **COSTO INICIAL:** *Es un factor importante, sin embargo no debe ser determinante en la elección del proyecto si se sacrifica seguridad.*
- Es muy importante estudiar varias alternativas para ofrecer el mejor servicio al más bajo costo.*
- .....AHI RADICA LA EXCELENCIA DE UN PROYECTO.*



## 6.3. GUIA PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO ELECTRICO EN EDIFICIOS:

### 6.3.1. DISCUSION DE CRITERIOS.

En esta primera etapa se deben entender los criterios y políticas a seguir en determinada obra. Normalmente los propietarios ó personas contratantes son quienes establecen dichos criterios en función de la población a la cual está destinada la obra, los recursos con que se cuentan, las prioridades de los servicios y se designa a los responsables encargados de alimentarnos con la información requerida.

Cuando existe un anteproyecto, se comenzará con los pasos que siguen para la depuración del mismo.

### 6.3.2. ANALISIS Y ESTUDIO DE CARGAS.

Obtenga la mayor información posible respecto a las cargas eléctricas y equipo a instalar.. Evalúe sus características eléctricas como ser: potencia, tensión de operación, número de fases, recomendaciones eléctricas de los fabricantes, ubicación de los equipos, interferencia con respecto a otros equipos, prioridad del servicio, etc.

Normalmente este analisis se efectuará en coordinación con los responsables y/o técnicos especializados de cada área. Es muy frecuente que al inicio no se pueda contar con toda la información requerida, en tal caso se debe estimar con base en cargas típicas por áreas ó por índices elaborados en base a instalaciones similares. (Existen un sin número de tablas por ej. Tabla 220-3 de las Normas y recomendaciones de manuales técnicos que pueden asumirse como un parámetro de comparación, aunque se debe tener mucho cuidado con adoptar dichas cifras para nuestro caso en particular.)

Recuerde que cuanto mayor fidedigna sea la información de la carga a instalar y más se la haya digerido, más adecuada será nuestra instalación. Esto repercutirá directamente en los costos a través de una óptima operación.

#### 6.3.2.1. DEMANDA Y ALGUNAS DEFINICIONES

La suma de los valores nominales de las cargas proporciona la carga total conectada, conocida como CARGA INSTALADA, sin embargo debido a que no todos los equipos operan a su capacidad plena y no todos trabajan simultáneamente, la demanda resultante es menor que la carga instalada.

Determine la demanda para efectos de cálculo de los alimentadores. (Tablas 220-11 a la 220-41 de las Normas vigentes)

##### 6.3.2.1.1. DEMANDA

La demanda de una instalación eléctrica es la carga en las terminales receptoras, promediada en un intervalo de tiempo determinado.(KVA, A, KW,etc.) El periodo durante el cual es tomado el valor medio se denomina INTERVALO DE DEMANDA (normalmente de 15 min.)

##### 6.3.2.1.2. DEMANDA MAXIMA (DM)

La mayor de las demandas que han ocurrido en un periodo específico de tiempo. (para la Cia Suministradora este puede ser de un mes)

**6.3.2.1.3. FACTOR DE DEMANDA (FD)**

Matemáticamente se expresa como:

$$FD = DM / CARGA INSTALADA$$

(En realidad es este valor en % es el que aparece en las tablas citadas anteriormente)

**6.3.2.1.4. CARGA PICO**

La máxima carga consumida o producida por una unidad o grupo de unidades en un intervalo de tiempo. Podrá ser la máxima carga instantánea o promedio durante el periodo.

**6.3.3. CALCULOS**

Elaborar la parte técnica en sí del proyecto, apegándose en su integridad a las Normatividad vigente. La secuencia de los cálculos a efectuar recomendada es la siguiente:

- 6.3.3.1. ILUMINACION
- 6.3.3.2. CARGA DEFINIDA E INDEFINIDA
- 6.3.3.3. UBICACION DE TABLEROS DE DISTRIBUCION
- 6.3.3.4. CIRCUITOS DERIVADOS Y PROTECCIONES
- 6.3.3.5. UBICACION DE TABLEROS GENERALES
- 6.3.3.6. ALIMENTADORES Y PROTECCIONES
- 6.3.3.7. SUBESTACION O INTERRUPTOR PRINCIPAL
- 6.3.3.8. SISTEMAS DE TIERRAS

ESTOS CALCULOS SE CONSTITUIRAN EN LA BASE PARA LA MEJORA DE CALCULO REQUERIDA POR LAS NORMAS.

**6.3.4. ELABORACION DE PLANOS**

Conforme a lo estipulado en las publicaciones oficiales del 9/V/88 donde se especifican los requerimientos y contenido mínimo de los proyectos y planos eléctricos, vaciado de toda la información para su revisión.

Aunque con la autorización de las Unidades Verificadoras de Instalaciones Eléctricas se simplificó de alguna forma la presentación de esta información, es recomendable continuar con todas esas especificaciones con el objeto de que la revisión por parte de la UVIE sea más rápida, clara y concisa.

Por otra parte recordemos que los planos se constituyen en el patrón que regirá durante la ejecución de la obra, en ese sentido cuanto más clara y desglosada esté la información, más accesible será para los trabajadores.

**6.3.5. CORRECCION CONFORME A LAS RECOMENDACIONES DE LA UNIDAD VERIFICADORA**

(Válido cuando el proyectista no está no fungirá como Unidad Verificadora.)

# 1.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION.

## 1.1 Antecedentes

### Definición

Un sistema de distribución eléctrico es el conjunto de elementos encargados de suministrar la energía desde una subestación de potencia hasta el usuario. La función de la Red de Distribución es tomar de la fuente la energía eléctrica en bloque y distribuirla a los usuarios en los niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por los reglamentos.

Aunque los sistemas de distribución han sido siempre parte esencial de cualquier proyecto de generación y venta de energía eléctrica, su diseño fue considerado por muchos años, más un arte que una ciencia.

Es reciente, sobre todo en los países en desarrollo, cuando se ha hecho palpable la necesidad de aplicar una cuidadosa tecnología eléctrica, destacándose en este último decenio el uso, tanto de las computadoras analógicas como digitales a la solución de los problemas, cada vez más complejos de la Ingeniería de Distribución.

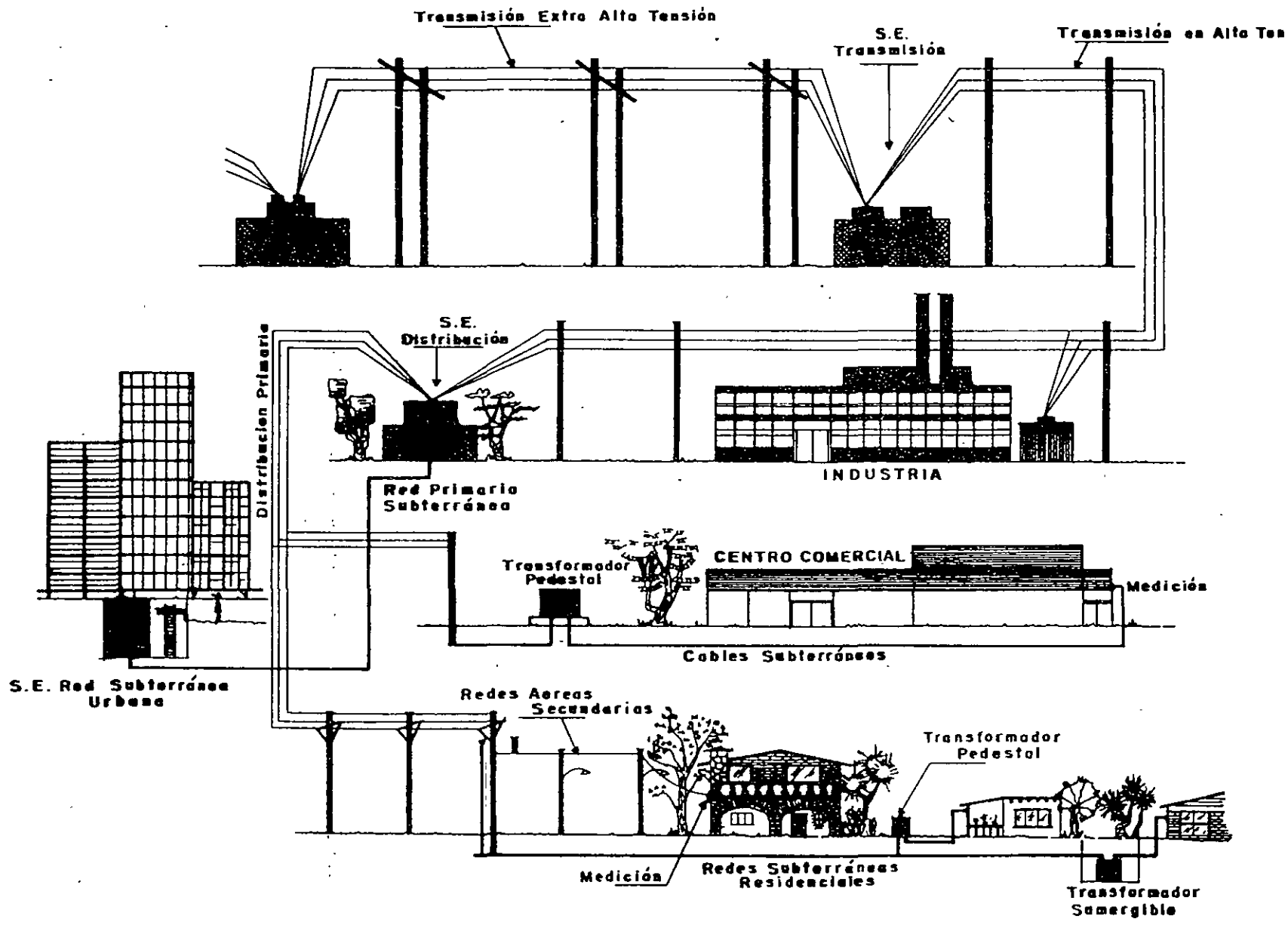


FIGURA 1.1 - SISTEMA DE DISTRIBUCION (AEREO Y SUBTERRANEO)

La red de distribución debe proyectarse de modo que pueda ser ampliada - progresivamente, con escasos cambios en las construcciones existentes tomando en cuenta ciertos principios económicos, con el fin de asegurar un servicio adecuado y continuo para la carga presente y futura, al mínimo costo de operación.

### Clasificación

En función de su construcción se pueden clasificar en:

Sistemas aéreos

Sistemas subterráneos

Sistemas mixtos

### Principales elementos componentes

Los principales elementos componentes de un sistema de distribución son:

Líneas primarias

Transformadores de distribución

Líneas secundarias

Acometidas

Equipos de medición

Equipos de protección contra sobretensiones y sobrecorrientes

### Líneas primarias

Son las encargadas de llevar la energía desde las subestaciones de potencia - hasta los transformadores de distribución. Los conductores van apoyados en - - poste cuando se trata de instalaciones aéreas y en conductos o directamente - enterrados cuando se trata de instalaciones subterráneas.

Los componentes de una línea primaria son:

TRONCAL

RAMAL

- a) Troncal. Es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía desde la subestación de potencia a los ramales. En los sistemas de distribución, estos conductores son de calibres gruesos: 336, 556 y hasta 795 MCM (calibre de aluminio con alma de acero), dependiendo del valor de la densidad de carga.
- b) Ramal. Es la parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en el cual van conectados los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en mediana tensión, en general son de calibre menor al troncal.

Los alimentadores primarios normalmente se estructuran en forma radial; en un sistema de este tipo la forma geométrica del alimentador se parece a la de un árbol en el que el grueso de la energía se transmite a lo largo de una troncal, derivándose a la carga a lo largo de los ramales. Ver figura 1.12

Las redes primarias, por el número de fases e hilos, se pueden clasificar en:

Trifásicas tres hilos

Trifásicas cuatro hilos

Monofásicas dos hilos

Monofásicas un hilo

Las redes primarias trifásicas con tres hilos requieren una menor inversión inicial, en lo que a material de la línea se refiere; sin embargo, debido a que estos sistemas tienen un coeficiente de aterrizamiento mayor que uno trifásico cuatro hilos, permiten que los equipos que se instalen en estos sistemas de distribución tengan niveles de aislamiento mayores con costos mayores. Una característica adicional de estos sistemas es que los transformadores de distribución conectados a estas líneas son de neutro flotante en el lado primario. Por lo que se refiere a detección de fallas de fase a tierra, en estos sistemas es más difícil detectar estas corrientes, en comparación con los sistemas trifásicos 4 hilos, ya que al ser mayor la impedancia de secuencia cero de las líneas, las corrientes de falla son menores. Estas redes se utilizan en zonas urbanas.

Las redes primarias trifásicas con cuatro hilos requieren una mayor inversión inicial, ya que se agrega el costo del cuarto hilo (neutro) al de los tres hilos de fase; sin embargo, debido a que estos sistemas tienen un coeficiente de aterrizamiento menor que la unidad, los equipos que se conecten a estas líneas requieren de un menor nivel de aislamiento con menor costo de inversión. Estos sistemas se caracterizan porque a ellos se conectan transformadores con el neutro aterrizado en el devanado primario y transformadores monofásicos cuya tensión primaria es la de fase a neutro. En estos sistemas es más fácil detectar las corrientes de falla de fase a tierra ya que estos pueden regresar por el hilo neutro. Estas redes se utilizan en zonas urbanas.

Las redes primarias monofásicas de dos hilos se originan de redes trifásicas; de hecho son derivaciones de líneas trifásicas 3 hilos que sirven para alimentar transformadores monofásicos que reciben la tensión entre fases en el devanado primario. Este sistema es usado en zonas rurales o en zonas de baja densidad de carga.

Las redes primarias monofásicas de un hilo son derivaciones de redes trifásicas que permiten alimentar transformadores monofásicos, usándose estas redes en zonas rurales, debido a la economía que representan en costo.

#### Transformadores de distribución

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor, de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas. En si, el transformador de distribución es la liga entre la red primaria y la red secundaria.

La capacidad del transformador se selecciona en función de la magnitud de la carga, debiéndose tener especial cuidado en considerar los factores que influyen en ella, tales como el factor de demanda y el factor de coincidencia.

El número de fases del transformador es función del número de fases de la alimentación primaria y del número de fases de los elementos que componen la carga. En muchas ocasiones, la política de selección del número de fases de los transformadores de distribución que decida emplear una compañía, señala el número de fases que deben tener los motores que se conecten en el lado secundario de los transformadores, dictando así una política de desarrollo de fabricación de motores en una cierta zona de un país entero.



La magnitud del porcentaje de impedancia de un transformador afecta la regulación de la tensión y el valor de las corrientes de corto circuito - que fluyen por los devanados ante fallas en la red secundaria. A menores - valores de impedancia mayores valores de regulación y de corrientes de corto circuito; es por esto que el valor del porcentaje de impedancia se debe seleccionar tratando de encontrar un punto económico de estos dos factores, debiéndose tomar en cuenta que la calidad de tensión que se entrega a los usuarios se puede variar con los cambiadores de derivación de que normal-- mente se provee a un transformador.

La conexión del transformador trifásico es uno de los puntos de mayor interés cuando se trata de seleccionar un transformador para una red de - distribución de energía eléctrica. Las opciones que se le presentan al - ingeniero son, en forma general, entre seleccionar transformadores con neutro flotante o con neutro aterrizado. El transformador con neutro flotan-- te es una necesidad cuando el sistema primario es trifásico tres hilos y - el de neutro aterrizado cuando se trata de un sistema trifásico cuatro hilos. Al utilizar transformadores conectados en delta, en el lado primario-- se disminuye el riesgo de introducir corrientes armónicas de orden impar - (especialmente de tercer orden) a las líneas primarias y se incrementa el riesgo de tener sobretensiones por fenómenos de ferorresonancia en el - transformador. Estas sobretensiones se vuelven especialmente críticas en - redes subterráneas de distribución. Al seleccionar transformadores conec-- tados en estrella con neutro aterrizado, no se introducen corrientes armónicas de orden impar en los circuitos primarios disminuyéndose la posibilidad de que se presenten sobretensiones por fenómenos de ferorresonancia

cia.

En cuanto a las conexiones en el lado secundario de los transformadores trifásicos, normalmente son en estrella con neutro aterrizado y -- cuatro hilos de salida. Esto permite tener dos niveles de tensión para ali mentar cargas de fuerza y alumbrado, detectar las corrientes de falla -- de fase a tierra y equilibrar las tensiones al neutro ante cargas desbalan- ceadas. Las conexiones con neutro aislado, en los devanados de baja ten- sión de los transformadores trifásicos, no es muy favorecida por las so- - bre tensiones que se presentan al tener fallas en dos fases diferentes en- el circuito de baja tensión.

En los transformadores monofásicos, la conexión que presenta más - popularidad es la de tres hilos, dos de fase y un neutro en el centro del devanado. Esta conexión también se le conoce como conexión EDISON, - por haber sido copiada del sistema en corriente directa con que Tomás A. Edison realizó el primer sistema de distribución en Nueva York en el año de 1882.

#### Líneas secundarias

Las líneas secundarias distribuyen la energía desde los transformado- res de distribución hasta las acometidas a los usuarios.

En la mayoría de los casos estos circuitos son radiales, salvo en las redes subterráneas malladas (comunmente conocidas como redes automáti cas) en las que el flujo de energía no siempre sigue la misma dirección. Los sistemas secundarios de distribución, por el número de hilos, se pueden

clasificar en:

1. Monofásicos dos hilos
2. Monofásicos tres hilos
3. Trifásicos cuatro hilos

Para conocer las ventajas técnicas y económicas inherentes a los sistemas de distribución secundaria se deben realizar estudios comparativos que esclarezcan estos méritos y permitan seleccionar el sistema más adecuado a las necesidades del caso.

A continuación se realiza una comparación muy simple para determinar cuál es el sistema eficiente desde el punto de vista de pérdidas. En este estudio se supone que los conductores tienen la misma resistencia, que la carga y la tensión son las mismas, por consiguiente el aislamiento es el mismo en los tres casos.

#### Sistema monofásico dos hilos

Este sistema se alimenta de un transformador monofásico con un secundario de sólo dos hilos, como se muestra a continuación:



En este caso la potencia de la carga es "P", la tensión en el extremo de la carga es "V" y la resistencia de los conductores es "R".

La corriente de línea, considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a  $\cos \phi$  es:

$$I = \frac{P}{V \cos \phi}$$

Las pérdidas Per:

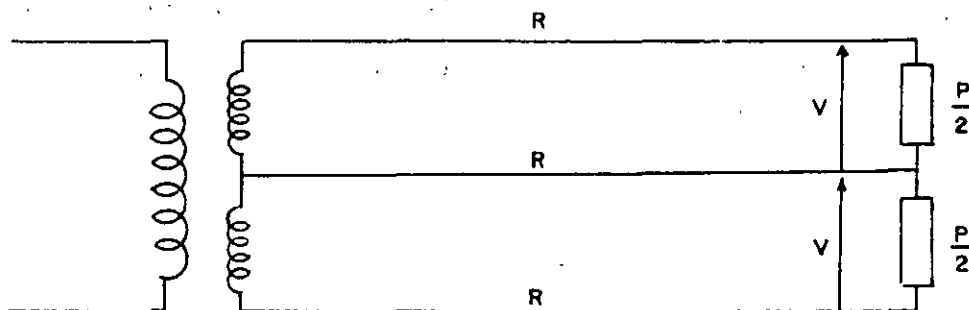
$$\text{Per} = 2RI^2 = \frac{2RP^2}{V^2 \cdot \cos^2 \phi}$$

haciendo el cociente  $RP^2/V^2 \cos^2 \phi$  igual a una constante, el valor de las pérdidas es:

$$\text{Per} = 2k$$

### Sistema monofásico tres hilos

Este sistema se alimenta de un transformador monofásico con un secundario del que salen tres hilos, con el hilo neutro derivándose del centro del devanado, como se muestra a continuación:



En este caso la potencia de la carga se equilibra entre los dos hilos de fase y el neutro, la tensión en el extremo de la carga es "V" y la resistencia de los tres conductores es "R". \*

La corriente de línea, considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a  $\cos \phi$  es:

$$I = \frac{P}{2V \cos \phi}$$

El valor de las pérdidas Per:

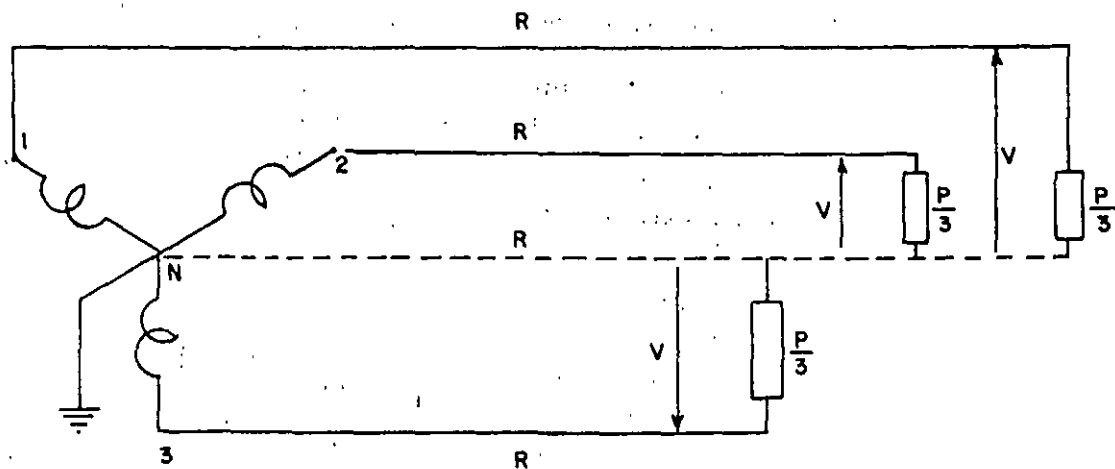
$$Per = 2RI^2 = \frac{RP^2}{2V^2 \cos^2 \phi}$$

haciendo el cociente  $RP^2/V^2 \cos^2 \phi = k$ , el valor de las pérdidas es:

$$Per = \frac{k}{2}$$

### Sistema trifásico cuatro hilos

Este sistema se alimenta de un transformador trifásico con un devanado secundario del que salen cuatro hilos, con el hilo neutro derivándose del punto de conexión de los devanados, como se muestra a continuación:



En este caso la potencia de la carga se equilibra entre los tres hilos de fase y el neutro, la tensión en el extremo de la carga es "V" y la resistencia de los cuatro conductores es "R".

La corriente de línea, considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a  $\cos \phi$  es:

$$I = \frac{P}{3 V \cos \phi}$$

El valor de las pérdidas Per :

$$\text{Per} = 3 R I^2 = \frac{R P^2}{3 V^2 \cos^2 \phi}$$

haciendo el cociente  $R P^2 / V^2 \cos^2 \phi = k$ , el valor de las pérdidas es:

$$\text{Per} = \frac{k}{3}$$

Evidentemente, el sistema trifásico cuatro hilos permite distribuir la energía con mayor eficiencia que los demás; sin embargo, como se mencionó en un principio, este análisis es muy sencillo y para hacerlo más completo es necesario introducir otros factores tales como costo de los transformadores, costo de los conductores, regulación, etc.

acometidas y medición

\*

Las acometidas, junto con el equipo de medición, son las partes que ligam al sistema eléctrico de la empresa suministradora con las instalaciones del usuario.

Las acometidas se pueden proporcionar a la tensión primaria o secundaria; esto depende de la magnitud de la carga del cliente. La medición se puede hacer igualmente en alta o baja tensión dependiendo del tipo de acometida.

Equipo de protección contra sobrecorrientes y sobretensiones.

Estos elementos juegan un papel muy importante en los sistemas de distribución, ya que garantizan la integridad del sistema protegiéndolo contra corrientes de falla o sobretensiones originadas por descargas atmosféricas. En el primer caso se tienen fusibles e interruptores en alta y baja tensión y en el segundo se cuenta con apartarrayos o hilos de guarda.

Elementos componentes secundarios

Entre los elementos componentes secundarios de una red de distribución se tienen:

Cuchillas

Reactores

Capacitores

Restauradores

Seccionalizadores

Aisladores

Postes de concreto, fierro o madera

Varillas de tierra

Bóvedas y registros

Ductos de asbesto o PVC

## 1.2. Estructuras de redes subterráneas.

La selección de la estructura adecuada para el desarrollo de un sistema de distribución juega un papel muy importante en la planeación, ya que - - influirá no sólo en la operación sino en su costo y confiabilidad a través de la vida útil de la red.

El conocimiento veraz de la mayor cantidad de parámetros posibles que se deben hacer intervenir en la planeación de este tipo de redes, facilitará la selección de la estructura adecuada. Algunos de estos parámetros son:

- . Densidad de la carga
- . Tipo de carga: Residencial, Comercial, Industrial o Mixta.
- . Localización geográfica.
- . Área o forma geométrica de la expansión de la carga.
- . Costo
- . Continuidad o confiabilidad requerida por los consumidores
- . Operación
- . Tasa de crecimiento
- . Mano de obra disponible tanto para la construcción como para operación de la red.

En cuanto su operación, existen sólo dos tipos fundamentales de redes - de distribución:

- RADIAL
- PARALELO

Por definición, un sistema de operación RADIAL es aquel en que el - flujo de energía tiene una sola trayectoria de la fuente a la carga, de - tal manera que, una falla en cualquier componente de la red produce una - interrupción en todos los servicios.



Los sistemas de operación en paralelo cuentan con más de una trayectoria del flujo de energía que alimenta a los consumidores; la operación en paralelo es sobre todo, utilizada en redes subterráneas de baja tensión en nuestro país debido a la complejidad en su operación y costo.

### Estructura de Mediana Tensión

En forma general podemos enumerar las estructuras de M.T. empleadas en nuestro país como sigue:

- . Radial
- . Anillo
- . Doble alimentación
- . Alimentadores selectivos

#### Radial

Esta estructura se constituye con cables troncales que salen en forma radial de la S.E. y con cables transversales que ligan estas troncales. En grandes redes radiales de M.T. que alimentan zonas urbanas importantes, se debe buscar la posibilidad de interconexión entre las troncales de esta red, con el objeto de minimizar el tiempo de interrupción de los usuarios, facilitar la operación y, por ende, dar flexibilidad a la red; un ejemplo de esta estructura se presenta en la figura 1.2. Cuando se decida la posibilidad de esta alternativa de interconexión, deben seleccionarse calibres de la misma sección para evitar en lo posible la sobrecarga de los cables transversales o subtroncales.

La aplicación de este tipo de estructuras es recomendable en zonas extendidas con altas densidades de carga (15 a 20 MVA/Km<sup>2</sup>) y tasas de

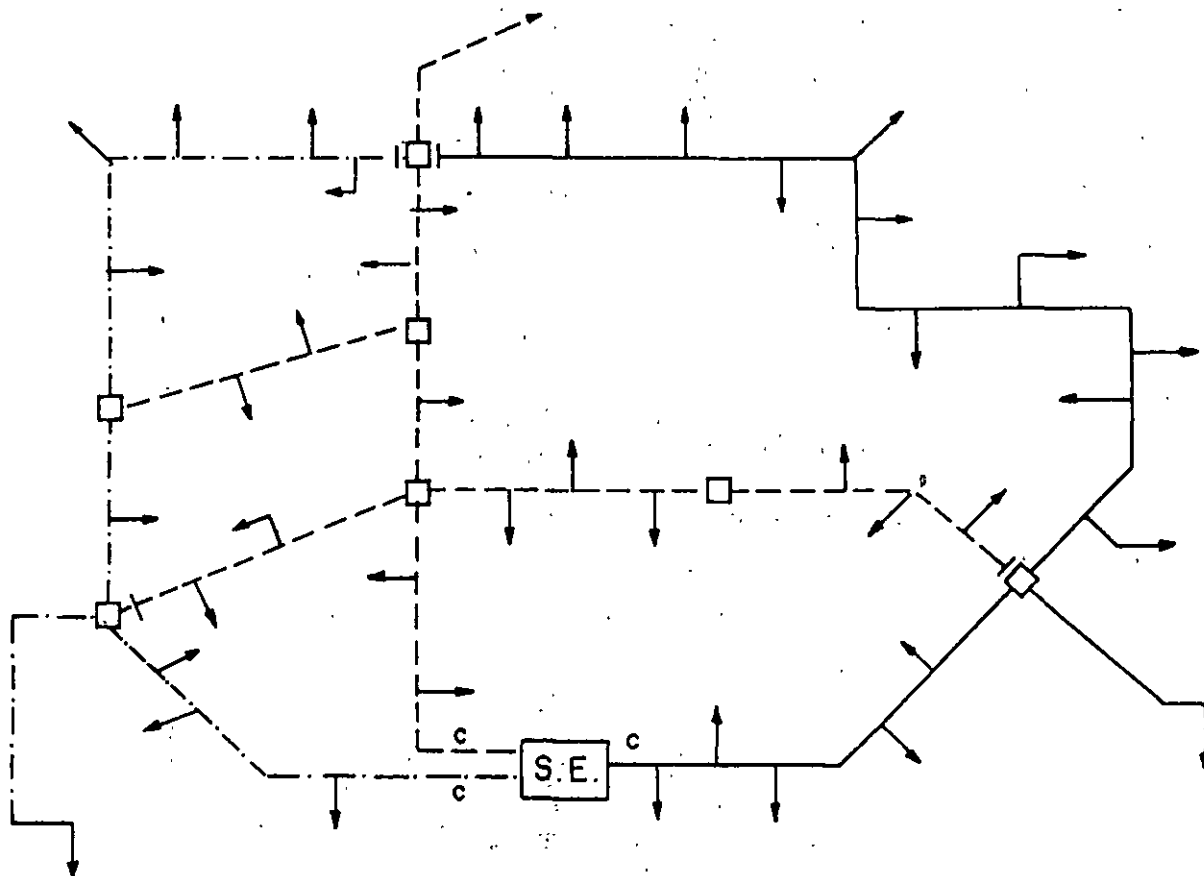


FIGURA 1.2 -- SECCIONAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA RADIAL SUBTERRANEA

crecimiento importantes.

En operación normal, cada alimentador lleva una carga  $C$  funcionando en forma radial, operando normalmente abiertos todos los elementos de seccionamiento con los que cuenta la estructura. En caso de emergencia, los alimentadores deberán soportar cargas adicionales por lo que se recomienda tener cuidado en la selección del calibre de las subtruncas, tal como se mencionó en párrafos anteriores.

### Anillo

Esta estructura se constituye como se aprecia en la figura 1.3 a base de bucles de igual sección, derivados de una o más fuentes de alimentación, siendo éstas generalmente circuitos de líneas aéreas.

La aplicación de este tipo de estructuras es recomendable en zonas de densidad de carga entre 5 a 15 MVA/Km<sup>2</sup> y en donde el aumento o tasa de crecimiento es pequeño. Como ejemplo de estos casos se encuentran las electrificaciones subterráneas de zonas residenciales o conjuntos habitacionales.

### Doble alimentación

La aplicación de este tipo de estructuras se lleva a cabo preferente mente en zonas con grandes cargas puntuales, tales como cargas industriales, turísticas o comerciales, las cuales generalmente presentan un área de expansión alargada, v. gr., una zona turística desarrollada preferente mente sobre un malecón.

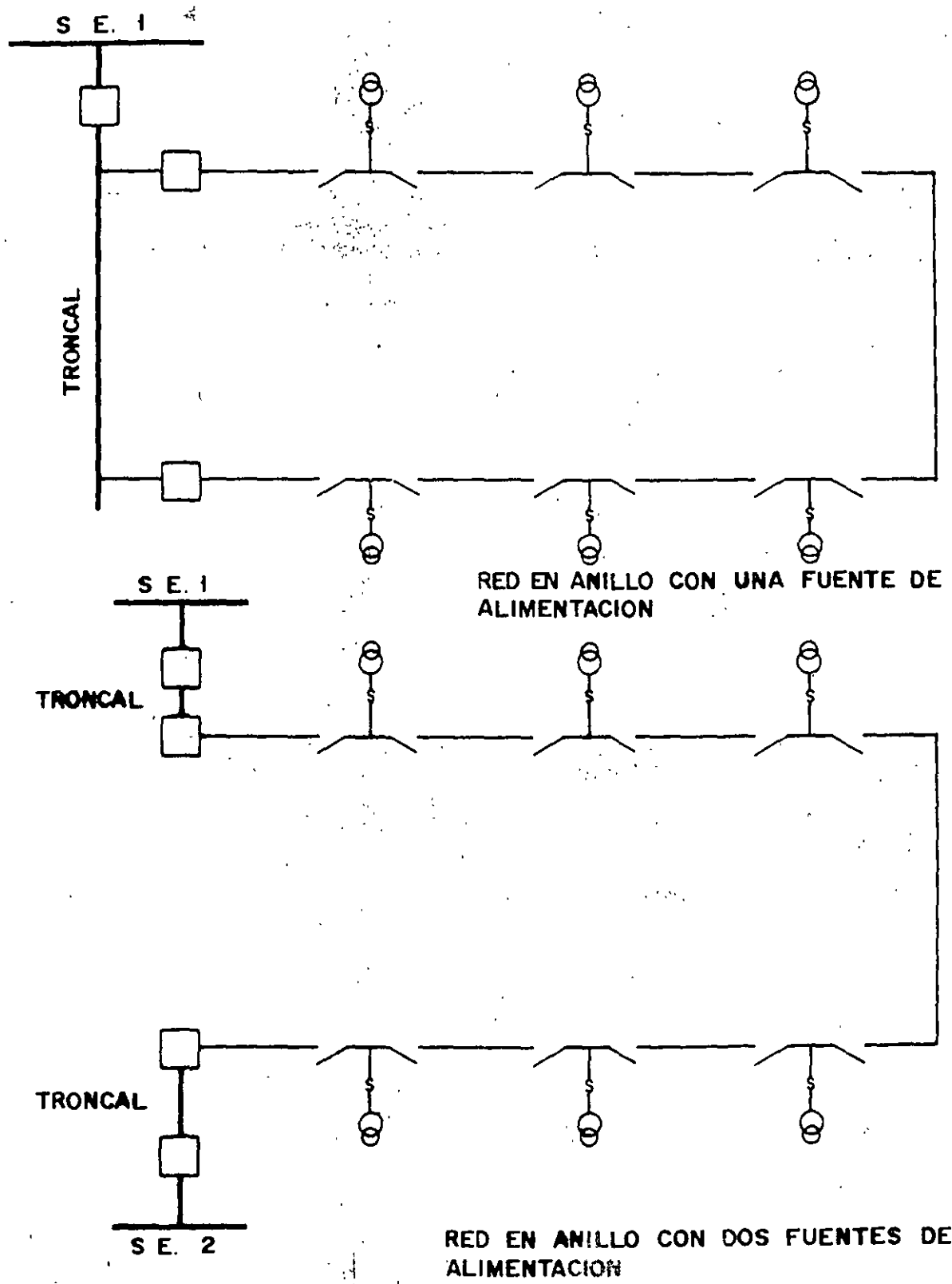


FIGURA 1-3 ESTRUCTURA EN ANILLO CON UNA O DOS FUENTES DE ALIMENTACION

La disposición de los cables troncales se hace por pares de la misma sección, no existiendo en este caso subtroncales o enlaces, sino simplemente derivaciones a los servicios. Las densidades en donde se emplean estas estructuras fluctúan en un amplio rango que va desde los 5 a los 30 MVA/km<sup>2</sup> ya que para este caso de aplicación más que la densidad de la zona, se torna significativa la continuidad o confiabilidad que la red debe ofrecer al usuario.

La operación se hace con base en un esquema de alimentadores preferentes y emergentes con transferencias manuales o automáticas, siguiendo el principio de cambio de alimentación, es decir, al salir el alimentador preferente, la energía deberá fluir por el emergente, transferencia que en el caso de equipo automático sólo tomará unos cuantos ciclos efectuarla, perturbando al consumidor en forma poco significativa.

En la figura 1.4 se presenta el desarrollo de este tipo de estructuras y en la figura 1.5 un equipo de transferencia usado en este tipo de redes.

#### Alimentadores selectivos

La implantación de este tipo de estructuras es recomendable para zonas de rápido crecimiento y densidades mayores de 15 MVA/km<sup>2</sup> y cuya expansión o área servida es considerable. A diferencia de la red radial urbana esta estructura es aplicada en zonas cuyo crecimiento de cargas es marcadamente vertical, es decir, zonas de edificios altos y por ende, grandes concentraciones de carga.

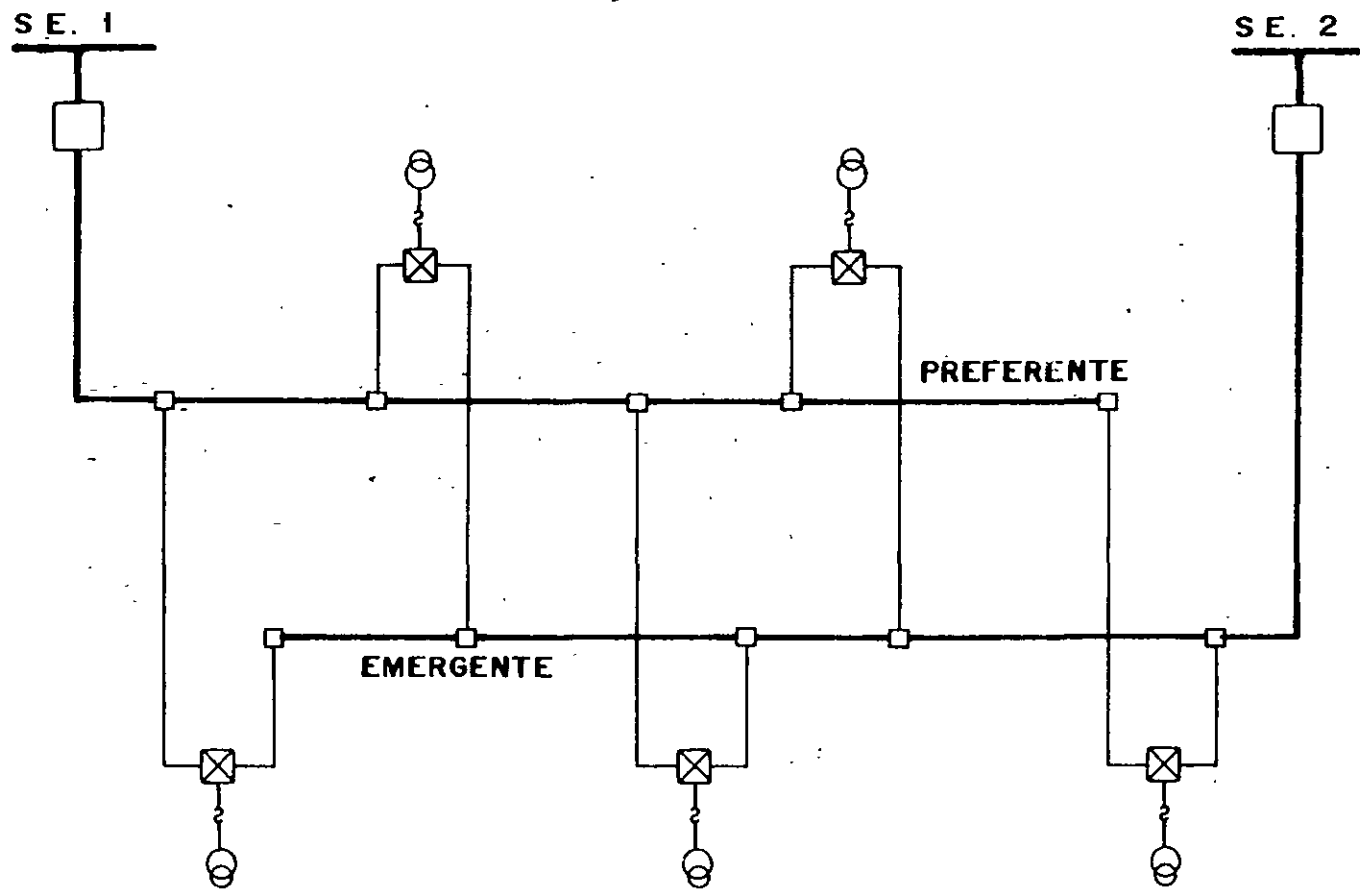


FIGURA 1.4 ESTRUCTURA EN DOBLE ALIMENTACION

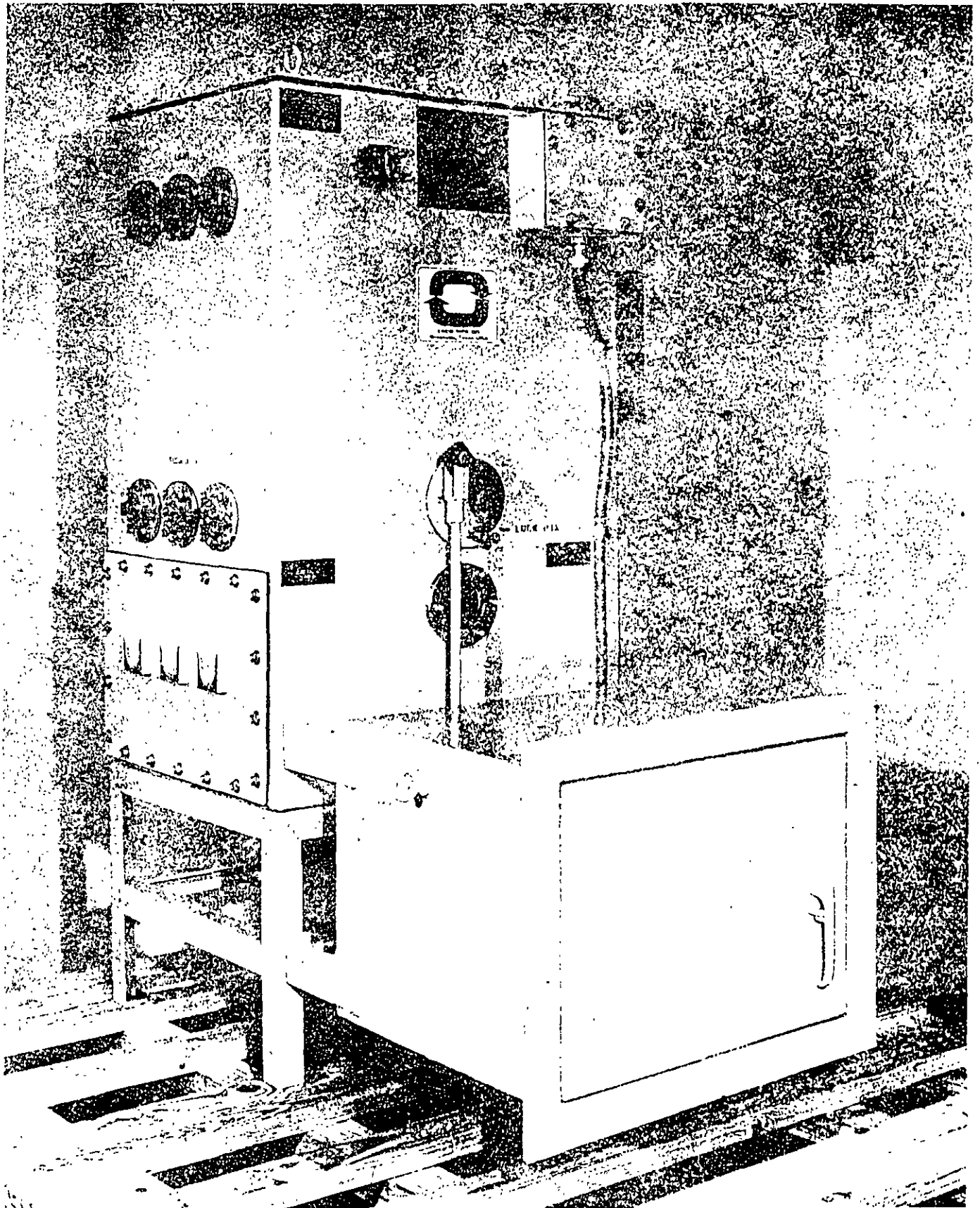


FIGURA 1.5 INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE CARGA CLASE 15 KV.

Esta red se constituye por cables-troncales de la misma sección que salen preferentemente de SE's diferentes; de estas troncales se derivan ramales o subtroncales que las enlazan siguiendo el principio de doble alimentación, energizando a lo largo de su recorrido transformadores o bóvedas que se instalan generalmente en los mismos puntos de carga.

En condiciones normales de operación, los transformadores son alimentados por las subtroncales con un punto normalmente abierto que permite balancear la carga y operar la red en forma radial. Cuando ocurre una falla en la troncal o subtroncal, los dispositivos de seccionamiento, instalados generalmente en los mismos transformadores, permiten efectuar los movimientos de carga necesarios, transfiriendo los transformadores al alimentador troncal adyacente. Este tipo de estructura, debido a su flexibilidad y costo, ha tenido una rápida expansión en los últimos años; en la figura 1.6 se puede observar un esquema simplificado de esta red.

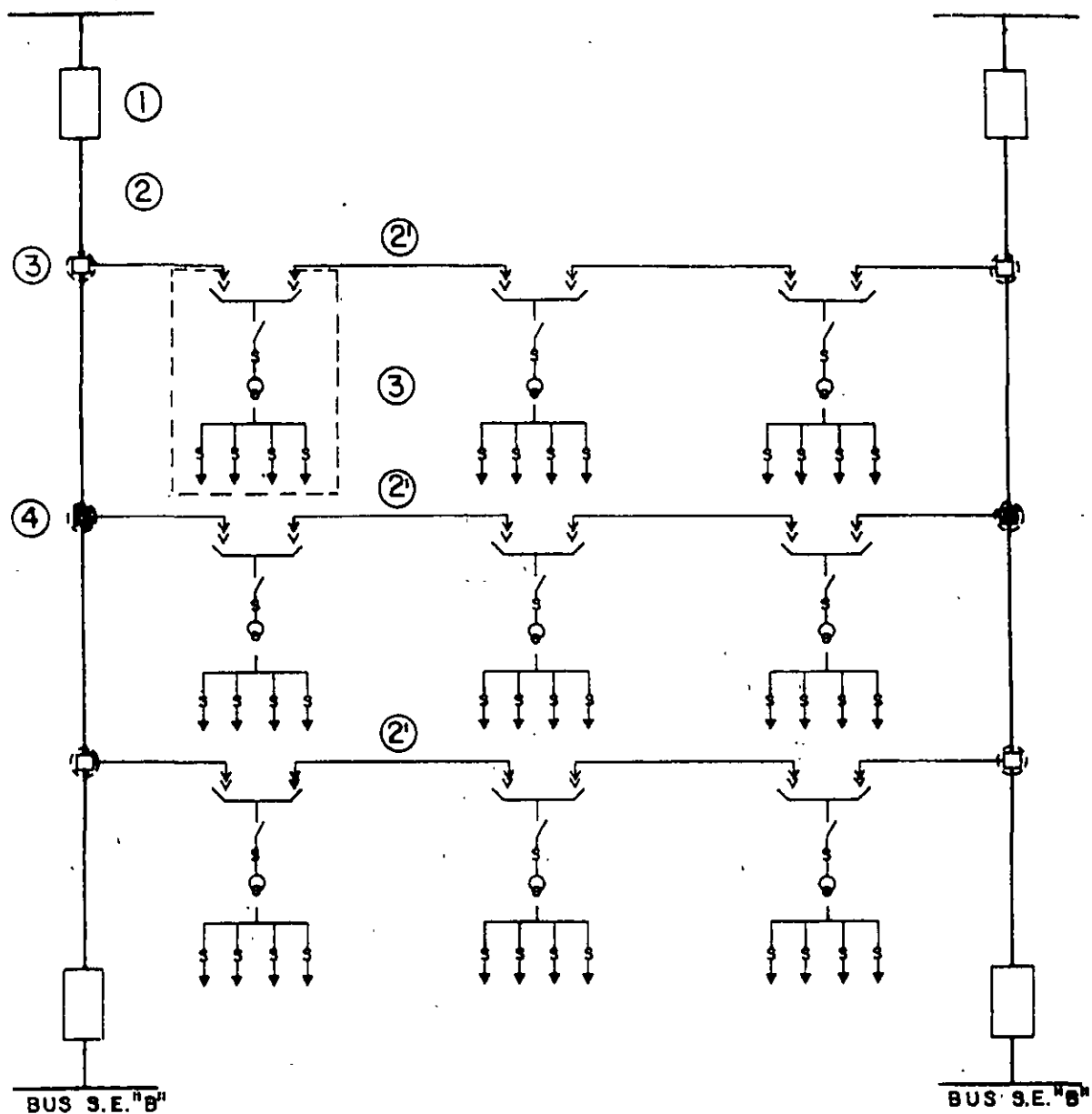
#### Estructuras de baja tensión

De manera general, podemos dividir las estructuras de las redes de baja tensión en tres grandes tipos:

- . Radial simple
- . Radial interconectada
- . Malla o Red automática en B.T.

Al igual que los sistemas de M.T., también estas redes siguen en general manteniendo los mismos principios de operación; sin embargo, existe una gran diferencia entre ellos, la cual afecta considerablemente su diseño, ya que en estos circuitos es posible trabajar con potencial o energía





- 1 INTERRUPTOR EN LA S.E. DE DISTRIBUCION
- 2 CABLE 23 PT , 2' CABLE 23 TC
- 3 INTERRUPTOR TRIPOLAR PARA OPERACION CON CARGA
- 4 DERIVACION DE TRES VIAS DE TIPO MODULAR

FIG.- I. 6 ALIMENTADORES SELECTIVOS

zacos, lo cual, teniendo las debidas precauciones, dota al sistema de una mayor flexibilidad.

#### Radial simple

En esta red cada subestación alimenta zonas por separado, debiendo ser los cables secundarios de un calibre adecuado a la carga por alimentar, en este caso; una falla en un secundario afectará a todos los consumidores conectados a ese ramal, o una falla en la subestación afectará a todos los consumidores conectados a ésta.

Aun en este arreglo es posible tener un grado de seccionalización, ya que, si es posible trabajar con potencial, el tramo de cable dañado - puede ser seccionado y tratar, mientras éste es reparado, de alimentar al resto de los consumidores. En la figura 1.7 se muestra una parte de este tipo de redes de baja tensión donde se puede observar que la protección se logra por medio de fusibles de B. T.; en algunas ocasiones se cuenta también con interruptores termomagnéticos instalados en los mismos transformadores; sin embargo, esto tiene el inconveniente de que cualquier falla en uno de los circuitos de B.T. o una sobrecarga en el transformador dejará sin servicio a todos los consumidores.

Es recomendable implementar este tipo de estructuras en zonas habitacionales o zonas comerciales de poca importancia.

#### Radial interconectada

El desarrollo de este tipo de redes es similar al anterior; sin embargo, en este caso es posible transferir por medio de equipos de seccio-

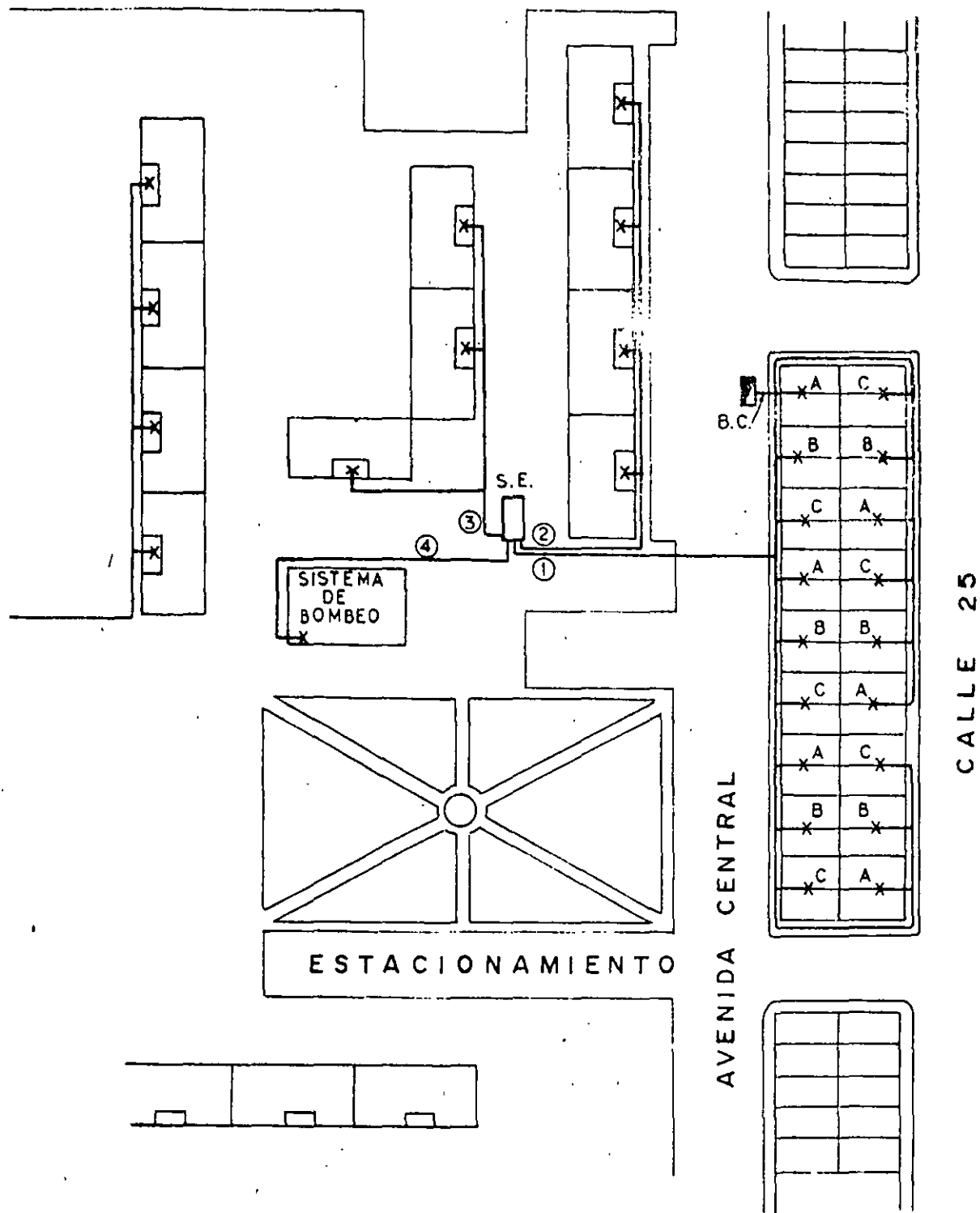


FIGURA 1-7 ESTRUCTURA RADIAL SIMPLE

namiento parte o toda la carga alimentada por una S.E. ya sea por falla, desbalance o simplemente por mantenimiento.

En la figura 1.8 se muestra el equipo utilizado para seccionamiento.

Al efectuar las interconexiones debe tenerse cuidado de que la secuencia de fases en todos los transformadores sea la misma, a fin de que al hacer las transferencias de carga la secuencia no sea invertida y los consumidores se vean afectados.

La protección que se utiliza en esta red es también a base de fusibles que deberán tener la capacidad adecuada a la carga que esté alimentando cada circuito. En la figura 1.9 se muestra una estructura de este tipo.

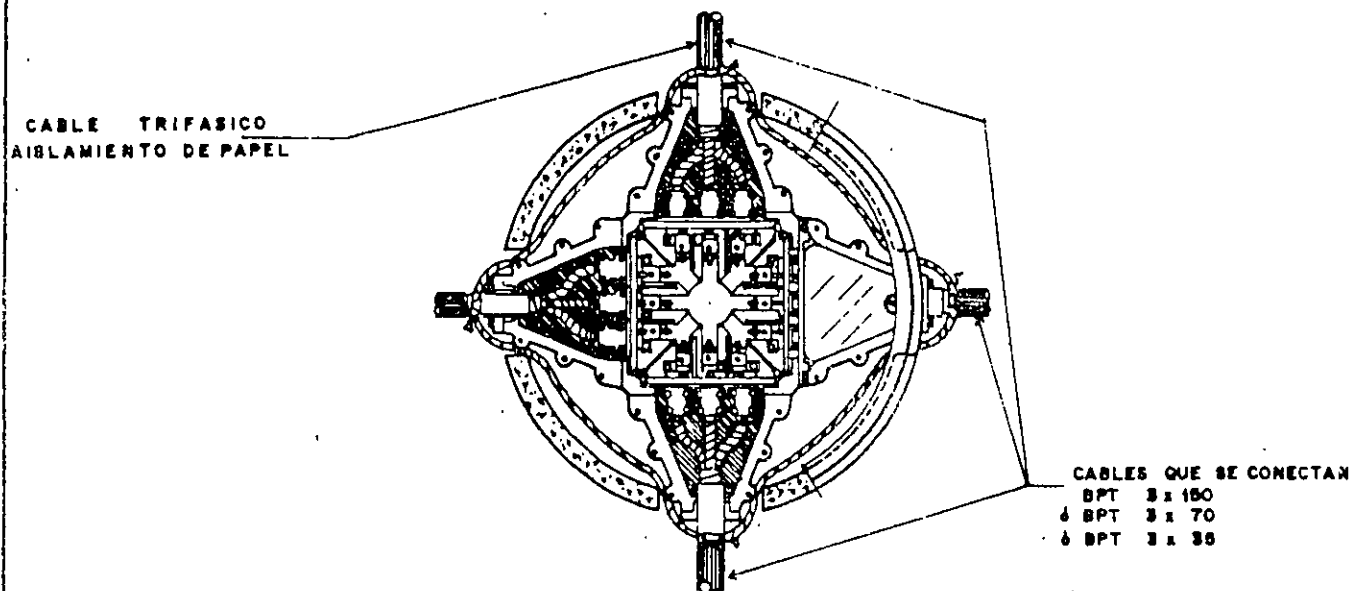
Malla o red automática en B. T.

Este sistema de distribución es la solución adoptada en las principales ciudades del mundo, ya que ofrece una confiabilidad muy alta comparada con todas las estructuras antes mencionadas y garantiza un servicio prácticamente continuo a los usuarios, aún en el caso de presentarse fallas en M. T. o B. T.

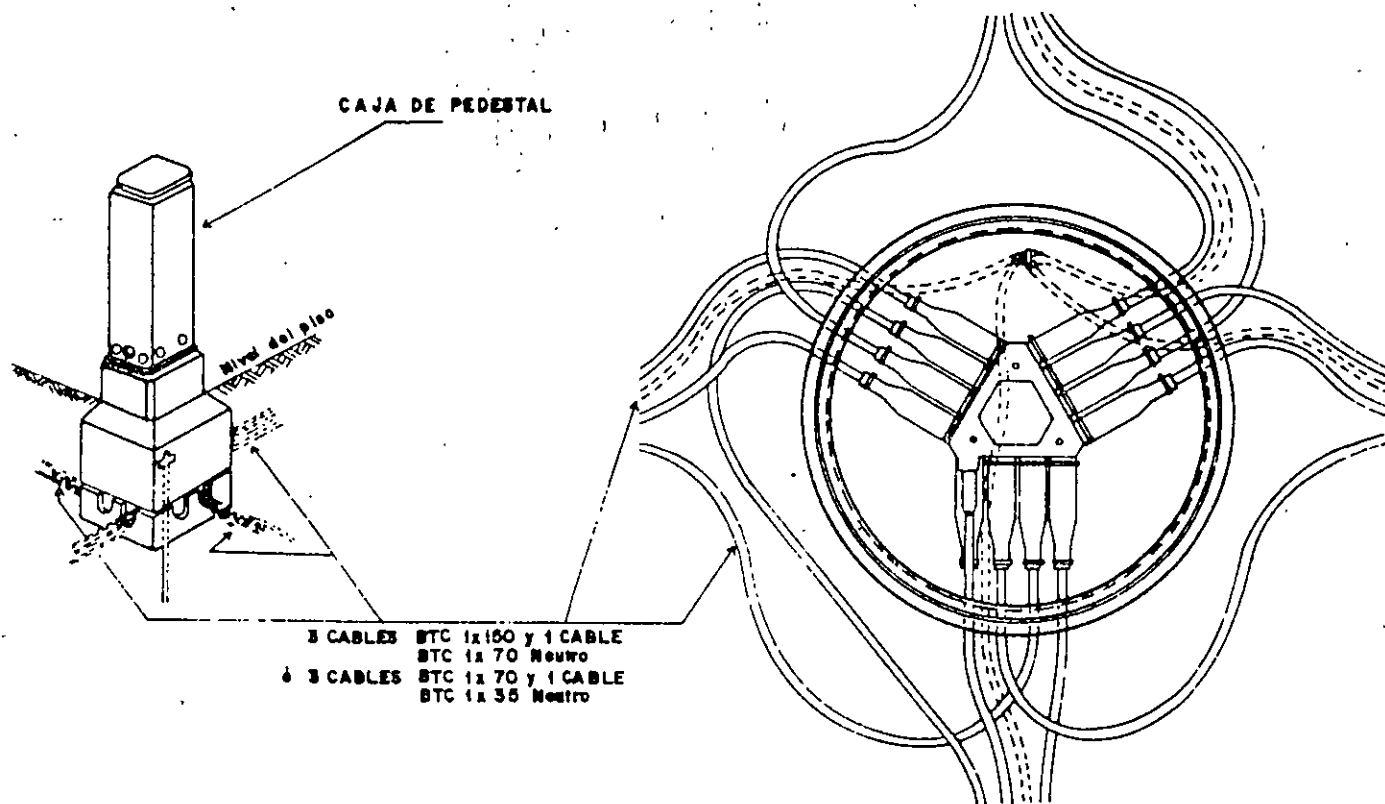
La estructura mallada debe ser implantada en zonas de densidades mayores a los 30 MVA/km<sup>2</sup> y en donde la carga se encuentre uniformemente repartida a lo largo de las calles.

Los componentes básicos de la red se indican en el diagrama de la fi

**FIGURA 1.8.- EQUIPO DE SECCIONAMIENTO PARA ESTRUCTURAS DE B.T. RADIALES INTERCONECTADAS**



**a).- CAJA DE SECCIONAMIENTO PARA REDES CON AMARRES EN BAJA TENSION  
CABLE TRIFASICO AISLAMIENTO DE PAPEL**



**b).- CAJAS O BUSES DE SECCIONAMIENTO PARA REDES CON AMARRES EN BAJA TENSION CABLES MONOFASICOS AISLAMIENTO EXTRUIDO**

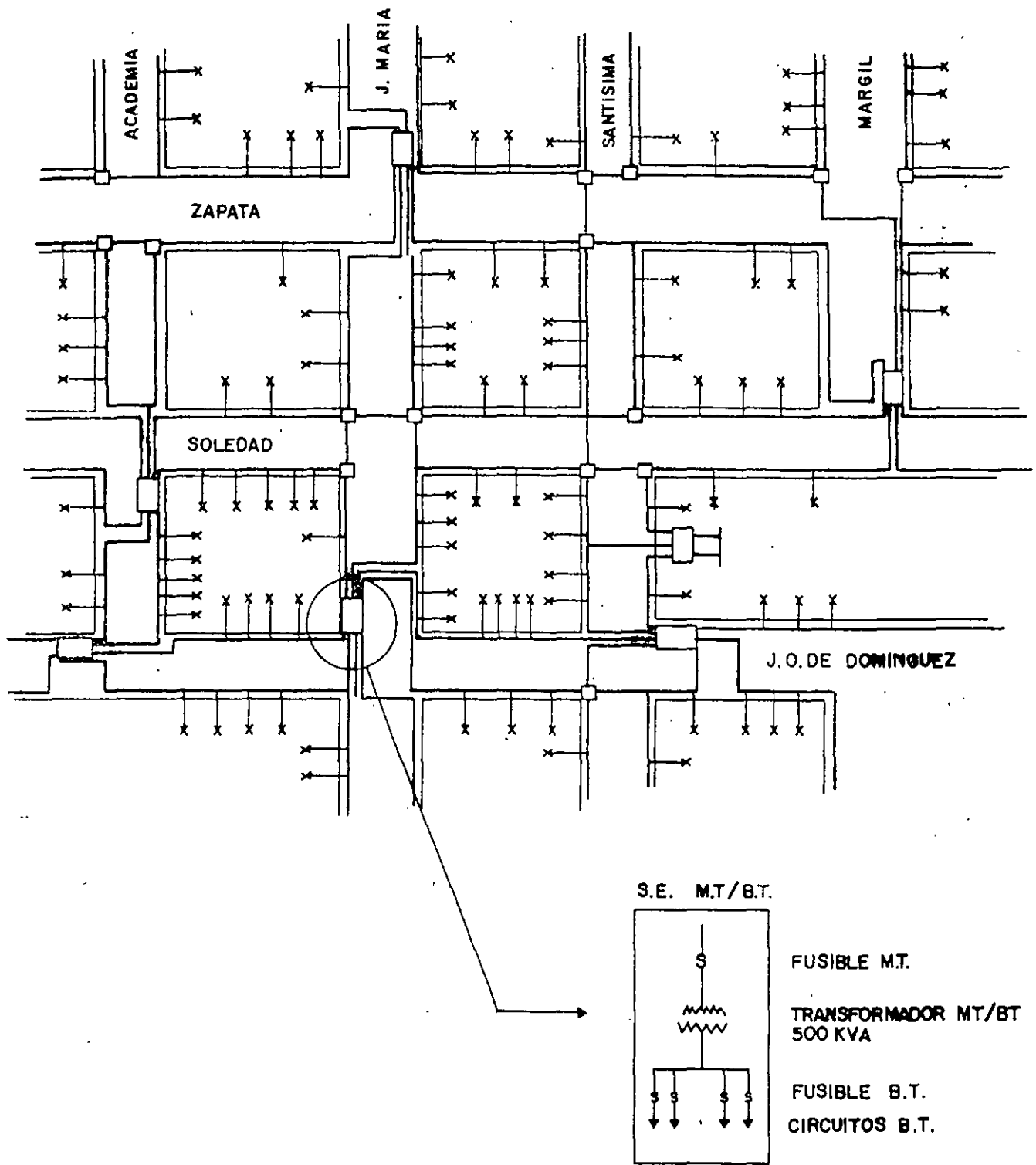


FIG.-1.9 ESTRUCTURA DE BAJA TENSION CON SECCIONAMIENTO

gura 1.10 . Una sola fuente de potencia es el punto de alimentación de dos o más alimentadores radiales sin enlace entre ellos. Estos alimentadores troncales llegan hasta la zona de carga de la red, abriéndose en forma anular por medio de seccionadores, en ramales que alimentan directamente a los transformadores. Los transformadores de red están conectados en M.T. de tal manera que queden alimentados por ramales diferentes; este arreglo es con el fin de que, al existir un disturbio en uno de éstos, no disminuya la regulación y la carga del alimentador en disturbio sea absorbida a través de la red secundaria alimentada por los transformadores conectados a los ramales restantes. Por esta razón, el diseño de los alimentadores en M.T. debe ser tal que permita absorber el aumento de carga cuando uno de éstos falla. En la figura 1.11 se muestra gráficamente este concepto.

Un dispositivo desconectador denominado protector de red es instalado en el lado secundario de cada transformador. Este interruptor tiene como finalidad principal evitar el retorno de energía de la red de B.T. en caso de falla en algún ramal o troncal del lado de M.T., desconectando inmediatamente todos los transformadores conectados a ese alimentador. Una vez reparada la falla al energizar el troncal de ese alimentador a través del interruptor de potencia de la S.E., todos los protectores deberán cerrar automáticamente, reintegrando los transformadores a la malla de B.T. Es conveniente hacer notar aquí que en este caso ningún consumidor se ve afectado por una falla en el lado de M.T. Cuando ocurre una falla en B.T., el cortocircuito es alimentado por todos los transformadores de la red debido a que la malla de B.T. se encuentra sólidamente conectada, pudiéndose obtener valores de corriente de falla considerables (más de 20 000 Amp.) suficientes para evaporar en el punto de falla el cobre de

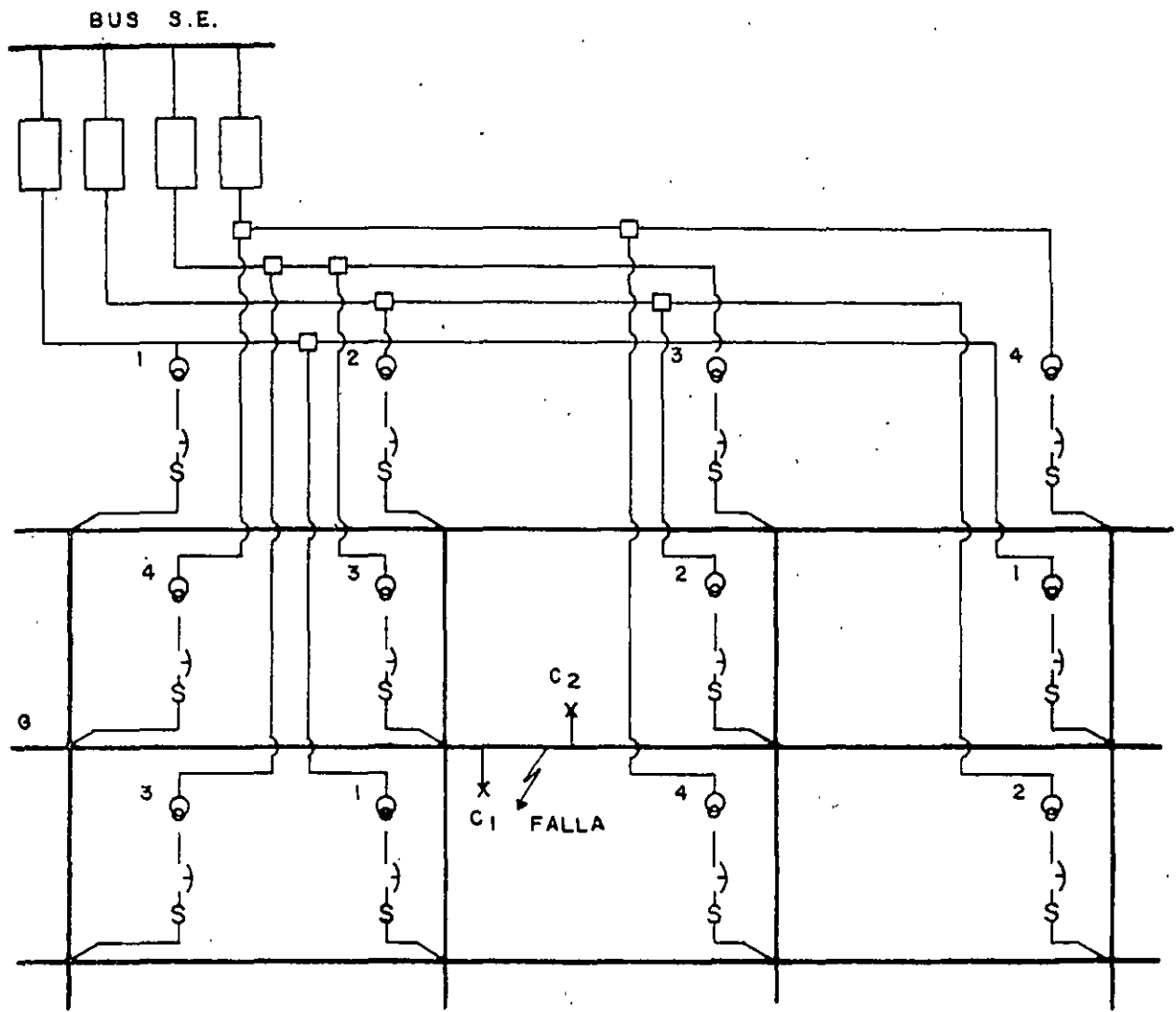
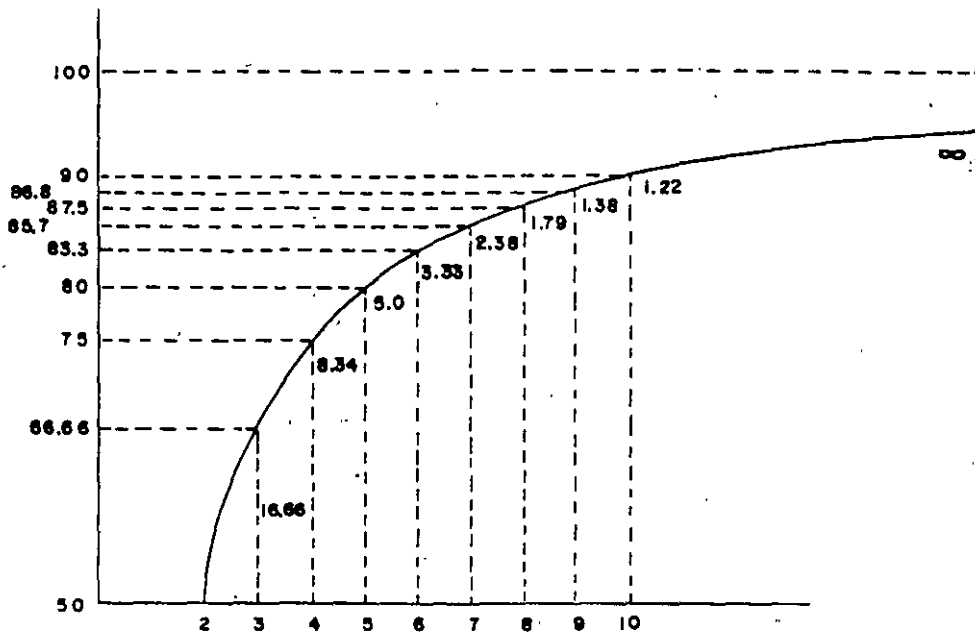


FIG. I.10.- RED MALLADA DE BAJA TENSION



los conductores, trozándose el cable y aislando la falla sin provocar tam poco en este caso ninguna interrupción a los usuarios, es decir, debido al paralelismo que existe en la red, los consumidores  $C_1$  y  $C_2$  que se muestran en la figura 1.10 no resultarán afectados.

Como podemos concluir de los párrafos anteriores, esta estructura resulta sumamente conveniente para el caso de alimentación a zonas urbanas densas cuya carga requiere de una continuidad extrema; sin embargo, antes de la implantación de este tipo de estructuras se recomienda en forma enfática, hacer un estudio económico profundo que permita llevar a buen término el proyecto.



CONSIDERANDO :

2 ALIMENTADORES :	$I_2 = 100\% \frac{2-1}{2} = 50\%$
3 " :	$I_3 = 100\% \frac{3-1}{3} = 66.66\%$
4 " :	$I_4 = 100\% \frac{4-1}{4} = 75\%$
5 " :	$I_5 = 100\% \frac{5-1}{5} = 80\%$
6 " :	$I_6 = 100\% \frac{6-1}{6} = 83.33\%$
7 " :	$I_7 = 100\% \frac{7-1}{7} = 85.71\%$
8 " :	$I_8 = 100\% \frac{8-1}{8} = 87.5\%$
9 " :	$I_9 = 100\% \frac{9-1}{9} = 88.88\%$
10 " :	$I_{10} = 100\% \frac{10-1}{10} = 90\%$

FIG. I.II.- REPARTO DE CARGA EN LOS ALIMENTADORES TRONCALES DE M.T. DE UNA RED MALLADA

### 1.3 Líneas aéreas

#### Troncal

#### Definición

Es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía desde la subestación primaria a los ramales y a los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en alta tensión, conectados directamente a la misma.

#### Tipo

Alimentador radial (o de árbol). Es el tipo más sencillo de todos los esquemas de distribución de energía (a saber: anillo, red, doble circuito, etc.). Proporciona una sola trayectoria a la energía. En general, es el tipo más económico; pero, en cambio, su confiabilidad es la menor de todas, ya que el servicio se verá interrumpido en cuanto falle alguno de sus elementos en serie. Para aumentar la confiabilidad, se establece el mayor número posible de ligas o "amarres" con los alimentadores vecinos, mediante un equipo de interrupción (cuchillas, interruptores en aire, etc.) que debe operar permanentemente abierto. El objeto de este tipo de circuito es múltiple, pudiéndose señalar entre lo más importante, aparte del menor costo inicial, el mejor control de la carga, la facilidad de las maniobras para proporcionar licencias, el menor valor del corto circuito, etc.

#### Estructura

Se debe procurar que el conjunto de las troncales de los alimentadores

de una red primaria de distribución forme una estructura. Esto significa que dicho conjunto posea un principio organizativo, es decir, que no sea producto ni del capricho, ni de la anarquía; se puede resumir que:

- Las troncales deben formar mallas, operando siempre abiertas.
- Cada malla debe tener una carga instalada del orden de 3 MVA (entre transformadores de distribución y subestaciones particulares).
- Por lo menos uno de los tramos que convergen en cada nodo de la malla debe ir provisto de un juego de interruptores en aire, colocado lo más próximo posible a dicho nodo. Los demás tramos que convergen en ese nodo es conveniente que posean un juego de cuchillas, lo más cercano al mismo.
- Debe evitarse en lo posible la conexión directa a las troncales de transformadores de distribución o servicios particulares en alta tensión.
- Las troncales deben ser de calibre uniforme (actualmente para líneas de 23 kV, se ha adoptado el calibre 336MCM de aluminio puro). Las únicas troncales de calibre diferente serán las líneas exclusivas para servicios excepcionalmente grandes, bien sea que trabajen como alimentación preferente o emergente. Las mayores troncales son actualmente de 556MCM. En la siguiente figura se muestra parte de los alimentadores Roqueta y Nativitas, ambos de 23 kV, de la S.E. Sn. Andrés, en los que pueden apreciarse que fueron construidos siguiendo un principio organizativo.

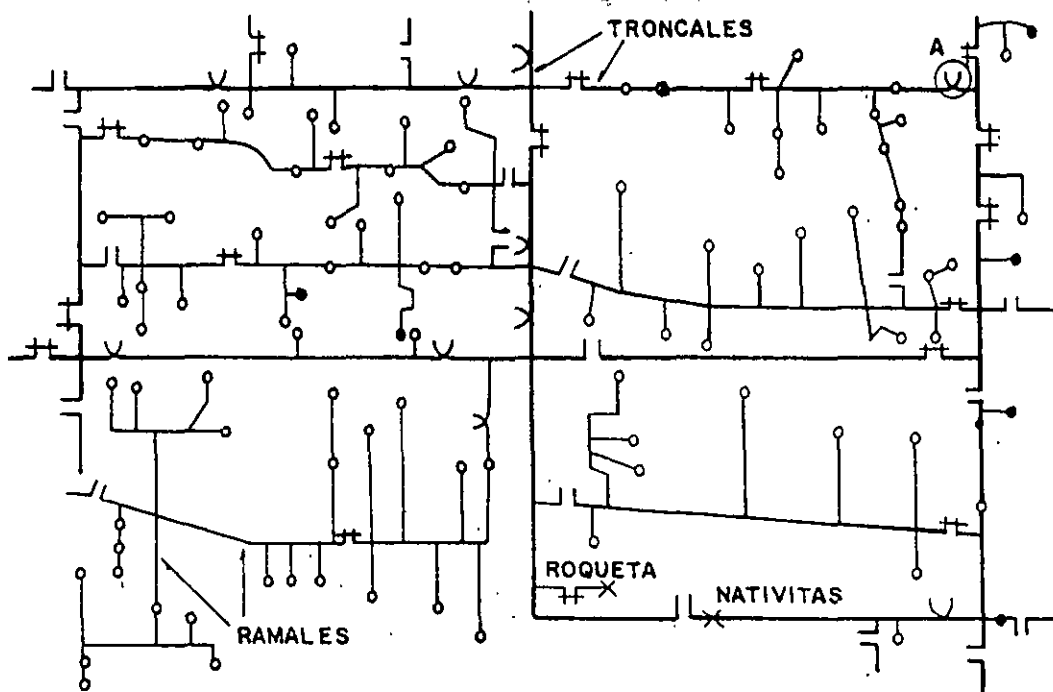


FIGURA 1.12

SIMBOLOGIA:

- Servicio suministrado en alta tensión
- Transformador de distribución
- Troncal
- Ramal
- ⌋ Interruptor en aire, cerrado
- ⊖ Idem, abierto
- ⌋⌋ Cuchillas de navaja, cerradas
- ⌋⌋ Idem, abiertas
- ⊗ Juego de terminales de salida del alimentador

Comunmente se utiliza equipo de seccionamiento o transferencia manual. Los alimentadores se diseñan para que, en caso de fallar la troncal de uno de ellos, en el tramo más próximo a la terminal de salida (e incluso en el cable subterráneo de salida), puedan absorberlo en su totalidad entre tres

líneas colindantes, de manera que casi ningún servicio quede interrumpido por períodos prolongados. Cada una de dichas líneas colindantes absorbería un tercio del alimentador fallado. Los únicos servicios que quedarían interrumpidos son los correspondientes al tramo fallado comprendido entre dos equipos de interrupción o seccionamiento.

Los interruptores de aceite de las subestaciones son del tipo de recierre, con lo cual se eliminan todas las fallas fugitivas que, como es sabido, en las redes aéreas constituyen más del 85 por ciento del total. Para el 15% restante todavía puede mejorarse la confiabilidad instalando seccionadores en los ramales en el punto de derivación de la troncal y, si se instalan dos o más de estos seccionadores a lo largo del ramal, con el número de pasos debidamente coordinados, la confiabilidad sube enormemente.

Finalmente, cuando se adopte el sistema automatizado de distribución, las transferencias de carga se efectuarán mediante órdenes de apertura y cierre de los interruptores, transmitidas por las propias líneas primarias, mediante onda portadora generada a través de una microcomputadora, de acuerdo con un programa preestablecido.

El circuito radial o de árbol es el más seguro de todos para el personal que lo opera o mantiene, ya que cada servicio sólo cuenta en un momento dado con una fuente de alimentación. La red secundaria de los transformadores de distribución puede, sin embargo, ser causa accidental de "regresos", al poner inadvertidamente en paralelo dos alimentadores contiguos debido a la eventual operación invertida de alguno de esos transformadores. Por tal motivo, deben probarse las líneas antes de tocarlas con la mano e instalarse tierras a ambos lados del tramo donde se vaya a tra-

bajar.

## RAMAL

Parte del alimentador primario energizado a través de una troncal - o de otro ramal, en la cual van conectados casi la totalidad de transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en alta tensión. (Actualmente, en las líneas de 23 kV son de calibre ACSR 1/0, salvo cuando la magnitud excepcionalmente grande de algún servicio obliga al empleo de calibres mayores).

## ESTRUCTURA

Al igual que en el caso de las troncales, los ramales también deben respetar un principio organizativo, de manera que su estructura resulte - compatible con el conjunto.

En general deben seguir las siguientes pautas:

- Siempre que sea posible, se procurará que el ramal enlace dos troncales (o dos porciones de una misma troncal).
- En los dos puntos donde el ramal toca a las troncales, debe - existir algún medio de seccionamiento.
- Por cada grupo aproximado de 5 a 10 transformadores y servicios particulares de alta tensión debe existir un juego de cuchillas.
- Cualquiera de estos medios de interrupción o seccionamiento, debe operar permanentemente abierto, evitándose así formar mallas

cerradas o poner en paralelo dos alimentadores.

Si se considera necesario, el ramal tendrá un seccionador en cada punto de derivación de la troncal y en un caso dado, -- otros más en serie.

## TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y SERVICIOS SUMINISTRADOS EN ALTA TENSION

Todos ellos llevan fusibles como protección contra sobrecorrientes. Lo más frecuente es el empleo de portafusibles (corta-circuitos) del tipo de expulsión.

Los servicios suministrados en alta tensión tienen, además, protección contra sobretensiones por medio de apartarrayos. En caso de emplearse fusibles limitadores (en lugar o además de los fusibles de expulsión o potencia), debe tenerse cuidado que el arco no origine sobretensiones que no -- soporten los apartarrayos.

En cuanto a los transformadores de distribución tipo poste, se recomienda que siempre se instalen apartarrayos para obtener una protección adecuada.

## CONFIGURACION TRANSFORMADOR/SECUNDARIO

Considerando carga uniforme, se determina el valor más económico de la combinación del transformador de distribución y calibre del secundario para cada densidad de carga.



Esta configuración debe igualmente, satisfacer los requisitos de regulación del voltaje y cuidar que ningún aparato conectado al sistema origine el llamado "parpadeo de las lámparas" o variaciones de voltaje.

Aunque no tanto como en las redes subterráneas, los sistemas aéreos-también deben contar con suficiente flexibilidad para absorber los - crecimientos de la carga sin tener que proceder a reestructuraciones - radicales, es decir, la instalación inicial debe realizarse considerando- las tasas de crecimiento. Sin embargo, aquí no es tan grave tener - que remplazar algunos tramos de líneas o intercalar transformadores- como lo es en los sistemas subterráneos.

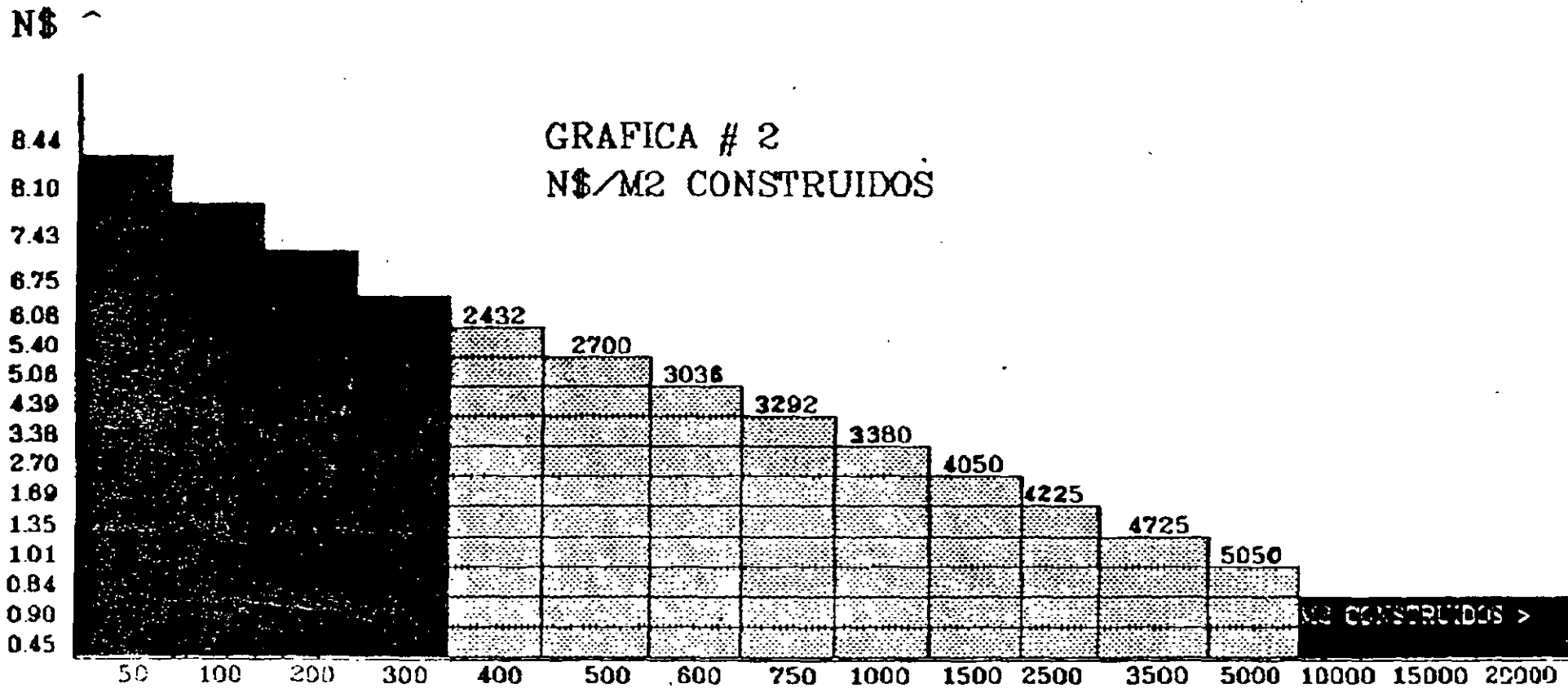
Por razones de confiabilidad conviene inclinarse por transformadores- no demasiado grandes máximo 150 kVA para que en caso de falla, el número de servicios interrumpidos no sea excesivo.

#### 1.4.- CUESTIONARIO

- 1.- En función de su construcción, ¿ cómo se pueden clasificar los Sistemas de Distribución?
- 2.- Enumere y explique brevemente los principales elementos de que están compuestos los Sistemas de Distribución.
- 3.- Por el número de conductores, ¿cómo podemos clasificar las redes primarias? Mencione brevemente las ventajas y desventajas que tienen las líneas de 4 hilos contra las construidas con 3 hilos únicamente.
- 4.- ¿ En qué factores influye notablemente el valor de la impedancia escogida, característica de los Transformadores de Distribución?
- 5.- En qué consiste el Sistema de Distribución tipo EDISON.
- 6.- ¿ Cual es la relación de pérdidas entre un sistema monofásico tres hilos y un trifásico cuatro hilos?  
Desarrollar las ecuaciones y la relación de pérdidas entre estos dos sistemas.
- 7.- Enumere usted algunos de los elementos que puede contener un Sistema de Distribución; que se conoce como elementos secundarios, indicando cuál es la función de cada uno de ellos.
- 8.- En cuanto a su operación ¿ cómo se pueden clasificar los Sistemas de Distribución?
- 9.- Enliste algunos de los parámetros importantes que se deben tomar en cuenta para la planeación de un Sistema de Distribución.
- 10.- Enumere y detalle las principales estructuras de los Sistemas de Distribución Subterráneos empleados en México, en mediana y baja tensión

11.- ¿ Por qué razón la estructura mallada de baja tensión o red automática es hasta ahora el sistema más confiable de distribución?

# ARANCEL PROFESIONAL PARA UNIDADES DE VERIFICACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS

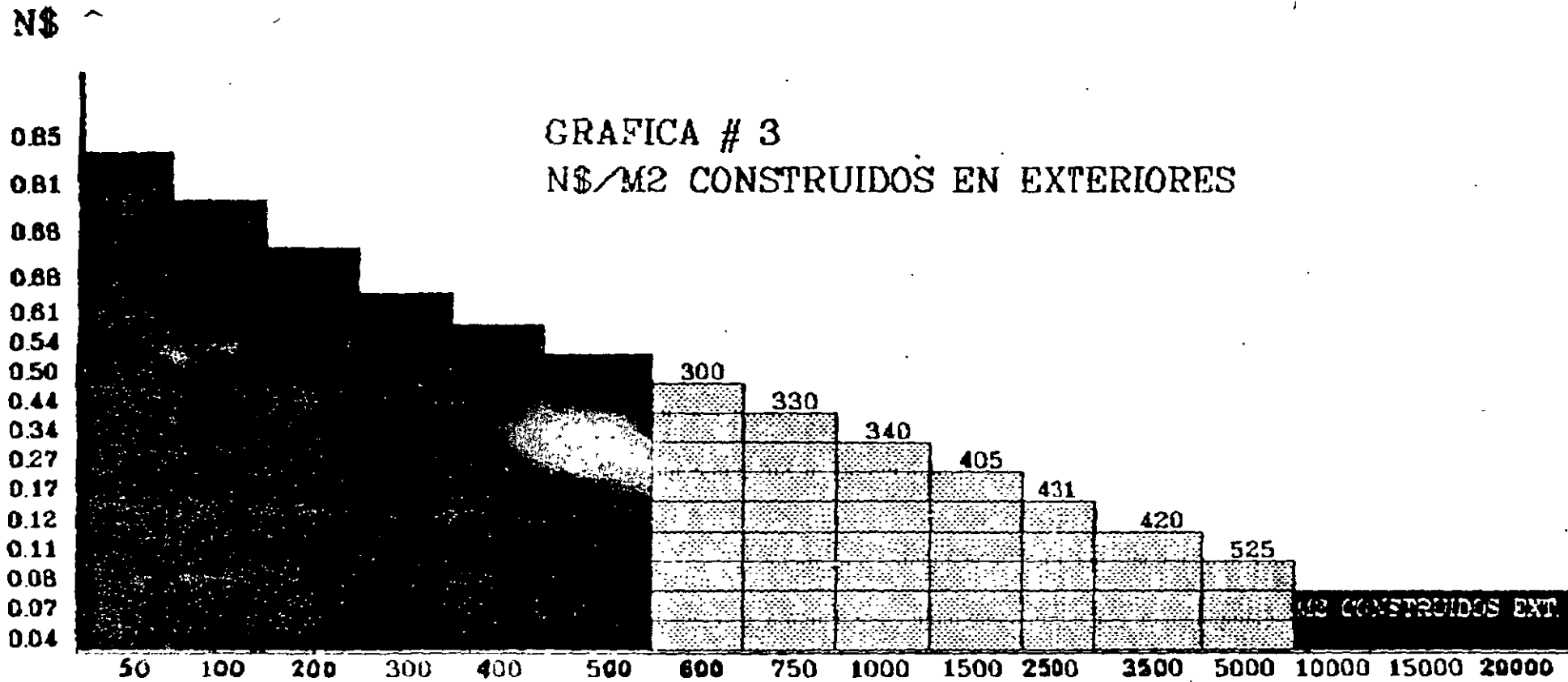


TARIFA CONTROLADA



TARIFA LIBRE

# ARANCEL PROFESIONAL PARA UNIDADES DE VERIFICACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS

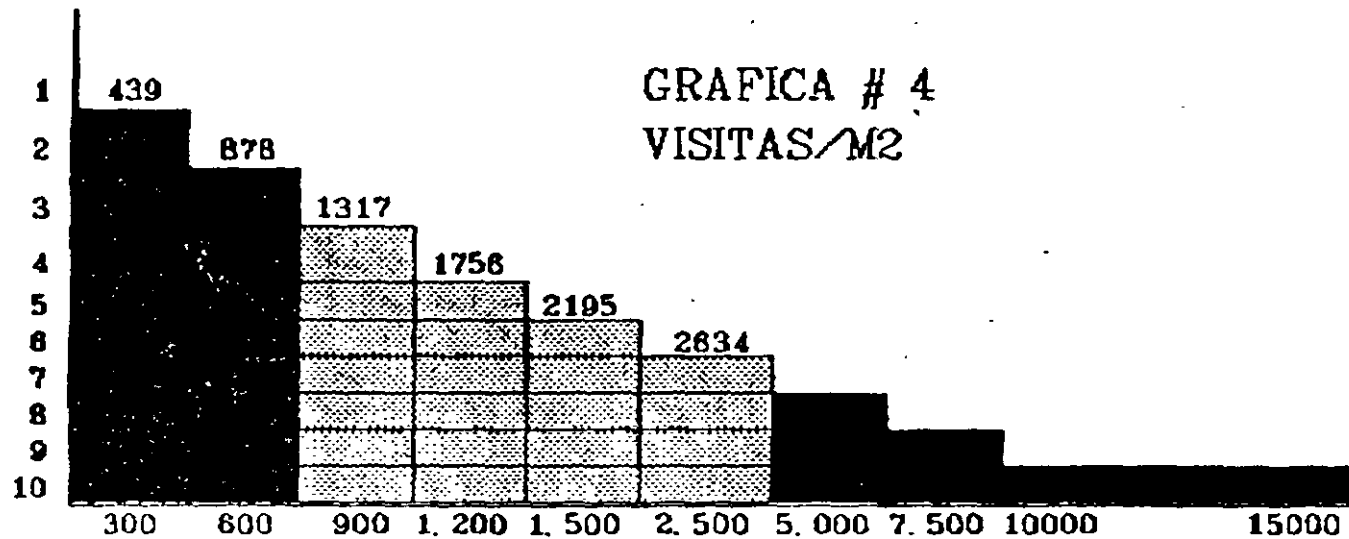


TARIFA CONTROLADA

TARIFA LIBRE

# ARANCEL PROFESIONAL PARA UNIDADES DE VERIFICACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS

N\$



GRAFICA # 4  
VISITAS/M2



TARIFA CONTROLAD



TARIFA LIBRE

EL COSTO DE VISITA SER 439 NUEVOS PESOS

# ARANCEL PROFESIONAL PARA UNIDADES DE VERIFICACION DE VERIFICACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS

---

## FACTORES DE COMPLEJIDAD

1) Número de Subestaciones (n) = 1 + 0.05 (n-1)

2) Número de Plantas Generadoras (m) = 1 + 0.05 (m-1)

3) Número de Motores Base - 20 = 1.000  
21 a 50 = 1.050  
51 a 100 = 1.075  
101 a 200 = 1.100  
201 a 300 = 1.150  
más de 300 = 1.200

4) Areas Peligrosas = 3.0

5) Instalaciones Especiales = 1.4 ( Centros de Computo, Hospitales, Laboratorios,  
Centros de Comunicaciones, Aeropuertos y  
Edificios Inteligentes ).

6) Tipo de Distribución : Radial = 1.00  
Selectivo = 1.05  
Anillo = 1.10  
Doble Anillo = 1.20

(

ARANCEL PROFESIONAL PARA UNIDADES DE VERIFICACION  
DE VERIFICACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS

---

***FACTORES POR ZONAS DE SALARIOS MINIMOS***

AREA GEOGRAFICA A = 1.00000000

AREA GEOGRAFICA B = 0.92927308

AREA GEOGRAFICA C = 0.84413883





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

*CURSOS INSTITUCIONALES*

*INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*DEL 8 AL 19 DE ABRIL 1996*

*DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL*

*-INTRODUCCION GRAL.  
-OBSERVANCIA DE LEYES, REGLAMENTOS  
Y NORMAS VIGENTES PARA LAS INSTALACIONES  
ELECTRICAS EN MEXICO*

*EXPOSITOR  
ING.PERCY SARMIENTO NAVA  
MEXICO, D.F.*

## **INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS**

### **1. INTRODUCCION GRAL DEL CURSO**

El constante crecimiento de los Sistemas Eléctricos de Potencia y la exigencia de una mejora en la calidad del Suministro de Energía Eléctrica, demandada por las cada vez más sofisticadas cargas eléctricas, están obligando a los ingenieros y personal del ramo, a estar permanentemente actualizados y a tomar conciencia de que hablamos de una ingeniería dinámica que debe adaptar sus proyectos, criterios, normas e instalaciones constantemente para optimizar la utilización de la energía y satisfacer adecuadamente las necesidades de nuestro tiempo.

Es en este sentido que elaboramos el presente curso, para remarcar los aspectos más importantes en cuanto al proyecto de Instalaciones Eléctricas para Edificios, unificar criterios y motivar a los participantes para actualizarse investigando sobre los tópicos que se están manejando.

### **2. OBSERVANCIA DE LEYES, REGLAMENTOS Y NORMAS VIGENTES:**

#### **2.1. LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA.**

(publicada en el Diario Oficial de la Federación 22/XII/75)

EN SUS DISPOSICIONES GENERALES, (CAP. I), ESTIPULA:

ART 1o. Corresponde exclusivamente a la Nación, generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público, en los términos del Art.27 Constitucional. En esta materia no se otorgará concesiones a los particulares y la Nación aprovechará a través de la Comisión Federal de Electricidad, los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.

ART 4o. Para los efectos de esta Ley, la prestación del servicio público de energía eléctrica comprende:

- I.- La planeación del sistema eléctrico nacional.
- II.- La generación, conducción, transformación, distribución y venta de energía eléctrica y
- III.- La realización de todas las obras, instalaciones y trabajos que requieran la planeación, ejecución, operación y mantenimiento del sistema eléctrico nacional.

(En sus artículos 5 y 6, \* designan que será la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal quien dictará las disposiciones relativas al servicio público de energía eléctrica. y autorizará las consideraciones expuestas por CFE )

#### **CAP. V. Del Suministro de Energía Eléctrica**

ART. 28.\* Corresponde al solicitante del servicio, realizar a su costa y bajo su responsabilidad, las obras e instalaciones destinadas al uso de energía eléctrica, mismas que deberán satisfacer los requisitos y de seguridad que fijen los reglamentos.

Antes de la ejecución de dichas obras e instalaciones, deberán formularse los proyectos correspondientes de acuerdo con los lineamientos y normas que fije la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). Sin perjuicio de las facultades de dicha Secretaría para corroborar el cumplimiento de los requisitos que se establezcan, solo requerirán la previa aprobación de la misma Dependencia, las instalaciones eléctricas para industrias, servicios de alta tensión, suministros en lugares de concentración pública, edificios destinados para varios usuarios y en áreas consideradas peligrosas, de conformidad con las normas citadas.

CFE sólo suministrará energía eléctrica previa comprobación de que las instalaciones a que se refiere el párrafo anterior han sido aprobadas por la SECOFI.

ART. 29.\* No podrá ponerse a la venta ni utilizarse en la República Mexicana ningún aparato, maquinaria o dispositivo destinado al uso de energía eléctrica, cuyas características técnicas y de seguridad sean diferentes a las de los tipos aprobados por la SECOFI.

ART.44.\* La aplicación de la presente Ley y de sus disposiciones reglamentarias es de la competencia del Ejecutivo Federal, por conducto de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Hacienda y Crédito Público y de Comercio y Fomento Industrial, en los términos de esta propia Ley.

Dentro de los TRANSITORIOS (publicación 22/XII/75), ART. CUARTO....

Las empresas concesionarias, entrarán o continuarán en disolución y liquidación y prestarán el servicio hasta ser totalmente liquidadas.

(Es por esto que una temporada se llamó a la Cía de Luz y Fuerza del Centro en Liquidación)

NOTA: \* MODIFICADO DE ACUERDO A DECRETO DE LA SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION EN FECHA 27 DE DICIEMBRE DE 1983.

## 2.1.1. REGLAMENTO DE LA LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELÉCTRICA

CAP. XI. De las Obras e Instalaciones Eléctricas. (ART. 93 al 97, 101 y 102)

CAP. XVIII. De la Inspección y Vigilancia.

ART: 202.

I- INICIALES

II- PERIÓDICAS

III- EXTRAORDINARIAS.

CAP. XIX. De las personas capacitadas para proyectar y ejecutar obras e instalaciones eléctricas.

## 2.1.2. REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS.

Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22/junio /1981, que en sus artículos dice:

### CAPITULO I

#### DISPOSICIONES GRALES.

ART. 1o. El presente Reglamento y sus Normas Técnicas, serán de observancia general en toda la República y tendrán por objeto establecer los requisitos que deben satisfacer las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de servicio y seguridad para las personas y su patrimonio.

ART.2o. La aplicación del presente Reglamento, la formulación, expedición y actualización de sus Normas Técnicas, así como la vigilancia de la correcta observancia de las Normas Oficiales Mexicanas corresponderá a la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, a través de las Direcciones Generales de Normas y de Energía en el ámbito de sus respectivas competencias.

En casos especiales, la mencionada Dependencia puede eximir de alguno o algunos requisitos fijados en las disposiciones anteriormente mencionadas, siempre que se substituyan por otros que garanticen las mismas condiciones para las cuales fueron fijados.

ART.3o. Cuando en el presente Reglamento se empleen los términos "Secretaría", "Ley" y "Normas Técnicas", debe interpretarse que se refieren respectivamente, a la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y a las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

ART.4o. Competerá a la "Secretaría" sancionar administrativamente a los usuarios que violen los requisitos fijados por el presente Ordenamiento y sus "Normas Técnicas", tomando en cuenta la gravedad del caso y en los términos previstos por la "Ley" y su Reglamento.

Las resoluciones que al respecto se emitan podrán ser recurridas ante la propia "Secretaría" de conformidad con lo dispuesto en los mismos Ordenamientos.

ART:5o. Son materia de este Reglamento y de sus "Normas Técnicas":

- a) Las instalaciones que se emplean para la utilización de la energía eléctrica, en cualquiera de las tensiones usuales de operación, incluyendo el equipo conectado a las mismas por los usuarios.
- b) Las subestaciones y las plantas generadoras de emergencia propiedad de los usuarios.
- c) Las líneas eléctricas y su equipo. Dentro del término "líneas eléctricas" quedan comprendidas las aéreas y las subterráneas conductoras de energía eléctrica, ya sea que forme parte de sistemas de servicio público o bien correspondan a otro tipo de instalaciones.
- d) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el suministro de energía eléctrica.

ART:6o. Las instalaciones eléctricas serán conservadas según el caso, bien por la entidad encargada del suministro, o bien por los usuarios cuando sean de su propiedad, en forma tal que se satisfagan en todo tiempo, los requisitos fijados por este Reglamento y sus "Normas Técnicas". Cuando esto no se cumpla y las instalaciones entrañen un peligro a la seguridad de las personas o a sus bienes, la "Secretaría" aplicará las medidas que procedan, de acuerdo con la "Ley" y su Reglamento.

ART. 7o. El equipo y los materiales que se empleen en las instalaciones para el uso de energía eléctrica, deben ser adecuados para cumplir con tal fin, debiendo satisfacer:

- a) Los lineamientos contenidos en este Reglamento y sus "Normas Técnicas", así como los de las Normas Oficiales Mexicanas que correspondan.
- b) La previa aprobación de la "Secretaría", para su venta y uso, tal como se encuentra establecido en la "Ley" y su Reglamento.

ART:8o. Las instalaciones para el uso de energía eléctrica deben hacerse de tal manera que el funcionamiento del equipo de un usuario no produzca daños, molestias o perjuicios a terceros. Cuando estos casos se presenten, el usuario del servicio que los origina debe aplicar las medidas pertinentes a fin de corregir la situación, de acuerdo con las disposiciones de la "Ley" y su Reglamento.

## CAPITULO II

### NORMAS TÉCNICAS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

ART.9o. La formulación, expedición, revisión y actualización de las "Normas Técnicas" estará a cargo de la "Secretaría", la que se apoyará en las opiniones que para tal efecto emita el Comité Consultivo de Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

El Comité Consultivo de Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas se compondrá de un representante de cada una de las Direcciones Generales de Normas y de Energía de la propia "Secretaría", otro de la CFE, otro de PEMEX y otro de la Cámara de la Industria de Transformación. El Comité estará presidido por el Director General de Normas de la "Secretaría" y podrá invitar a sus sesiones, cuando lo estime conveniente, a representantes de otros organismos del sector público y de organizaciones del sector privado que puedan tener ingerencia en la materia.

ART. 10o. La "Secretaría" dará a conocer, por conducto del "Diario Oficial" de la Federación, la expedición de las "Normas Técnicas" así como de las adiciones, supresiones o modificaciones que resulten de sus revisiones periódicas para su actualización y vigencia.

*CURSO SOBRE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS*

ART:11o. Los aspectos de las instalaciones que no estén previstos en las "Normas Técnicas", serán resueltos por la "Secretaría" escuchando las opiniones del Comité Consultivo de Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

Las obras e instalaciones que vayan a pasar a ser propiedad de la Comisión Federal de Electricidad, se ajustarán además de lo que sea aplicable de este Reglamento y sus "Normas Técnicas", a los requisitos técnicos aprobados por la "Secretaría" para dicho organismo.

TRANSITORIO

PRIMERO. El presente Reglamento entrará en vigor 30 días después de su publicación en el "Diario Oficial" de la Federación fecha en la que entrarán en vigor también las "Normas Técnicas" que en cumplimiento del artículo 10o. de este ordenamiento expida la "Secretaría", con la debida oportunidad.

SEGUNDO. Al entrar en vigor el presente Reglamento, quedará abrogado el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, publicado en el "Diario Oficial" de la Federación el 31 de marzo de 1950.

TERCERO. Este Reglamento y sus Normas Técnicas se aplicarán a las Instalaciones nuevas, a la ampliación o modificación de las existentes y a aquellas Instalaciones existentes que por su estado o característica impliquen algún riesgo para las personas o sus bienes, las cuales deberán corregirse en los plazos que fije la Secretaría, de acuerdo con las disposiciones aplicables.

Dado en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la Ciudad de México, D.F, a los cuatro días del mes de junio de mil novecientos ochenta y uno.- José López Portillo.- Rúbrica.- El Secretario de Patrimonio y Fomento Industrial, José Andrés Oteyza.- Rúbrica.

- 2.1.2.1. ACUERDO QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN CONTENER LOS PROYECTOS Y LOS TRAMITES SIMPLIFICADOS PARA OBTENER LA APROBACION DE LAS INSTALACIONES DESTINADAS AL USO DE ENERGIA ELECTRICA.  
(PUBLICADO EL 9/V/88 EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION.)

## SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

ACUERDO que establece los requisitos que deben contener los proyectos - y los trámites simplificados para obtener la aprobación de las instalaciones destinadas al uso de energía eléctrica.

**ARTICULO 1º.-** Requerirán la previa aprobación de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial las instalaciones de energía eléctrica con carga total -- instalada mayor de 20 Kw. que se destinen a:

- I.- Industrias
- II.- Suministro en alta tensión, cualquiera que sea el fin al que se destine la energía eléctrica, salvo las subestaciones tipo poste para -- riego agrícola que se instalen bajo la supervisión de la Comisión Federal de Electricidad.
- III.- Inmuebles de concentración pública.
- IV.- Edificios ocupados por arrendatarios, copropietarios o condóminos.

También requerirán la previa aprobación de dicha Secretaría las instalaciones de energía eléctrica con carga total instalada mayor de 10Kw. establecidas en áreas consideradas peligrosas.

**ARTICULO 2º.-** Tratándose de las empresas microindustriales a que se refiere la Ley Federal para el Fomento de la Microindustria, sólo requerirán la previa aprobación prevista en el Artículo anterior, las instalaciones de energía eléctrica con carga total instalada mayor de 40 Kw. en áreas normales o de 20 Kw. cuando las instalaciones se encuentren en áreas consideradas peligrosas.

**ARTICULO 3º.-** Para los efectos de este Acuerdo se considerarán:

- I.- Industrias, las señaladas en el Catálogo Mexicano de Actividades Económicas.
- II.- Inmuebles o lugares de concentración pública:
  - Arenas de Box
  - Auditorios
  - Bancos
  - Baños Públicos
  - Bares y cantinas
  - Bibliotecas públicas
  - Cárceles y reclusorios
  - Carpas y circos
  - Centros de conferencias
  - Centros nocturnos (cabarets)
  - Cines
  - Edificios para oficinas públicas
  - Edificios para oficinas privadas en donde se atienda al público
  - Escuelas y demás centros docentes
  - Establecimientos comerciales
  - Estadios
  - Ferias y exposiciones
  - Galerías y salas de exposición
  - Gimnasios y centros deportivos
  - Hospitales y clínicas
  - Hoteles, moteles y albergues
  - Iglesias y templos
  - Funerarias

Mercados  
Museos  
Plazas Taurinas  
Restaurantes y cafeterías  
Salas para fiestas  
Salones de baile  
Teatros

Terminales para pasajeros (aéreas, terrestres, marítimas).

Los demás inmuebles destinados a fines de esparcimiento, recreativos, culturales, para recibir un servicio, concertar negocios o cualquier otro que sea motivo de reunión en forma habitual.

III.- Inmuebles y áreas peligrosas:

Bodegas y almacenes de materias líquidas, sólidas y gaseosas peligrosas

Estaciones terminales de almacenamiento de hidrocarburos líquidos y gaseosos

Fábrica de pinturas a base de solventes inflamables

Fábrica de productos de hule y sus derivados

Fábrica donde haya áreas de niquelado, galvanoplastia y polvos metálicos

Fábricas textiles

Fábricas de muebles de madera

Gasolineras

Hangares y talleres de reparación aeronáutica

Laboratorios (donde se manejen sustancias peligrosas)

Madererías

Minas y plantas de refinación en general

Plantas de bombeo y rebombeo de hidrocarburos líquidos y gaseosos

Plantas de almacenamiento y envasado de gas

Plantas de refinación de petróleo.

Plantas de tratamiento de carbón

Plantas químicas y petroquímicas

En general, todos aquellos inmuebles o áreas a que se refiere la Sección 501 de las Normas Técnicas del Reglamento de Instalaciones Eléctricas.

**ARTICULO 4º.-** Los proyectos y la construcción de las instalaciones para el uso de energía eléctrica, aun cuando estas últimas no requieran la aprobación previa por parte de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, en lo sucesivo "La Secretaría", estarán a cargo de técnicos responsables previamente registrados ante dicha Dependencia, siendo obligación de los usuarios conservar los proyectos correspondientes con la firma y número de Registro del Técnico-Responsable en los inmuebles en donde se hayan realizado las instalaciones de que se trate.

**ARTICULO 5º.-** En los casos en que las instalaciones para el uso de energía eléctrica requieran la aprobación previa de esta Secretaría, antes de que se inicie la ejecución de ellas, el proyecto correspondiente, que requerirá estar integrado por planos y memoria técnica, esta última sólo en el caso de que tales instalaciones sean para alta tensión o alta y baja tensión, deberá presentarse ante la Dirección General de Inspección y Vigilancia de la Propia Dependencia o en la Delegación Coordinadora Regional o Federal en cuya jurisdicción se encuentre el inmueble para el cual se proyecta la instalación, acompañado de una solicitud por escrito en la que se proporcionará la información y se anexarán los documentos a que se refiere el artículo 10 de este Acuerdo.



**ARTICULO 6º.** - Previamente a la elaboración del proyecto, el usuario deberá consultar al suministrador si puede proporcionar el servicio con oportunidad, en los siguientes casos:

1.- Si la carga instalada excede de las señaladas para los casos a que se refieren los artículos 1o. y 2o. de este Acuerdo.

2.- Si el lugar en el que deberá proporcionarse el servicio se encuentra a más de 200 m. del registro o poste de la red de alta o baja tensión existente más próxima.

**ARTICULO 7º.** - Los planos se elaborarán tomando en cuenta lo siguiente:

1.- El original se dibujará en papel albanene o cualquier otro que permita obtener copias heligráficas con claridad.

2.- El tamaño de los planos se sujetará a las siguientes dimensiones en cm.: 70x110, 55x70, 35x55, 28x40 y 21.5x28.

3.- La letra será de un alto mínimo de 2 mm., y puede ser escrita con plantilla o a mano usando el tipo de imprenta, en cuyo caso deberá ser lo suficientemente clara.

4.- Las escaleras serán las adecuadas para que en los tamaños fijados, se tenga el espacio suficiente para lo que se desee presentar, anotándose en cada plano la escala utilizada. Es recomendable, según el caso, usar las siguientes escalas: - 1:100,000; 1:5,000; 1:2,000; 1:1,000; 1:500; 1:100 y 1:50.

5.- Se usará el Sistema General de Unidades de Medidas, de acuerdo con la Norma NOM-X-1 vigente (Sistema Métrico Decimal) y el idioma español en todas sus leyendas.

6.- Contendrán exclusivamente los datos relativos a las instalaciones eléctricas, serán claros e incluirán la información suficiente para su correcta interpretación de manera que permita construir la instalación. Se indicarán notas aclaratorias a los puntos que el proyectista considere necesarios.

7.- Se usarán los símbolos que se indican en la Tabla 1 que se inserta al final de este Acuerdo. En caso de tener que usar algún símbolo que no aparezca en dicha Tabla, se indicará su descripción en los planos.

8.- Se dejará en la esquina inferior derecha un cuadro en el que se anotará:

a).- Nombre o razón social del solicitante del servicio.

b).- Domicilio (calle y número, Colonia, Código Postal, Delegación o Población, Municipio y Entidad).

c).- Uso al que se vaya a destinar la instalación (giro o actividad).

d).- Nombre, número de registro en la Secretaría y firma del responsable del proyecto. En el caso de la elaboración de planos de instalaciones ya constituidas, el que firma como responsable del proyecto también se hace responsable de éstas.

e).- Fecha de elaboración del proyecto.

9.- En caso de que el proyecto esté integrado por varios planos, se anotará la continuidad de cada plano con respecto al general de conjunto en el que se indicará la acometida, la subestación, en su caso, los alimentadores principales hasta los centro de cargas, anotando los números de los planos correspondientes y acotándose la parte de la instalación comprendida en cada plano.

10.- El proyecto contendrá:

A).- Diagrama unifilar.

B).- Cuadro de distribución de cargas por circuito.

C).- Planos de planta y elevación, en su caso.

D).- Croquis de localización en relación a las calles más cercanas.

E).- Lista de materiales y equipo por utilizar.

F).- Memoria técnica a que se refiere el artículo 5o. de este Acuerdo.

11.- El diagrama unifilar comprenderá:

A).- Acometida.

b).- Subestación, en su caso, mostrando las características principales de los equipos que la integran. Si la subestación es del tipo unitario se indicará el número de la autorización de la Dirección General de Normas de la Secretaría.

C).- Alimentadores hasta los centros de carga, tableros de fuerza, alumbrado, etc., indicando su longitud en cada caso y caída de tensión representada en por ciento.

D).- Alimentadores y circuitos derivados, excepto los controlados desde los tableros de alumbrado.

E).- Tipo, capacidad interruptiva y rango de ajuste de cada una de las protecciones de los alimentadores principales y derivados.

F).- Calibre, tipo de material y aislamiento de los conductores activos y neutros de los alimentadores principales y derivados.

G).- Tipo y dimensiones de la canalización empleada en cada alimentador.

12.- El cuadro de distribución de cargas comprenderá:

A).- Alumbrado.

Número de circuito, número de lámparas, contactos dispositivos eléctricos por cada circuito, fases a que va conectado el circuito, cargas en watts y corriente en amperes de cada circuito, calibre de los conductores, diámetro de tubería y protección contra sobrecorriente por cada circuito, desbalance entre fases expresado en por ciento.

B).- Fuerza

Número de circuito, fases del circuito, características de los motores y aparatos y sus dispositivos de protección y control así como indicar a qué circuito están conectados y el nombre de la máquina o máquinas que accionen, calibre de conductores, diámetro de tubería o ducto y el resumen de cargas indicando el desbalanceo entre fases expresado en por ciento.

13.- Los planos de planta y elevación comprenderán:

A).- Localización del punto de la acometida, del interruptor general y del equipo principal incluyendo el número o tableros generales de distribución.

B).- Localización de centros de control de motores, tableros de fuerza, de alumbrado y contactos y de concentraciones de interruptores.

C).- Trayectoria horizontal y vertical (cuando ésta exceda de 4 metros) de alimentadores y circuitos derivados, tanto de fuerza como de alumbrado identificando cada circuito, e indicando calibre y canalización, localización de motores y equipos alimentados por los circuitos derivados, localización de los arrancadores y sus medios de desconexión, localización de contactos y unidades de alumbrado con sus controladores, identificando las cargas con su circuito y tablero correspondiente.

D).- Localización, en su caso, de áreas peligrosas indicando su clasificación de acuerdo a las normas técnicas de instalaciones eléctricas.

Si en el proyecto existen puntos que puedan dar lugar a diferentes interpretaciones, se detallará la información pertinente, como por ejemplo en los casos de concentración de interruptores, derivaciones de alimentadores principales, etc.

14.- El croquis de localización comprenderá:

La manzana y las calles que la circundan, la ubicación del predio dentro de la manzana, número de lote o número oficial, la orientación, colonia, población y otras referencia que faciliten su localización.

15.- Las listas de materiales y equipo especificado comprenderá:

Cada uno de los principales materiales y equipos que se utilizarán especificando su marca y número de registro en esta Secretaría.

**ARTICULO 8o.-** La memoria técnica comprenderá:

1.- Los datos que sirvieron de base para establecer el criterio de diseño y que fijará la forma de operar la instalación, tales como factor de demanda de cada alimentador principal y derivados, régimen de trabajo y tipo de servicio de motores y soldadoras, etc.

2.- Los cálculos para la adecuada selección de la capacidad interruptiva simétrica y nominal de las protecciones principales de la instalación.

3.- Los cálculos correspondientes al sistema de tierras para subestaciones, considerando las tensiones de paso, contacto y red, así como la selección de calibre y longitud del conductor de la malla.

**ARTICULO 9o.-** En la elaboración de los planos de detalle de las instalaciones se tomará en cuenta:1.- Para subestaciones:

a).- Mostrar el arreglo del equipo eléctrico que integra la subestación, indicando las distancias entre partes energizadas entre sí y a tierra. Cuando se trate de subestaciones abiertas, marcar la altura de montaje de cuchillas, interruptores, apartarrayos, postes, etc. La vista de planta, elevación y detalles de la subestación, mostrarán con claridad la acometida del servicio, subidas y bajadas de conductores, cruzamiento entre líneas, mufas, instalaciones de aisladores de suspensión, de alfiler, de tensores y retenidas, etc.

b).- Indicar dónde se localiza: el drenaje, la ventilación, los extinguidores, los accesorios de seguridad, los accesos al local, cercas protectoras, sistema de tierra, anuncios de peligro, las tarimas aislantes y las unidades de alumbrado normal y de emergencia que el proyecto incluya.

c).- Mostrar la localización e instalación de cables en ductos, excepto lo referente a la acometida del servicio, los registros y las vueltas que los cables efectúen en su recorrido. Asimismo, anotar las características de estos conductores.

d).- Indicar claramente la conexión realizada entre el interruptor de alta tensión y el primario del transformador, incluyendo sus medios de soporte y terminales, en su caso.

e).- Anotar el tipo de apartarrayos utilizado y su tensión nominal de operación; el o los tipos de interruptores utilizados, su corriente nominal en amperes, su calibración o ajuste del disparo y la capacidad interruptiva simétrica de los mismos; -- cuando se utilicen fusibles, se indicará si son de expulsión o no, si son limitadores de corriente o son de potencia y si son del tipo indicador, así como el valor del elemento fusible y el valor de su capacidad interruptiva.

f).- Anotar la capacidad de corto circuito disponible en el punto de suministro, consultando para el efecto al suministrador.

g).- Señalar la existencia de mecanismos que impidan operar con carga los desconectores y abrir las puertas de los gabinetes cuando existan partes energizadas en el caso de subestaciones compactas.

h).- Anotar las características completas del o los transformadores tal y como aparecen en sus placas de datos.

i).- Indicar tipo y mecanismos de operación de desconectores e interruptores, material, tipo y tensión de operación de los aisladores utilizados; material y dimensiones de las barras o conductores de alta tensión, características de capacitadores y sus medios de desconexión y puesta a tierra.

2.- Para protección contra sobrecorriente, indicar el tipo de la protección (si es fusible, anotar si es de doble elemento, limitador de corriente o del tipo convencional); tensión y corriente nominal (especificar el valor del elemento fusible o la calibración, en caso de termomagnéticos y electromagnéticos con dispero ajustable); marco y capacidad interruptiva en amperes simétricos y tipo de cubierta. En caso de utilizar relevadores se indicará su tipo y rango de ajuste.

3.- Para conductores.- Indicar calibre, tipo de material, clase de aislamiento y tensión en volts, mencionando si es cable o alambre, así como el tipo de material de sus cubiertas y si cuenta con pantallas semiconductoras.

4.- Para canalizaciones:

a).- Tubos conduit.-Indicar tipo de material, espesor de la pared, recubrimiento, diámetro nominal y si es flexible o rígido.

b).- Ducto metálico con tapa.- Indicar el área o sección transversal del ducto.

c).- Charolas.-Anotar tipo de material y ancho de la charola y dibujar detalle del acomodo de los cables en cad tramo.

5.- Para motores:

a).- Indicar para cada motor, los datos completos de sus respectivas placas.

b).- Cuando se trate de soldadoras, indicar los datos completos de sus placas.

c).- Indicar el tipo de controlador, (clavija, desconectador, interruptor o contactor), si es automático o manual y si es a tensión reducida o completa, así como el tamaño y tipo de cubierta del mismo.

d).- Anotar el valor en amperes de la protección contra sobrecorriente del motor.

e).- Tipo, capacidad y tensión nominal del medio de desconexión, indicando las características de la cubierta.

f).- Identificar todos los motores que aparecen en los diagramas unifilares, vistas físicas y cuadros de cargas.

6.- Para alumbrado y contactos:

a).- Indicar el tipo de lámparas y portalámparas, tensión nominal; capacidad en watts; pérdidas en watts del balastro o reactor, mencionando el número de lámparas que dependen de cada reactor y si éste es parte integrante del portalámparas o no, así mismo, especificar el tipo de cubierta del portalámpara.

b).- Indicar la capacidad en watts de los contactos, número de fases especificando si está o no aterrizado, tensión nominal y tipo de cubierta.

7.- Para sistemas de tierras, la instalación referente al aterrizado del sistema eléctrico y a la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de corriente del equipo eléctrico, pueden representarse en planos o memorias descriptivas, pero en cualquier caso contendrá las características de electrodos, dimensiones, tipo de material y longitud enterrada; especificará las características del puente de unión que conecta el electrodo de entrada del servicio con los conductores de tierra, tanto del sistema como del equipo; indicar las características del conductor de tierra del sistema, las correspondientes al medio de conexión individual de los equipos y/o aparatos al sistema de tierra, señalando las características de los conectores empleados, incluyendo si son del tipo soldable o atornillable; se anotarán los criterios y cálculos, en su caso, que dieron base a la selección del sistema de tierra.

**ARTICULO 10.-** La solicitud relacionada con el proyecto a que se refiere el artículo 5o., deberá contener la siguiente información:

I.- Nombre, domicilio particular, Código Postal y número telefónico de la persona física o moral propietaria del inmueble a que se refiere la siguiente fracción;

II.- Domicilio del inmueble para el cual se proyecta la instalación, anotando calle, número, Colonia, Código Postal, Delegación o Población, Municipio y Estado y número telefónico;

III.- Nombre y número de registro del responsable del proyecto y el de la construcción de la instalación eléctrica de ser distinto, así como domicilio y Código Postal de ambos para recibir notificaciones.

- IV.- *Uso al que se vaya a destinar la instalación eléctrica y carga (Kw);*
- V.- *Copia de cada uno de los planos que integran el proyecto de la instalación;*
- VI.- *Un tanto de la memoria técnica en los casos mencionados en el artículo 5o. de este Acuerdo;*
- VII.- *Programa de obras;*
- VIII.- *Fotocopia de la credencial de registro del responsable del proyecto y el de la construcción eléctrica, de ser distinto.*

*Si el proyecto no contiene todos los requisitos y anexos a que se refiere este artículo, no será admitido, indicándole al solicitante las deficiencias u omisiones.*

**ARTICULO 11.-** *Dentro de los 15 días hábiles siguientes a la fecha en que fue admitido el proyecto, la Secretaría podrá objetarlo por no reunir los requisitos a que se refiere el Reglamento de Instalaciones Eléctricas. Transcurrido dicho plazo y si dentro del mismo no se formularen observaciones, las que en todo caso deberán comunicarse por escrito al interesado, el responsable del mismo o, en su caso, el de la construcción de la instalación eléctrica, podrá iniciar las obras correspondientes bajo la responsabilidad técnica de cualesquiera de dichas personas.*

**ARTICULO 12.-** *Cuando se trate de instalaciones para uso de energía eléctrica que requieran la aprobación previa de esta Secretaría, o ampliaciones a las mismas, el técnico responsable debidamente registrado deberá efectuarlas tomando en cuenta lo siguiente:*

- 1.- *Apegarse al proyecto presentado ante la Secretaría.*
- 2.- *Utilizar los materiales, dispositivos, aparatos y equipos oficialmente aprobados, con especial cuidado en las áreas peligrosas.*
- 3.- *En caso de que el proyecto tenga alguna deficiencia, se corregirá ésta, informando al solicitante del servicio.*
- 4.- *Cuando durante la construcción surjan cambios importantes al proyecto, deberá actualizarse el mismo y presentarlo nuevamente a la Secretaría.*
- 5.- *Una vez terminada la instalación y antes de energizarla se harán como mínimo las pruebas indicadas en el artículo siguiente.*

**ARTICULO 13.-** *El número de pruebas que deben realizarse en las instalaciones eléctricas serán, como mínimo, las previstas en las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas cuyo número se indica entre paréntesis:*

- 1.- *Resistencia de aislamiento (102.5).*
- 2.- *Continuidad de conductores (301.6).*
- 3.- *Continuidad de canalizaciones (301.5).*
- 4.- *Resistencia de electrodos artificiales (206.49).*
- 5.- *Resistencia total del sistema de tierras en las subestaciones (603.2).*

**ARTICULO 14.-** *Para obtener la aprobación de la instalación eléctrica se deberá presentar lo siguiente:*

*a.- Aviso por escrito de terminación de la construcción, firmado por el responsable y el propietario o usuario comunicando el resultado de las pruebas mencionadas en el artículo 13 de este Acuerdo y declarando, bajo protesta de decir verdad, lo siguiente:*

- a).- Nombre y número de registro del responsable del proyecto y fecha de presentación del mismo ante la Secretaría.*
- b).- Que la instalación eléctrica se hizo ajustándose el proyecto previamente presentado, anexándose copia del escrito con que se presentó.*
- c).- Que se utilizaron los materiales y equipos aprobados por la Secretaría.*
- d).- Que se cumplió con el Reglamento de Instalaciones Eléctricas y sus Normas Técnicas.*

e).- Que la carga en Kw (kva para subestaciones) corresponde a lo que se proyectó anexando la relación de carga de la instalación.

f).- Nombre del solicitante del servicio.

g).- Dirección de la instalación y giro.

h).- Nombre, número de registro en la Secretaría y firma del responsable de la construcción de la instalación eléctrica.

La Secretaría podrá, de considerarlo necesario, practicar inspección sobre las instalaciones.

**ARTICULO 15.-** Si el aviso a que se refiere el Artículo anterior reúne todos los requisitos señalados en el mismo, será admitido sellándosele al interesado una copia. De no reunirlos se le indicarán por escrito las causas por las que no se admite, para que subsanadas que sean se presente de nueva cuenta dicho aviso.

La admisión del aviso y el sellado de la copia del interesado por parte de la Dirección General de Inspección y Vigilancia, de la Delegación Coordinadora Regional o Federal correspondiente, y de las autoridades encargadas de las "Ventanillas Unicas de Gestión", que se encuentran en el Distrito Federal, y en las Capitales de los Estados y otros Municipios, que así lo convengan para atender los trámites de las empresas microindustriales, a que se refiere el artículo 2o. de este Acuerdo, implicará la aprobación de la instalación correspondiente para los efectos de lo previsto en el Artículo 28 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, sin perjuicio de que la Secretaría al ejercer sus atribuciones en materia de inspección y vigilancia, ordene en cualquier momento las modificaciones que procedan a las instalaciones, por no haberse realizado éstas conforme al proyecto y a las normas técnicas contenidas en el Reglamento de Instalaciones Eléctricas.

**ARTICULO 16.-** En los caso en que conforme a este Acuerdo las instalaciones destinadas al uso de energía eléctrica no requieran la aprobación previa de esta Secretaría, la suministradora deberá proporcionar el servicio sin exigir la presentación de algún tipo de constancia en este sentido. Tratándose de las empresas microindustriales cuyas instalaciones se encuentren en este supuesto, bastará que éstas presenten la Cédula Microindustrial que se les haya expedido en los términos de la Ley de la Materia, que las acreditará como tales.

Quando se trate de instalaciones que sí requieran dicha aprobación previa, para obtener el suministro de energía eléctrica bastará que el solicitante del servicio presente a la suministradora el aviso debidamente sellado por cualquiera de las autoridades a que se refiere el artículo 15, sin el cual no podrá contratarse el servicio.

**ARTICULO 17.-** En lo no previsto en los artículos anteriores serán aplicables las demás disposiciones legales en materia de energía eléctrica.

**ARTICULO 18.-** La Dirección General de Normas y la de Inspección y Vigilancia de esta Secretaría, llevarán un control de las actividades que realicen las personas autorizadas para la proyección y ejecución de obras e instalaciones eléctricas destinadas al uso de energía eléctrica, el que se tendrá en cuenta para el refrendo del registro correspondiente y demás efectos a que haya lugar.

## 2.1.2.2. MODIFICACION REFERENTE A LA VERIFICACION PARA INSTALACIONES ELECTRICAS.

(PUBLICADO EL 23/XII/93 EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION).

En esta publicación, se modifica la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica para estipular que las funciones relacionadas con la verificación de las Instalaciones Eléctricas de utilización, se realizarán por medio de Unidades de Verificación, aprobadas por la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMP) y acreditadas para su operación por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), tal y como lo señala la Ley Federal sobre Metrología y Normalizada, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10. de Julio de 1992.

### 2.1.2.2.1. ALCANCES Y OBLIGACIONES DE LAS UNIDADES DE VERIFICACION

La Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas, tendrá a su cargo, verificar, a solicitud del usuario, que las instalaciones eléctricas y el proyecto del mismo cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

Las actividades que realizará la Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE), tomando como base las Normas Oficiales Mexicanas aplicables a las instalaciones eléctricas son:

- I. - Revisión del proyecto de instalaciones destinadas al uso de energía eléctrica. Se certificará que cumpla con lo siguiente:
  - I.A. - Que el valor nominal de las protecciones, así como su capacidad interruptiva, sean los adecuados a las características del circuito que protejan.
  - I.B. - Que los conductores, su aislamiento, pantalla, etc., sean los adecuados para el lugar que se emplean.
  - I.C. - Que los conductores sean los adecuados para la corriente que van a conducir y que se hayan empleado los factores de corrección por agrupamiento y temperatura apropiados al caso, así como sean adecuados a la caída de tensión, y en su caso al corto circuito.
  - I.D. - Que las canalizaciones sean adecuadas al lugar donde se empleen y que se utilicen los accesorios apropiados al tipo de canalización.
  - I.E. - Que el factor de relleno de las canalizaciones, no exceda el indicado en las Normas Oficiales Mexicanas para cada tipo.
  - I.F. - Que se haya previsto un medio para la conexión a tierra de todas las partes metálicas no conductoras de las instalaciones, y que dicho medio, así como los electrodos y red de tierra, cumplan con lo especificado por las Normas Oficiales Mexicanas.
  - I.G. - Que la protección contra sobrecorriente y sobrecarga y el arrancador sean adecuados para cada uno de los motores de la instalación.
  - I.H. - Que las instalaciones hechas en lugares clasificados como peligrosos utilicen conductores, materiales, canalizaciones, accesorios, etc. aprobados para su uso según su clase y división.
  - I.I. - Que los apartados de los que hacen mención especial las Normas Oficiales Mexicanas como son: elevadores, capacitores, soldadoras, grúas y anuncios, así como instalaciones en cines, teatros, y lugares de concentración pública, sean adecuadas para su propósito y cumplan los requisitos normativos.
  - I.J. - Que los locales para subestaciones cuenten con las características y accesorios indicados en las Normas para cada tipo de subestación.
  - I.K. - Que los medios de desconexión y protección principal, sean adecuados para la capacidad nominal de la subestación, así como que cuenten con suficiente capacidad interruptiva.
  - I.L. - Que los equipos de la subestación, como son: transformadores, barras, capacitores, etc., estén protegidos adecuadamente, tanto por sobretensiones como contra corto-circuito y sobrecargas.
  - I.M. - Que la subestación cuente con sus respectivos medios de conexión a tierra y que la red de tierras cumpla las especificaciones y requisitos normativos.

II. - Revisión de las obras e instalaciones destinadas al uso de energía eléctrica, cubriendo entre otros, el cumplimiento y adecuada instalación de los puntos del concepto I.

III. - Realización de pruebas para verificar el cumplimiento de normas de instalaciones destinadas al uso de energía eléctrica. Las mediciones que se realizarán son las siguientes:

III.A. - Verificación de la continuidad eléctrica de las canalizaciones (cuando son metálicas y se utilizan como medio de conexión a tierra del equipo).

III.B. - Medición de la resistencia de aislamiento de conductores.

III.C. - Verificación de la continuidad eléctrica de conductores.

III.D. - Prueba del sistema de tierras.

III.E. - Medición de la resistencia a tierra de electrodos artificiales.

III.F. - Medición de la resistencia total del sistema de tierras en subestaciones.

IV. - Informes de la verificación realizada.

La UVIE indicará al usuario las deficiencias del proyecto eléctrico, tanto en planos, como de la memoria de cálculo, que en su caso existan, con el fin de que dichas deficiencias sean subsanadas. La UVIE en su reporte de anomalías fundamentará las deficiencias con base en la Normas Oficiales Mexicanas aplicables a las instalaciones eléctricas.

V. - Acta y Reporte Técnico.

Al finalizar la verificación de las instalaciones eléctricas del usuario y cualesquiera que sea el resultado, la UVIE, expedirá un acta detallada y un reporte técnico en donde se incluirá lo siguiente:

- Datos generales del usuario.
- Características generales de la subestación y de las instalaciones en alta y media tensión.
- Características generales de las instalaciones de baja tensión.
- Resultado de las medidas indicadas.

VI. - Confidencialidad, seguridad e imparcialidad.

La UVIE debe proteger los derechos de propiedad y confidencialidad de la información que obtenga de sus clientes.

Asimismo, debe estar dispuesta a observar los términos y las condiciones de confidencialidad y seguridad de acuerdo a lo requerido por sus clientes.



### 2.1.3. REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL.

(publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1987)

TITULO TERCERO Directores responsables de obra y corresponsables

CAP. II. Corresponsables

ART. 44. Corresponsable es la persona física o moral con los conocimientos técnicos adecuados para responder en forma solidaria con el director responsable de obra, en todos los aspectos de las obras en las que otorgue su responsiva, relativos a la seguridad estructural, diseño urbano y arquitectónico e instalaciones, según sea el caso

Se exigirá responsiva de los corresponsables para obtener la licencia de construcción a que se refiere el artículo 54 de este Reglamento, en los siguientes casos:

III. Corresponsable en instalaciones para los siguientes casos:

a) En los conjuntos habitacionales; baños públicos; lavanderías, tintorerías, lavado y lubricación de vehículos; hospitales; clínicas y centros de salud; instalaciones para exhibiciones; crematorios; aeropuertos; agencias y centrales de telégrafos y teléfonos; estaciones de radio y televisión; estudios cinematográficos; industria pesada y mediana; plantas; estaciones y subestaciones; cárcamos y bombas; circos y ferias, de cualquier magnitud;

b) El resto de las edificaciones que tengan más de 3,000 m<sup>2</sup>. o más de 25 m de altura sobre el nivel medio de banqueta o más de 250 concurrentes.

ART. 45. Los corresponsables otorgarán su responsiva en los siguientes casos:

a) Suscriba conjuntamente con el director responsable de obra una licencia de construcción, o

b) Suscriba la memoria de diseño y los planos del proyecto de instalaciones, o

c) Suscriba los procedimientos sobre la seguridad de las instalaciones.

ART. 46. De los requisitos necesarios para ser corresponsable

ART. 47. Son obligaciones de los corresponsables:

a) Suscribir, conjuntamente con el director responsable de obra, la solicitud de licencia, cuando se trate de las obras previstas en el artículo 44 de este Reglamento;

b) Revisar el proyecto en los aspectos correspondientes a su especialidad, verificando que hayan sido realizados los estudios y se hayan cumplido las disposiciones de este Reglamento y la legislación vigente al respecto, relativas a la seguridad, control de incendios y funcionamiento de las instalaciones;

c) Vigilar que la construcción durante el proceso de la obra, se apegue estrictamente al proyecto correspondiente a su especialidad y que tanto los procedimientos, como los materiales empleados, correspondan a lo especificado y a las normas de calidad del proyecto;

.....

TITULO QUINTO PROYECTO ARQUITECTONICO  
CAPITULO VI. INSTALACIONES

SECCION SEGUNDA.- Instalaciones eléctricas

ART. 165. Los proyectos deberán contener como mínimo, en su parte de instalaciones eléctricas, lo siguiente:

- I.- Diagrama unifilar;
- II.- Cuadro de distribución de cargas por circuito;
- III.- Planos de planta y elevación, en su caso;
- IV.- Croquis de localización del predio en relación a las calles más cercanas;
- V.- Lista de materiales y equipo por utilizar, y
- VI.- Memoria técnica descriptiva.

ART. 166. Las instalaciones se apegarán a las disposiciones del Reglamento de Instalaciones eléctricas y de este Reglamento.

ART. 169. Las edificaciones de salud, recreación y comunicaciones y transportes deberán tener sistemas de iluminación de emergencia con encendido automático, para iluminar pasillos, salidas, vestíbulos, sanitarios, salas y locales de concurrentes, salas de curaciones, operaciones y expulsión y letreros indicadores de salidas de emergencia, en los niveles de iluminación establecidos por este Reglamento para esos locales.

#### 2.1.4. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM -001-SEMP-1994, RELATIVA A INSTALACIONES DESTINADAS AL SUMINISTRO Y USO DE LA ENERGIA ELECTRICA.

Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 10 de octubre de 1994.

La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, con fundamento en la ley que le confiere, expide como resultado de un análisis efectuado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas las Normas antes citadas.

##### 2.1.4.1. OBJETIVOS

Establecer las especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas al suministro y uso de energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de servicio y seguridad para las personas y su patrimonio.

##### 2.1.4.2. CAMPO DE APLICACION

- a) Las instalaciones que se emplean para la utilización de la energía eléctrica, en cualquiera de las tensiones usuales de operación, incluyendo la instalación del equipo conectado a las mismas por los usuarios.
- b) Las subestaciones y las plantas generadoras de emergencia propiedad de los usuarios.
- c) Las líneas eléctricas y su equipo. Dentro del término "líneas eléctricas" quedan comprendidas las aéreas y las subterráneas conductoras de energía eléctrica, ya sea que formen parte de sistemas de servicio público o bien correspondan a otro tipo de instalaciones.
- d) Cualesquiera otras instalaciones que tengan por finalidad el suministro y uso de la energía eléctrica.

##### 2.1.4.3. REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de esta Norma es necesario consultar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas vigentes:

NOM-EM-002-SCFI	Productos eléctricos.- Conductores, alambres y cables.- Especificaciones de seguridad y métodos de prueba
NOM-003-SCFI	Requisitos de seguridad en aparatos electrodomésticos y similares.
NOM-008-SCFI	Sistema general de unidades.
NOM-024-SCFI	Información comercial-aparatos electrónicos y electrodomésticos-instructivos y garantías para los productos de fabricación nacional e importada.
NOM-050-SCFI	Información comercial-información comercial del envase o su etiqueta que deberán ostentar los productos de fabricación nacional y extranjera.
NMS-B-208	Industria siderúrgica.- Tubos de acero para la protección de conductores eléctricos (tubo conduit) tipo pesado.
NMX-B-209	Tubos de acero para la protección de conductores eléctricos (tubo conduit) tipo semipesado.
NMX-B-210	Tubos de acero para la protección de conductores eléctricos (tubo conduit) tipo ligero y extraligero.
NMX-J-10	Productos eléctricos- Conductores- Conductores con aislamiento termoplástico a base de policloruro de vinilo, para instalaciones hasta de 600 V.
NMX-J-98	Tensiones normalizadas.
NMX-J-294	Productos eléctricos- Conductores- Resistencia de aislamiento- Método de prueba.

#### 2.1.4.4.ESPECIFICACIONES

##### 90. INTRODUCCION

##### PRIMERA PARTE

##### CAPITULO 1 DISPOSICIONES

##### GENERALES

100. DEFINICIONES

110. REQUISITOS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS

##### CAPITULO 2 DISEÑO Y PROTECCION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

200. USO E IDENTIFICACION DE LOS CONDUCTORES PUESTOS A TIERRA

210. CIRCUITOS DERIVADOS

215. ALIMENTADORES

220. CALCULO DE CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES

225. CIRCUITOS EXTERIORES DERIVADOS Y ALIMENTADORES (INDICE)

230. ACOMETIDAS

240. PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE

250. PUESTA A TIERRA

280. APARTARRAYOS

##### CAPITULO 3 METODOS DE

##### INSTALACION Y MATERIALES

300. METODOS DE INSTALACION

305. ALAMBRADO PROVISIONAL

310. CONDUCTORES PARA INSTALACIONES DE USO GENERAL

318. CHAROLAS PARA CABLES

320. ALAMBRADO VISIBLE SOBRE

AISLADORES

321. ALAMBRADO SOPORTADO POR UN MENSAJERO

324. INSTALACIONES OCULTAS SOBRE AISLADORES

326. CABLES DE MEDIA TENSION TIPO MV

328. CABLE PLANO TIPO FCC

330. CABLES CON AISLAMIENTO MINERAL Y CUBIERTA METALICA TIPO MI

331. TUBERIA ELECTRICA NO METALICA

333. CABLES CON ARMADURA TIPO AC

334. CABLES CON ARMADURA METALICA TIPO MC

336. CABLE CON CUBIERTA NO METALICA TIPOS NM Y NMC

337. CABLES CON PANTALLA Y CUBIERTA NO METALICA TIPO SNM

338. CABLE PARA ACOMETIDA

339. CABLES SUBTERRANEOS PARA ALIMENTADORES Y PARA CIRCUITOS

DERIVADOS TIPO UF

340. CABLES DE ENERGIA Y CONTROL TIPO TC PARA CHAROLAS

342. EXTENSIONES NO METALICAS

343. CABLE PRE-ENSAMBLADO EN TUBO CONDUIT NO METALICO

344. EXTENSIONES BAJO EL REPELLO

345. TUBO CONDUIT METALICO SEMIPESADO

346. TUBO CONDUIT METALICO TIPO PESADO

347. TUBO RIGIDO NO METALICO

348. TUBO CONDUIT METALICO TIPO LIGERO

349. TUBERIA METALICA FLEXIBLE

350. TUBO CONDUIT METALICO FLEXIBLE

351. TUBO CONDUIT FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS METALICO Y NO METALICO (Liquidtight)

352. CANALIZACIONES METALICAS Y NO METALICAS DE SUPERFICIE

353. MULTICONTACTO

354. DUCTOS BAJO EL PISO

356. CANALIZACIONES EN PISOS CELULARES METALICOS

358. CANALIZACIONES EN PISOS DE CONCRETO CELULAR

362. DUCTOS METALICOS Y NO METALICOS CON TAPA

363. CABLES PLANOS TIPO FC

364. DUCTOS CON BARRAS.

(ELECTRODUCTOS)

365. CANALIZACIONES PREALAMBRADAS

370. REGISTROS DE SALIDA, DE DISPOSITIVOS, DE EMPALME O DE TIRO, CAJAS DE REGISTRO OVALADAS Y ACCESORIOS

373. GABINETES, CAJAS Y GABINETES PARA ENCHUFE DE MEDIDORES

374. CANALES AUXILIARES

380. DESCONECTADORES

384. TABLEROS DE DISTRIBUCION Y GABINETES DE CONTROL

##### CAPITULO 4 EQUIPOS DE USO GENERAL

400. CORDONES Y CABLES FLEXIBLES

402. ALAMBRES PARA APARATOS

410. LUMINARIOS, EQUIPO DE ALUMBRADO, PORTALAMPARAS, LAMPARAS Y

RECEPTACULOS O CONTACTOS

422. APARATOS ELECTRICOS

424. EQUIPOS ELECTRICOS FIJOS PARA CALEFACCION DE AMBIENTE

426. EQUIPO ELECTRICO FIJO PARA DESCONGELAR Y DERRETIR NIEVE

427. EQUIPO ELECTRICO FIJO PARA CALENTAMIENTO DE TUBERIAS PARA

LIQUIDOS Y RECIPIENTES

430. MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y SUS CONTROLES
440. EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y DE REFRIGERACION
445. GENERADORES
450. TRANSFORMADORES Y BOVEDAS DE TRANSFORMADORES
455. CONVERTIDORES DE FASES
460. CAPACITORES
470. RESISTENCIAS Y REACTORES
480. ACUMULADORES
- CAPITULO 5 AMBIENTES ESPECIALES
500. LUGARES CLASIFICADOS COMO PELIGROSOS
501. LUGARES CLASE I
502. LUGARES CLASE II
503. LUGARES CLASE III
504. SISTEMAS INSTRINSECAMENTE SEGUROS
510. LUGARES CLASIFICADOS COMO PELIGROSOS-ESPECIFICOS
511. COCHERAS DE SERVICIO, REPARACION Y ALMACENAMIENTO
513. HANGARES DE AVIACION
514. SURTIDORES (DISPENSARIOS) Y ESTACIONES DE SERVICIO Y AUTOCONSUMO
515. PLANTAS DE ALMACENAMIENTO
516. PROCESOS DE ACABADO
517. INSTALACIONES EN LUGARES DE CUIDADOS DE LA SALUD
518. LUGARES DE CONCENTRACION PUBLICA
520. AREAS DE AUDIENCIA EN TEATROS, CINES, ESTUDIOS DE TELEVISION Y LUGARES SIMILARES
530. ESTUDIOS DE CINE, TELEVISION Y LUGARES SIMILARES
540. PROYECTORES DE CINE
545. INMUEBLES PREFABRICADOS
547. CONSTRUCCIONES AGRICOLAS
550. VIVIENDAS MOVILES Y SS ESTACIONAMIENTOS
551. VEHICULOS DE RECREO Y SUS ESTACIONAMIENTOS
553. CONSTRUCCIONES FLOTANTES
555. MARINAS Y MUELLES
- CAPITULO 6 EQUIPOS ESPECIALES
600. ANUNCIOS LUMINOSOS Y ALUMBRADO DE REALCE
604. SISTEMAS DE ALAMBRADO PREFABRICADOS
605. ARTICULOS DE OFICINA (RELACIONADO CON ACCESORIOS DE ALUMBRADO Y MUROS PREFABRICADOS)
610. GRUAS Y POLIPASTOS
620. ASCENSORES, MONTAPLATOS, ESCALERAS MECANICAS Y PASILLOS MOVILES
630. SOLDADORAS ELECTRICAS
640. GRABADORAS DE SONIDO Y EQUIPOS SIMILARES
645. EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS Y COMPUTO ELECTRONICO
650. ORGANOS TUBULARES
660. EQUIPOS DE RAYOS X
665. EQUIPOS DE CALEFACCION POR INDUCCION Y POR PERDIDAS DIELECTRICAS
668. CELDAS ELECTROLITICAS
669. GALVANOPLASTIA
670. MAQUINARIA INDUSTRIAL
675. MAQUINAS DE RIEGO OPERADAS O CONTROLADAS ELECTRICAMENTE
680. PISCINAS, FUENTES E INSTALACIONES SIMILARES
685. SISTEMAS ELECTRICOS INTEGRADOS
690. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS
- CAPITULO 7 CONDICIONES ESPECIALES
700. SISTEMAS DE EMERGENCIA
701. SISTEMA DE RESERVA LEGALMENTE REQUERIDO
702. SISTEMAS OPCIONALES DE RESERVA
705. FUENTES DE PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA INTERCONECTADA
709. ALUMBRADO ESPECIAL DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACION EN LUGARES DE CONCENTRACION PUBLICA
710. INSTALACIONES CON TENSIONES NOMINALES MAYORES DE 600 V
720. CIRCUITOS Y EQUIPOS QUE OPERAN A MENOS DE 50 V
725. CIRCUITOS DE CLASE 1, CLASE 2 Y CLASE 3 PARA CONTROL REMOTO, SEÑALIZACION Y DE POTENCIA LIMITADA
760. SISTEMAS DE SEÑALIZACION PARA PROTECCION CONTRA INCENDIOS
770. CABLES DE FIBRA OPTICA Y CANALIZACIONES
780. DISTRIBUCION EN CIRCUITO Y PROGRAMADA
- CAPITULO 8 SISTEMAS DE COMUNICACION
800. CIRCUITOS DE COMUNICACION
810. EQUIPOS DE RADIO Y TELEVISION
820. ANTENAS DE TELEVISION COMUNITARIAS Y SISTEMAS DE DISTRUBUCION DE RADIO

CAPITULO 9 ALUMBRADO PUBLICO

901. DISPOSICIONES DE CARACTER GENERAL

902. DEFINICIONES

903. NIVELES DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA

904. SISTEMAS DE ALUMBRADO PUBLICO

905. PASOS VEHICULARES

906. SISTEMA DE ILUMINACION PARA AREAS GENERALES

CAPITULO 10 TABLAS

SEGUNDA PARTE

CAPITULO 21 GENERALIDADES

2101. DISPOSICIONES DE CARACTER GENERAL

2102. DEFINICIONES

2103. METODOS DE PUESTA A TIERRA

CAPITULO 22 LINEAS AEREAS

2201. REQUISITOS GENERALES

2202. SEPARACION DE CONDUCTORES EN UNA MISMA ESTRUCTURA, ESPACIOS PARA SUBIR Y TRABAJAR

2203. SEPARACION ENTRE CONDUCTORES SOPORTADOS EN DIFERENTES ESTRUCTURAS

2204. ALTURA DE CONDUCTORES Y PARTES VIVAS DE EQUIPO, SOBRE EL SUELO, AGUA Y VIAS FERREAS

2205. SEPARACION DE CONDUCTORES A EDIFICIOS, PUENTES Y OTRAS CONSTRUCCIONES

2206. DISTANCIA HORIZONTAL DE ESTRUCTURAS A VIAS FERREAS, CARRETERAS Y AGUAS NAVEGABLES

2207. DERECHO DE VIA

2208. CARGAS MECANICAS EN LINEAS AEREAS

2209. CLASES DE CONSTRUCCION EN LINEAS AEREAS

2210. RETENIDAS

CAPITULO 23 LINEAS SUBTERRANEAS

2301. REQUISITOS GENERALES

2302. OBRA CIVIL PARA INSTALACIONES SUBTERRANEAS

2303. CABLES SUBTERRANEOS

2304. ESTRUCTURAS DE TRANSICION DE LINEAS AEREAS A CABLES SUBTERRANEOS O VICEVERSA

2305. TERMINALES

2306. EMPALMES, TERMINALES Y ACCESORIOS PARA CABLES

2307. EQUIPO SUBTERRANEO

2308. INSTALACIONES EN TUNELES

2309. CHAROLAS PARA CABLES

CAPITULO 24 SUBESTACIONES

2401. REQUISITOS GENERALES

2402. LOCALES Y ESPACIOS PARA SUBESTACIONES

2403. SISTEMAS DE TIERRAS

2404. RESGUARDO Y ESPACIOS DE SEGURIDAD

2405. INSTALACION DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACIONES

### 3. ORGANISMOS E INSTITUCIONES QUE RIGEN Y COMERCIALIZAN LA ENERGIA ELECTRICA.

#### 3.1. ORGANOS RECTORES DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE UTILIZACION

##### 3.1.1. SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL (SEMIP)

##### 3.1.2. SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL (SECOFI)

##### 3.1.2.1. SUBSECRETARIA DE COMERCIO INTERIOR

##### 3.1.2.1.1. DIRECCION GENERAL DE NORMAS

##### 3.1.2.1.2. DIRECCION DE ELECTRICIDAD Y GAS

##### 3.1.2.1.2.1. SUBDIRECCION DE ELECTRICIDAD

##### 3.1.2.1.2.1.1. DEPTO. DE AUTORIZACIONES ELECTRICAS

##### 3.1.2.1.2.1.2. DEPTO. DE AUTORIZACIONES DE PROYECTOS ELECTRICOS.

#### 3.2. COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD. (CFE)

Conforme a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, ART. 1o, corresponde a la CFE generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer de energía eléctrica a la Nación.

#### 3.3. LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (LyF)

Originalmente se trató de una empresa privada que conforme a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, estuvo en liquidación, sin embargo, después de una ardua y bastante prolongada lucha por parte de los trabajadores, se logró que esta empresa no se liquidara y en todo caso se constituyó con el actual nombre y se encarga de comercializar la energía eléctrica en el centro de la República, entendiéndose como tal al área metropolitana: D.F., Edo. de México y algunas áreas conurbanas.

Aunque tiene algunas pequeñas plantas generadoras, realmente se debe considerar a LyF sólo como una comercializadora en la ZONA CENTRO de la energía suministrada por CFE.

### 4. TARIFAS PARA EL SUMINISTRO Y VENTA DE ENERGIA ELECTRICA

TARIFA No 1: "SERVICIO DOMESTICO EN BAJA TENSION"

TARIFA No 2: "SERVICIO GENERAL EN BAJA TENSION HASTA 25 KW DE DEMANDA.

TARIFA No 3: "SERVICIO GENERAL EN BAJA TENSION PARA MAS DE 25 KW DE DEMANDA".

TARIFA No 5: "SERVICIO PARA ALUMBRADO PUBLICO. ZONAS CONURBANAS DEL D.F., MONTERREY Y GUADALAJARA". EN BAJA Y MEDIA TENSION.

TARIFA No. 5A: "SERVICIO PARA ALUMBRADO PUBLICO EN TODO EL PAIS, EXCEPTUANDO LAS CIRCUNSCRIPCIONES PARA LAS CUALES RIGE LA TARIFA No. 5". EN BAJA Y MEDIA TENSION.

TARIFA No.6: "SERVICIO PARA BOMBEO DE AGUAS POTABLES O NEGRAS, DE SERVICIO PUBLICO".

TARIFA No.7: "SERVICIO TEMPORAL EN BAJA TENSION".

TARIFA No.9: "SERVICIO DE BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO AGRICOLA". EN MEDIA O BAJA TENSION.

TARIFA O-M: "TARIFA ORDINARIA PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSION CON DEMANDA MENOR A 1.000 KW".

NOTA:

PARA ESTOS EFECTOS, SE CONSIDERAN LOS SIGTES. NIVELES DE TENSION:

- |                  |   |
|------------------|---|
| a) Baja tensión  | menor o igual a 1.0 kV                    |
| b) Media tensión | mayor a 1.0 kV pero menor o igual a 35 kV |

## 5. TRAMITES Y CONTRATACION EN LyF PARA CARGAS MAYORES DE 20 KW

Cuando la carga instalada es mayor o igual a 20 kw, la contratación no será directa en una Sucursal de LyF. Es necesario seguir los siguientes trámites:

### 5.1. APERTURA DE S.P.(SOLICITUD DE PRESUPUESTO)

Se efectúa un pago para que personal de LyF realice un estudio sobre la factibilidad y los requerimientos técnicos para el suministro solicitado.

Se asignará un número a dicha S:P:, mismo que servirá para el seguimiento de todo el trámite y como identificador de dicho servicio.

### 5.2. APORTACION DE LA S.P.

Como respuesta a la APERTURA DE LA S.P., (después que hayan acudido al lugar los estimadores), LyF elaborará un PROYECTO con todas las observaciones técnicas y requerimientos para el suministro de energía solicitado. El costo para la ejecución de las obras, conocido como "APORTACION DE LA S.P." se hará saber al interesado.

Este monto (al cual se descontó el importe pagado por concepto de apertura de S:P:), debe ser cubierto en un plazo notificado al usuario para la ejecución de las obras.

### 5.3. EJECUCION DE LAS OBRAS POR PARTE DE LyF.

Una vez concluidas las obras por parte de LyF, se podrá proceder a la contratación definitiva del Servicio de Energía Eléctrica.

### 5.4. CONTRATACION

Cuando se notifica que las obras por parte de LyF estan concluidas, se está en condiciones de firmar el Contrato de Servicio de Energía Eléctrica previo pago del Depósito de Garantía por Demanda Contratada y presentación de la CERTIFICACION DE CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS ELECTRICAS, EMITIDA EN FORMATO DE LA SEMIP y FIRMADO POR LA UNIDAD VERIFICADORA.

### 5.5. CONEXIONES

Cuando se tiene la copia del Contrato firmado con LyF, se está en la etapa final, el costo ya fue cubierto en los conceptos anteriores y LyF tiene la obligación de efectuar la conexión definitiva e instalar los equipos de medición.





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

*DEPARTAMENTO DE CURSOS INSTITUCIONALES*

*CURSO: INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*8 - 19 Abril*

**DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**

***Tema:***

***SISTEMAS DE DISTRIBUCION***

- 1.- DIAGRAMA UNIFILAR*
- 2.- SISTEMAS DE DISTRIBUCION EN ALTA TENSION*
- 3.- SISTEMAS DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION*
  - Servicios Normal y Emergencia*
  - Circuitos de Alimentación*
  - Centros de Distribución*
  - Circuitos Derivados*

*Ing. Salvador Antúnez Cuevas  
Arq. Esteban Izquierdo Reséndiz*

*Abril de 1996*

## SISTEMAS DE DISTRIBUCION

Los Sistemas de distribución serán variables dependiendo de los requerimientos de cada inmueble, como son:

- 1.- Cantidad de cargas instaladoras.
- 2.- El género de edificio.
- 3.- Variabilidad de tensión de equipos de consumo.
- 4.- Requisito de no interrupción de energía.
- 5.- Dispersión de las áreas de aprovechamiento.
- 6.- Otras variantes.

La Selección del mejor sistema de distribución particular será con la tendencia de optimizar costos teniendo en cuenta la funcionalidad del sistema y la seguridad del mismo.

El objetivo de elegir un buen sistema de distribución es el de asegurar la economía y eficiencia del mismo, proporcionando la energía adecuada dónde y cuándo se requiera, con la debida protección para las condiciones anormales de funcionamiento.

El proyecto de la instalación dependerá ante todo de la correcta interpretación de todos los factores que en él intervienen y de una visión adecuada del funcionamiento del edificio; éste debe ser dinámico, debido al avance y progreso tecnológico, mismo que nos proporciona condicionantes variables en el tiempo.

El Sistema de distribución deberá proporcionar energía a los siguientes sistemas eléctricos: alumbrado, contactos y fuerza, básicamente.

### - DIAGRAMA UNIFILAR

Un diagrama unifilar nos muestra la representación gráfica del sistema de distribución de un edificio empleando símbolos convencionales de fácil interpretación.

La NOM-001-SEMP-1994 nos indica con respecto a los diagramas unifilares que se deben realizar:

"215-5 ... se deberá entregar diagrama que muestre los detalles de los alimentadores antes de hacer su instalación. Este diagrama deberá contener el área en  $m^2$  servida por cada alimentador, (amp. Kw, KVa), la carga total conectada antes de aplicar los factores de demanda, los factores de demanda usados, la car-

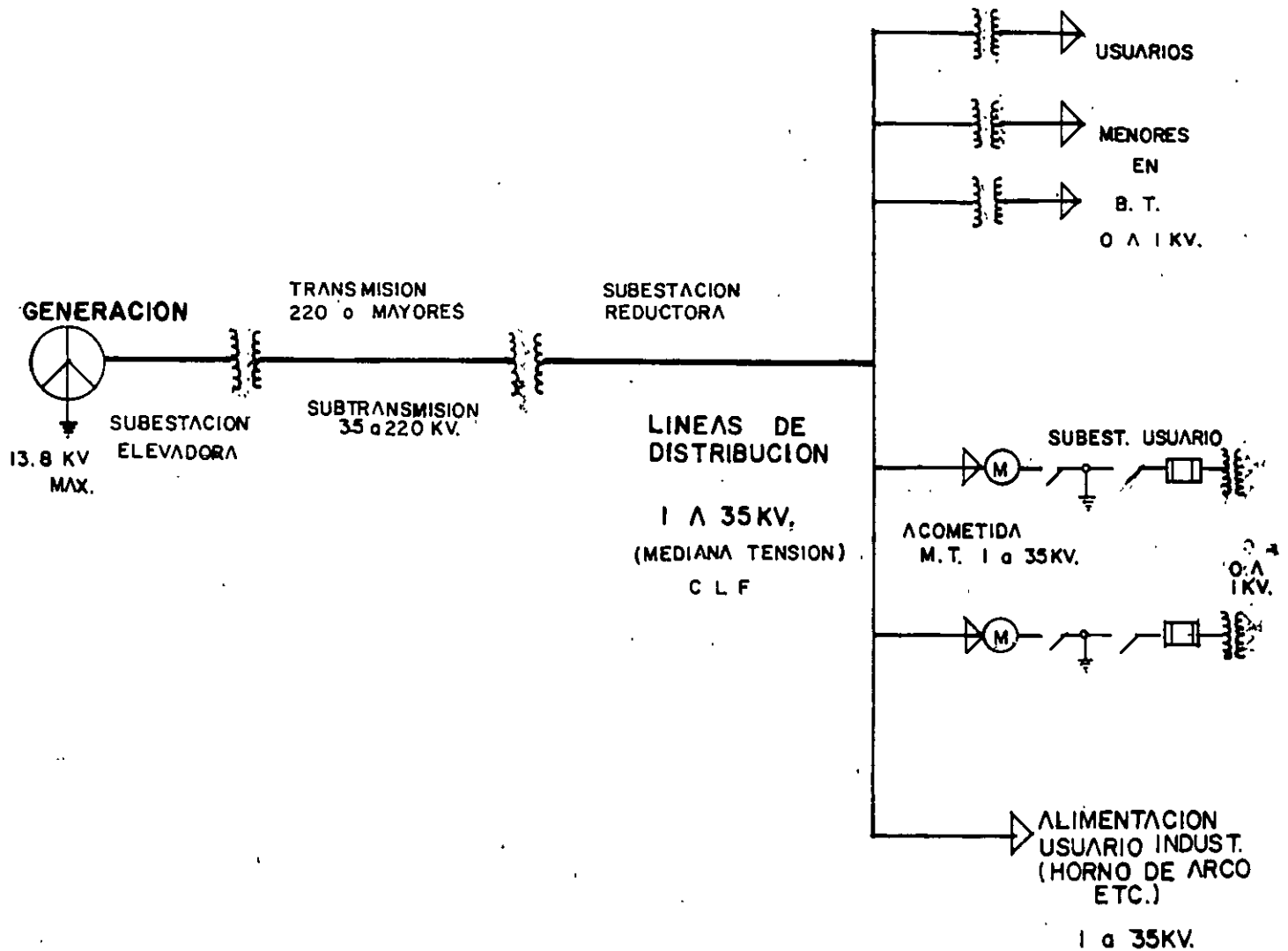
ga calculada después de aplicar los F.D., el calibre, tipo de conductor a ser utilizado, neutro tierra física y tubería."

Es conveniente integrar en el diagrama unifilar la información correspondiente a las protecciones o interruptores como son: tipo de marco, capacidad interruptiva, número de polos y capacidad en amperes.

Además deberá complementarse el diagrama con los datos de distancia o longitud, caída de voltaje, sección transversal del conductor en  $\text{mm}^2$  (AWG-KCM).

Esta información complementaria es requerida por las Unidades de Verificación de la SEMIP relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.

## SISTEMA DE DISTRIBUCION EN ALTA TENSION



TENSIONES NORMALIZADAS MAS USUALES EN MEXICO.

TRANSMISION C F E	SUB- TRANSMISION C F E	DISTRIBUCION PRIMARIA		DISTRIBUCION SECUNDARIA		
		C F E	INDUSTRIA	C F E	INDUSTRIA	
Extra A.T. 400 KV.	M.T. 34.5 KV.	M.T.	23.0 KV.	B.T.	480 / 277V.	
A.T. 230.0 KV.		23.0 KV.				
115.0		13.8				440 / 254
85.0		4.16				220 / 127V.
69.0		6.9	2.40			

## SISTEMAS DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION

### 1.- Tipos de Sistemas de Distribución Eléctrica

#### 1.1.- Sistema Radial Simple

Es el sistema de distribución más económico y por ello, el más extendido, su operación y expansión son simples.

Este sistema resulta satisfactorio en pequeñas industrias o edificios donde las actividades o procesos pueden interrumpirse y las necesidades pueden atenderse con un solo transformador.

#### 1.2.- Sistema Radial Expandido

Es el mismo que el anterior como sistema, su variante reside en la necesidad de más transformadores por la ampliación o expansión de las cargas del edificio o planta industrial, donde el transformador original no es ya suficiente. También se presenta este sistema cuando se requieren de diferentes tensiones, entonces cada transformador será para la tensión necesaria a servir.

#### 1.3.- Sistema Primario Selectivo.

Consiste en tener dos fuentes distintas de alimentación en el primario. Este sistema permite dar mejor mantenimiento al equipo primario en buses e interruptores sin suspender el suministro de energía al sistema.

#### 1.4.- Sistema Primario en Anillo.

Este sistema es similar al sistema primario selectivo por su doble alimentación, reduce ligeramente el costo por el menor número de interruptores generales - aún cuando existen más seccionamientos para fines de mantenimiento sin suspender la energía en los sistemas aledaños.

#### 1.5.- Sistema Secundario Selectivo.

En este tipo de sistema no se interrumpe el servicio, en caso de falla del sistema primario o del transformador ya que la energía se traslada lateralmente. Lograr esto requiere de varias opciones:

- Sobredimensionar los transformadores.
- Aire forzado durante la emergencia.
- Sobrecargar un transformador aceptando pérdida de vida del mismo.

Este tipo de sistema, combinado con el primario selectivo, es de los más confiables aunque su costo incrementa.

1.6.- *Sistema Secundario en Red con Protectores.*

*Este sistema es muy confiable, aunque más costoso, donde no hay interrupciones de ninguna especie, a menos que falle algún alimentador primario. Es de lo más adecuado para cargas muy grandes.*

2.- *Componentes del Sistema de Distribución en Baja Tensión en los Edificios en Sistema Normal.*

*Si contamos con que la subestación es ya parte de nuestro sistema de distribución tendremos los siguientes elementos:*

- a).- Dispositivos de recepción de la energía: que se refieren a la acometida y al equipo de medición, que es hasta donde entrega la compañía suministradora.*
- b).- Dispositivos principales de desconexión: integrados por cuchillas de prueba y paso.*
- c).- Dispositivos principales de protección: formado por el interruptor general con fusibles de potencia en A.T.*
- d).- Sistema de distribución primario: dependiendo de las tensiones tendremos a partir del transformador, alimentadores principales, tablero general, subalimentadores y tableros subgenerales, con sus respectivos medios de protección y desconexión.*
- e).- Sistema de distribución secundario: a partir de los elementos de protección del tablero subgeneral tenemos: los alimentadores, tableros de distribución, circuitos derivados y las cargas, que serán de alumbrado, contactos y fuerza.*

## SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

**NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1994, Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

**NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-025-STPS-1994 RELATIVA A LOS NIVELES Y CONDICIONES DE ILUMINACION QUE DEBEN TENER LOS CENTROS DE TRABAJO.**

ARSENIO FARELL CUBILLAS, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16, 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3a fracción XI, 38 fracción II, 40 fracciones I y VI, 41 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 2o., 3o. y 5o. del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y 5o del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

### CONSIDERANDO

Que con fecha 2 de julio de 1993, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de la presente Norma Oficial Mexicana;

Que en sesión de fecha 7 de julio de 1993, el expresado Comité consideró correcto el Anteproyecto y acordó que se publicara como Proyecto en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que con fecha 19 de julio de 1993, en cumplimiento del acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de la presente Norma Oficial Mexicana a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que habiendo recibido comentarios de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía y de la Illuminating Engineering Society of North America, con representatividad en México, el Comité Consultivo Nacional procedió a su estudio y resolvió sobre los mismos en sesión de fecha 26 de octubre de 1993;

Que con fecha 16 de marzo de 1994, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicaron en el **Diario Oficial de la Federación** las respuestas otorgadas a los comentarios recibidos;

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que con fecha 26 de octubre de 1993, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

Norma Oficial Mexicana: NOM-025-STPS-1994, Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.

### 1. Objetivo

La presente NOM-STPS establece los niveles y requerimientos de iluminación para los centros de trabajo de tal forma que ésta no sea un factor de riesgo y provoque daños a la salud de los trabajadores al realizar sus actividades.

#### 1.1 Campo de aplicación.

En los centros de trabajo que por la naturaleza de las actividades se requiera de fuentes de luz en el plano y áreas de trabajo.

### 2. Referencias

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 123 Apartado "A" fracción XV.

Ley Federal del Trabajo, artículos 512 y 527.

Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Título Octavo, Capítulo VIII.

### 3. Requerimientos

#### 3.1 El patrón debe:

3.1.1 Efectuar el reconocimiento, evaluación y control de la iluminación del centro de trabajo

3.1.2 Acondicionar la iluminación en los centros de trabajo de acuerdo con la presente NOM-STPS e instalar los luminarios en una posición apropiada para permitir el proceso y los movimientos del personal.

3.1.3 Conocer las características de su centro de trabajo y el tipo de actividades para proporcionar la iluminación apropiada como se establece en el anexo de esta NOM-STPS.

3.1.4 Efectuar exámenes de la vista cada año a los trabajadores que realicen actividades especiales con iluminación específica.

#### 3.2 Para el trabajador:

3.2.1 Cumplir con las medidas de seguridad e higiene establecidas por el patrón.

3.2.2 Colaborar con los exámenes médicos que se les practique por parte del patrón.

3.3 Los miembros de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene en el Trabajo vigilarán que la

iluminación sea de acuerdo a las necesidades del centro de trabajo.

#### 4. Requisitos

##### 4.1 Del reconocimiento.

En relación con las actividades de los centros de trabajo, los patrones deben evaluar las necesidades de iluminación y utilizar cualquiera de los diferentes tipos de luz

##### 4.1.1 Clasificación.

##### A. Fuentes de luz.

##### A.1 Natural.

Se considera fuente de luz natural a la que procede del sol.

##### A.2 Artificial.

Se considera fuente de luz artificial a la proporcionada por lámparas incandescentes o de descarga alimentadas por energía eléctrica.

##### B. Tipos de iluminación.

##### B.1 General

Se considera tipo de iluminación general al alumbrado diseñado para iluminar una área sin considerar necesidades especiales

##### B.2 Complementaria.

Se considera tipo de iluminación complementaria al alumbrado diseñado para aumentar la iluminación en ciertos lugares específicos

##### B.3 Localizada.

Se considera tipo de iluminación localizada al alumbrado diseñado para proporcionar iluminación en lugares de trabajo donde se requiera mucha precisión.

##### C. Sistemas de iluminación.

##### C.1 Directa

##### C.2 Semidirecta.

##### C.3 Difusa

##### C.4 Indirecta.

##### C.5 Semi-indirecta

##### 4.2 De la evaluación.

4.2.1 Para efectuar la evaluación el patrón debe cuantificar los niveles de iluminación aplicando los métodos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas o en ausencia de éstas usar Normas Internacionales previa autorización de la S.T.P.S.

##### 4.3 Del control.

4.3.1 El patrón debe darle mantenimiento constante a los equipos con el fin de que el nivel de iluminación se conserve de acuerdo al Anexo.

4.3.2 Cuando por las características de los procesos productivos de los centros de trabajo se empleen lámparas especiales, el patrón deberá cumplir con lo siguiente.

- a) En las instalaciones de lámparas localizadas con fines específicos

(germicidas, bactericidas o que generen radiaciones que pudieran producir daños a la salud de los trabajadores), el patrón deberá establecer las medidas adecuadas para proteger al trabajador

- b) La iluminación de los accesos, escaleras, lugares destinados al tránsito o a servicios de los trabajadores y los que se utilicen para almacenes deben tener una intensidad mínima de 100 unidades lux, medidas en un plano horizontal, sobre el piso a una altura de 75 centímetros a un metro.
- c) La instalación de la iluminación debe ser de acuerdo a las necesidades del proceso y debe cumplir con las condiciones de seguridad para su instalación.
- d) Los materiales de los refractores y reflectores no deben producir polvos, vapores o humos tóxicos en caso de combustión

#### 5. Definiciones de algunos términos empleados en esta NOM-STPS

##### Área de trabajo:

Es la superficie de referencia, definida como el plano donde normalmente se lleva a cabo el trabajo.

##### Iluminación

Acción y efecto de iluminar. Conjunto de luces dispuestas ordenadamente

##### Fuente luminosa:

Es toda materia, objeto o dispositivo, en que parte de la energía radiante que emite cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético.

##### Lámpara:

Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía luminosa.

##### Luminario:

Aparato eléctrico que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas.

##### Luminarios directos.

Son aquellos que emiten prácticamente toda la luz (90% a 100%) hacia abajo, usualmente proporcionan la iluminación más eficiente al área de trabajo.

##### Luminarios semidirectos:

Son aquellos que emiten del 60% al 90% de la luz de su flujo luminoso hacia abajo del centro focal del luminario.

##### Luminarios difusos:

Son aquellos que emiten la misma cantidad de flujo luminoso en todas direcciones.



Luminarios indirectos.

Estos emiten del 90 al 100% de su flujo luminoso total hacia arriba del centro focal del luminario

Luminarios semi-indirectos:

Estos dirigen del 60 al 90% de su flujo luminoso total hacia arriba del centro focal del luminario y de un 40 al 10% hacia abajo.

Plano de Trabajo:

Es el plano en el cual el trabajo es usualmente realizado y en el cual la iluminancia es especificada y medida. Cuando no es indicado, éste se asume como un plano horizontal a 0.76 m (30 in) sobre el piso

**6. Bibliografía**

Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Título Octavo (de las condiciones del ambiente del trabajo, Capítulo VIII de la iluminación, artículos 155 al 158 Publicado en el **Diario Oficial de la Federación** del 5 de junio de 1978

Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, Asociación Civil Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México Revista de Iluminación. México, junio 1967.

Dr. H.R. Blackwell; Illuminating Engineering Society. I.E.S. Lighting handbook U.S.A., edition, 1959

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

**TRANSITORIO**

**UNICO.-** La presente Norma Oficial Mexicana entrara en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Sufragio Efectivo. No Reelección

México, Distrito Federal, a los treinta días del mes de marzo de mil novecientos noventa y cuatro - El Secretario del Trabajo y Previsión Social, **Arsenio Farell Cubillas - Rúbrica.**

**ANEXO**

**NIVELES DE ILUMINACION**

LUXES

S.M.I.I.

95%

**1. EDIFICIOS INDUSTRIALES**

**ACERO (Véase Hierro y Acero)**

ACUMULADORES, MANUFACTURA DE Moldeado celdas	300
ARCILLA Y CEMENTOS, PRODUCTOS DE Molienda, prensa filtrado, hornos de secado, vaciado y devastado	200
Esmaltado, pintura y vidriado (trabajo burdo)	600
Pintura y vidriado (trabajo fino)	1700
AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE Ensamblado bastidor	300
Ensamblado chasis	600
Ensamble final e inspección	1100
Manufactura carrocería:	
Ensamblado	600
Partes	400
Acabado e inspección	1100
AVIONES, MANUFACTURA DE Partes:	
Producción	600
Inspección	1100
Acabado de piezas:	
Taladrado, remachado y apretado de tornillos	400
CUARTO PINTURA	600
Trazado sobre aluminio, formado partes pequeñas de fuselaje y alas	600
Soldadura.	
Iluminación general	300
ILUMINACION LOCALIZADA	6000
Suoensamblado:	
Tren de aterrizaje, fuselaje, secciones, alas y otras partes grandes	600
ENSAMBLADO FINAL	
Colocación de motores, hélices, secciones ala y tren de aterrizaje	600
Inspección de la nave ensamblada y su equipo	600
Reparación, con máquinas herramientas	600
ASERRADEROS	
Clasificación de la madera	1700
AZUCAR, REFINERIAS DE	
Clasificación	300
Inspección color	1100
CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA DE	

Area general de manufactura	300	Clasificación por color (cuartos de cortado)	1100
CARBON, VERTEDORES DE		Preparación	
Quebradoras, cernidos y limpiado	60	Selección preliminar.	
Selección	1700	Chabacanos y duraznos	300
CARPINTERIAS		Jitomates	600
Trabajo burdo de banco y sierra	200	Aceitunas	900
Encolado, cepillado, lijado, trabajo de mediana calidad en máquinas y banco	300	Cortado y picado	600
Trabajo fino de máquina y banco, lijado y acabado fino	600	Selección final	600
CERVECERAS, INDUSTRIAS		Enlatado:	
Elaboración y lavado de barriles	200	Enlatado en bandas sinfin	600
Llenado (de botellas, latas, barriles)	300	Enlatado estacionario	600
CUARTOS DE CONTROL (Véase Plantas Generadoras)		Empacado a mano	300
DULCES, INDUSTRIAS		Aceitunas	600
Departamento de chocolate.		Inspección de muestras enlatadas	1100
Descascarado, selección, extracción de aceites, quebrado y refinación, alimentación	300	Manejo de envases:	
Limpieza de grano, selección, inmersión, empacado y envoltura	300	Inspección	1100
Molienda	600	Etiquetado y empacado	200
Elaboración de crema.		ENSAMBLADO	
Mezclado, cocción y moldeado	300	Tosco, fácil de ver	200
Pastillas de goma y jaleas	300	Tosco, difícil de ver	300
Decoración a mano	600	Medio	600
Caramelos:		Fino	3000
Mezclado, cocción y moldeado	300	Extrafino	6000
Corte y selección	600	ENSAYÓS O PRUEBAS	
Elaboración de pesos y envoltura	600	General	300
EMPACADORAS DE CARNE		Instrumentos, extrafinos, escalas, etc.	1100
Matadero (rastros)	200	EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA DE	
Limpiado, destazado, cocido, moliendas, enlatado y empacado	600	Impregnado	300
ENCUADERNACION		Aislado, embobinado	600
Doblado, ensamblado, empaste, cortado, punzonado y cosido	400	Pruebas	600
Grabado en realce e inspección	1100	ESTRUCTURAS DE ACERO,	
ENLATADORAS DE CONSERVAS		MANUFACTURA	300
Clasificación inicial:		EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE	200
Jitomates	600	FORJADO, TALLERES DE	300
Otras muestras	300	FUNDICIONES	
		Templado (hornos)	200
		Limpiado	200
		Hechura de corazones:	
		Finos	600
		Medianos	300
		Inspección	
		Fina	3000
		Mediana	600
		Moldeo:	
		Mediano	600
		Grande	300

Colado	300	Lingote, planchar, soleras y laminas	
Selección	300	en caliente	200
Cubilote	100	Laminación en frío de placas	200
Desmolde	200	Tubo, varilla, alambrón	300
GALVANOPLASTIA	200	Fierro estructural y planchas	200
GARAGES, AUTOMOVILES Y CAMIONES		Molinos de laminación de hojalata	
Taller de servicio		Estañado y galvanizado	300
Reparaciones	600	Laminación en frío	300
Areas activas de tráfico	100	Cuarto de motores y máquinas	200
Garages para estacionamiento		Inspección:	
Entrada	300	Rebabeo de lámina negra, lingotes y	
Espacios para circulación	100	billetes	600
Espacios para estacionamiento	50	en hojalata y otras	
GRANJAS		superficies brillantes	600
Establo y gallinero	100	HULE, PRODUCTOS	
GRABADO (CERA)	1100	Preparación de la materia prima:	
GUANTES, MANUFACTURA DE		Plasticación, molienda y banbury	200
Planchado y cortado	2000	Pesado en calandria	300
Tejido y clasificado	600	Preparación de la tela	
Cosido e inspección	3000	Cortado y tubos flexibles	300
HANGARES		Productos por extrusión	300
Servicio de reparación únicamente	600	Productos moldeados y vulcanización	300
HIELO, FABRICAS DE		Inspección	1100
Cuarto de bombas y máquinas	100	JABONES, MANUFACTURA DE	
HIERRO, CERO, MANUFACTURA DE		Paila, corte, escamas de jabón y	
Hornos de cargar abierto		detergentes en polvo	200
Patio de almacenamiento	60	Troquelado, envoltura y empaque, llenado	
Piso de carga	100	y detergentes en polvo	300
Resbaladera de vaciado:		LACTEOS, PRODUCTOS	
Fosos de escoria	100	Industria líquida	
Plataformas de control	200	Cuarto marmitas y almacén botellas	200
Patio de moldes	30	Botellas	300
Colado	200	Lavadoras y botellas	
Almacenamiento de coladas	60	Lavadoras latas	200
Bodega de pesado	60	Equipo refrigeración	200
Reparaciones	200	Llenado	
Patio de desmolde	100	Inspección	600
Patio de chatarra	60	Manómetros y tableros de medidores	
Edificio de mezcla	200	(sobre carátulas)	300
Edificio de calcinación	60	Laboratorios	600
Bola rompedora	60	Pasteurizadores	200
Molinos de laminación de:		Separadores y cuartos refrigerados	200

Tanques, cubas	300	Cámaras y llantas	400
Termómetro (sobre carátula)	300	Inspección final	1100
Cuarto para pesar (iluminación general)	200	Envoltura	300
Básculas	400	MOLINOS DE HARINA	
LAMINA DE FIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:		Rodillos, cernidores, purificadores	300
Prensas, guillotinas, troqueladoras		Empacado	200
trabajo mediano de banco	300	Control de producción	600
Punzadoras y rechazado	300	Limpiado, cargadores, andenes, tolvas	200
Inspección, estañado y galvanizado	1100	PAN, INDUSTRIAS DE	
Trazado	1100	Cuarto de mezclado	300
LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE		Cuarto de fermentado	200
Checado y selección	300	Formado.	
Lavado en seco, húmedo y vaporizado	300	Pan blanco	200
Inspección y desmanchado	3000	Pastelillos y pan dulce	300
Composturas y modificaciones	1100	Cuarto de hornos	200
Planchado	900	Relleno y otros ingredientes	300
LAVANDERIAS		Decorado	
Lavado	200	Mecánico	300
Planchado de blancos, pesado, hacer listas, marcado	300	Manual	600
Planchado a máquina y selección	400	Básculas y termómetros	300
Planchado fino a mano	600	Envoltura	200
LLANTAS DE HULE Y CAMARAS,		PAPEL, MANUFACTURA DE	
MANUFACTURA DE		Bastidores, molinos, calandrias	200
Preparación materia prima:		Acabado, cortado, recorte de máquinas para hacer papel	300
Plasticación, molienda y banbury	200	Contado a mano, lado húmedo de la máquina de papel	400
Prensado en calandria	300	Carrete máquina de papel, inspección y laboratorio	600
Preparación de la tela:		Enrollado	900
Cortado y construcción de cejas	300	PIEL, MANUFACTURA DE (TENERIAS)	
Máquinas para las cámaras y recubierto	300	Limpiado, curtido y estirado, pailas	200
Construcción de llantas:		Cortado, descarnado y secado	300
Llantas sólidas	200	Acabado	600
Llantas nemáticas	300	PIEL, TRABAJO SOBRE	
Departamento de vulcanización:		Planchado, trenzado y barnizado	1100
		Clasificación, igualado, cortado y cosido	1700
		PIEDRA, TRITURADO Y CERNIDO DE	
		Transportadores de bandas, espacios de descarga del tiro, cuarto de tolvas, interior de los depósitos	60

Cuarto de quebradoras primarias, quebradoras auxiliares debajo de los depósitos	60	Pupitre de distribución (nivel horizontal)	300
Cerchas	100	Areas dentro de los tableros "Duplex"	60
<b>PINTURAS, MANUFACTURA DE</b>		Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical)	60
Iluminación general	200	Alumbrado de emergencia en cualquier área	20
Comparación de las mezclas con las muestras de patrones	1100	Tableros despachadores:	
<b>PINTURAS, TALLERES DE</b>		Plano horizontal (nivel de la mesa)	300
Pintura por inmersión o baño con pistola de aire, esmalte o fuego	600	Superficie vertical del tablero (1.25 m sobre el piso y viendo hacia el operador):	
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, rociado especial y con plantilla	300	Cuarto despachador sistema de carga	300
Rociado de pinturas a mano.		Cuarto despachador secundario	200
Trabajo fino	600	Area para tanques de hidrógeno y bióxido de carbono	100
Trabajo extrafino (carrocerías, planos)	1700	Laboratorio químico	300
<b>PLANTAS GENERADORAS</b>		Precipitadores	60
Equipo de acondicionamiento de aire, precalentadores y piso de ventiladores, exclusaje de cenizas	60	Casa de rejillas	100
Auxiliares, sala de acumuladores, bombas alimentadoras de calderas, tanques, compresores y área de manómetros	100	Plataforma, sopladores de hollín o escoria	60
Plataformas calderas	60	Cabezales para vapor y válvulas	60
Plataformas quemador	100	Cuarto de interruptores de potencia	100
Cuarto de cables, nave de bombas o circuladores	60	Cuarto para equipo telefónico	100
Transportador, carbón, motores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transbordo	60	Túneles o galerías para tubería	60
Condensadores, piso de aereadores, piso evaporador y piso calentadores	60	Sub-sótano (parte inferior turbina)	100
Cuartos de control:		Cuarto de turbinas	200
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección del "Dúplex" viendo hacia el operador:		Area para tratamiento de agua	100
Tipo A.- Cuarto de control largo, 170 cms. sobre el piso	300	Plataforma para visitantes	100
Tipo B.- Control de cuarto ordinario, 170 cms. sobre el piso	200	<b>PULIDORAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA</b>	
Sección de "Dúplex" viéndose desde cualquier ángulo	200	Hornos manuales, tanques de hervido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios	200
		Hornos mecánicos, generadores y destiladores, secadores mecánicos, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos, decolorado	200
		Tanques para cocción, extractores, coladores, nitradoras, celdas electrolíticas	200
		<b>SOMBREROS, MANUFACTURA DE</b>	
		Tefido, tensado, galoneado, limpiado y :	

refinado	600	Cardado, peinado y repinado	300
Formado, calibrado, realzado, terminado y planchado	1100	Estirado	
Cosido	3000	Hilo blanco	300
SOLDADURA		Hilo de color	600
Iluminación general	300	Tróciles	
Soldadura manual de precisión con arco	6000	Hilo blanco	300
TABACO, PRODUCTOS DE		Hilo de color	600
Secado, desmondamiento (iluminación general)	200	Torzales	300
Clasificación y selección	1100	Devanado	
TALLERES MECANICOS		Hilo blanco	200
Trabajo burdo de maquinaria y banco	300	Hilo de color	300
Trabajo mediano de maquinaria y bancos, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, pulido mediano	600	Urdidores	
Trabajo fino de maquinaria y banco, maquinas automaticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	3000	Hilo blanco	300
Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado fino	6000	Hilo blanco (en el peine)	600
TALLERES TEXTILES, ALGODON		Hilo de color	600
Abridoras, mezcladoras, batientes	200	Hilo de color (en el peine)	1700
Cardas y estiradoras	300	Tejido	
Pabiladoras, veloces, tróciles, cañoneros	300	Telas blancas	600
Enrolladores y engomadores		Telas de color	1100
Telas crudas	300	Cuarto de telas crudas:	
Mezclillas	900	Quitar nudos de la tela	900
Inspección		Cosido	1700
Telas crudas (volteadas a mano)	600	Doblado	400
Atado automático	900	Acabado húmedo	300
Telares	600	Teñido	600
Repaso y atado a mano	1100	Acabado en seco:	
TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE		Despeluzado, acondicionamiento y planchado	600
Abridoras, mezcladoras, batientes	200	Cortado	600
Clasificación	600	Inspección	1100
		Doblado	400
		TALLERES TEXTILES	
		SEDA Y SINTETICOS	
		Manufactura:	
		Remojado, teñido fugaz y preparación de torcidos	200
		Devanado, torcido, redevanado y coneras, torcido de fantasía, engomado:	
		Hilo claro	300
		Hilo obscuro	1100

Urcidores (seda)		biselado, pulido	600
En estizola, finales de carrera, devanadora,		Inspección, grabado y	
lanzadera y plegadora	600	decoración	1100
Repaso en liso y en el peine	1100	ZAPATOS DE HULE, MANUFACTURA DE	
Tejido	600	Lavado, recubrimiento, molinos de	
TAPICERIA DE AUTOMOVILES,		ingredientes	200
MUEBLES, ETC.	600	Barnizado, vulcanizado, calandrias, cortado,	
TELA, PRODUCTOS DE		parte superior y suelas	300
Inspección tela	10000	Rodillos de suelas, procesos de hechura y	
Cortado	2000	acabado	600
Costura	3000	ZAPATOS DE PIEL,	
Planchado	2000	MANUFACTURA DE	
TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS		Cortado y costura:	
Fundición de tipo		Tablas de cortado	1700
Manufactura matrices, acabado		Marcado, ojalado, adelgazado, selección,	
de tipos	600	remendado y contadores	1700
Preparación de tipos,		Cosido:	
selección	300	Materiales claros	300
Fundición	300	Materiales oscuros	2000
Impresión		Hechura y acabado	1100
Inspección de colores	1100	2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS	
Linotipos y cajistas	600	AUDITORIOS	
Prensas	400	Para exhibiciones	200
Mesa de formación	900	Para asambleas	100
Corrección de pruebas	900	Para actividades sociales	50
Electrotipia		BANCOS	
Moldeado, rauteado, acabado, nivelado,		Vestíbulo (iluminación	
moldes y recortado	600	general)	300
Galvanoplastia	300	Pagadores, contadores y	
Fotograbado		recibidores	900
Grabado al ácido y montado	300	Gerencia y correspondencia	900
Rauteado, acabado, pruebas,		BIBLIOTECAS	
entintado	600	Sala de lectura	400
VIDRIO, FABRICAS DE		Anaqueles	200
Cuarto de hornos y		aración de libros	300
mezclado, prensado, máquinas		invero y catalogar	400
sopladoras, emplado	200	sa checadora de salidas y entradas de	
Esmerilado cortado,		uros	400
plateado	300	CENTRAL DE BOMBEROS	
Esmerilado fino,		(Véase Edificios Municipales)	

CLUBES		Color mediano	600
Salas de descanso y de lectura	200	Color oscuro	3000
CORREOS		Ventanal muy denso	6000
Vestíbulos, sobre mesas	200	MERCADOS	
Correspondencia, selección, etc	600	Bodegas y cuartos de almacenamiento:	
CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES)		Activos	100
Áreas de asientos (público)	200	Inactivos	50
Áreas de actividades propias de la corte	400	Carnicerías, barbacoa, pescaderías	300
EDIFICIOS MUNICIPALES		Cocinas (áreas de trabajo)	300
BOMBEROS Y POLICIA		Comedores	200
Policia:		Cuartos de máquinas	200
Archivo de identificación	900	Ferretería y accesorios eléctricos	300
Celdas y cuartos para interrogatorios	200	Lavadoras para verduras y varios	300
Bomberos.		Mercerías, vestidos y zapaterías	300
Dormitorios	100	Mueblerías y artículos para el hogar	300
Sala recreativa	200	Papelerías, libros y juguetes	300
Garage carros bomba	200	Plataformas de descarga	100
ESCUELAS		Sanitarios y baños	100
Salones de clase	400	Verduras, frutas, flores y plantas	300
Salones de dibujo (sobre restirador)	600	MUSEOS (Véase Galería de Arte)	
Lectura de movimiento de labios (sordo-mudos), pizarrones, costura	900	OFICINAS	
GALERIAS DE ARTE		Proyectos y diseños	1100
Iluminación general	200	Contabilidad, auditoría, máquinas de contabilidad	900
Sobre pinturas (localizado)	200	Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia, archivado activo o continuo	600
Sobre estatuas y otras exhibiciones	600	Archivado intermitente o discontinuado	400
IGLESIAS		Sala de conferencias, entrevistas, salas de receso, archivos de poco uso o sea áreas donde no exige la fijación de la vista en forma prolongada	200
Altar, retablos	600	PELUQUERIAS Y SALONES DE	
Coro (D) y presbiterio	200		
Púlpito (iluminación adicional)	300		
Nave principal de la iglesia (iluminación general)	100		
Ventanales emplomados.			
Color blanco	300		



BELLEZA	600	Salas de electrocardiogramas, de	
TEATROS Y CINES		metabolismo y de muestras:	
Sala de espectáculos:		Iluminación general	100
Durante intermedios	50	Mesa de muestras	300
Durante exhibición	1	Salas de reconocimiento y tratamiento:	
Vestibulo	100	Iluminación general	300
Sala de descanso (foyer)	30	Mesas de reconocimiento	600
TERMINALES Y ESTACIONES		Sala para ojos, oídos, nariz y garganta:	
Salas de espera	200	Cuarto oscuro	60
Oficina de boletos	600	Cuarto de reconocimiento y	
Oficina de control de equipaje	300	tratamiento	300
Vestibulo	60	Sala de fracturas:	
Andenes y plataformas	100	Iluminación general	300
3. HOSPITALES		Mesa de fracturas	1100
Salas de preparación y anestesia	200	Laboratorio:	
Autopsia y anfiteatro.		Cuartos de ensayo	200
Mesa de autopsia	1400	Mesas de trabajo	300
Sala de autopsia (iluminación		Trabajos más precisos	600
general)	600	Vestíbulos	200
Anfiteatro (iluminación general)	100	Salas de reposo	200
Central de instrumentos esterilizados:		Cuartos para archivar	
Iluminación general	200	historias clínicas	600
Afilado agujas	900	Sala de rayos X:	
Sala de citoscópica:		Radiografía y fluoroscopia	60
Iluminación general	600	Terapia superficial y profunda	60
Mesa Citoscópica	14000	Cuarto oscuro	60
Sala Dental:		Sala para ver placas	200
Cuarto de espera	200	Archivos, revelado	200
Cirugía dental (iluminación		Closet de blancos	60
general).	400	Guardería infantil:	
Silla dental	6000	Iluminación general	60
Laboratorio (banco de trabajo)	600	Mesa de reconocimiento	400
Salas de recuperación	30	Cuarto de juego, pediátrico	200
Sala de electroencefalogramas:		Obstetricia:	
Oficina	600	Cuarto de limpieza	
Cuarto de trabajo	200	(instrumentos)	200
Sala de espera	200	Sala de preparación	100
Salas de emergencia:		Sala de partos (iluminación general)	600
Iluminación general	600	Mesa para partos	14000
Iluminación localizada	9000	Farmacia:	

Iluminación general	200	Alumbrado diurno:	
Mesa de trabajo	600	General	600
Almacén activo	200	Atracciones principales	3000
Cuartos privados y salas comunes		GASOLINERAS	
Iluminación general	60	Area de servicio	200
Iluminación localizada (lectura)	200	Cuarto de ventas	300
Area para desequilibrados mentales	60	Estantes	600
Tratamiento con isótopos radioactivos		HOTELES	
Laboratorio radio químico	200	Recámaras	
Mesa de reconocimiento	300	Iluminación general	60
Cirugía:		Para lectura y escritura	200
Cuarto de limpieza (instrumentos)	600	Administración	300
Sala de operaciones, iluminación		Vestíbulo	
general	600	Areas de trabajo y lectura	200
Lavabo de cirujano	200	Iluminación general	200
Mesa de operaciones	14000	Marquesina	300
Sala de restablecimiento	200	JOYERIA Y RELOJES, MANUFACTURA DE	
Terapia:		RESIDENCIAS	
Física	100	Tareas visuales específicas (1)	
Ocupacional	200	Juegos de mesa	200
Salas de espera	200	Cocina (sobre fregadero y otra superficie	
Cuarto de utilería	100	de trabajo)	300
Puesto de enfermeras:		Lavadero, mesa de planchado	300
Iluminación general	100	Cuarto de estudio (sobre	
Escritorio	300	escritorio)	400
Mostrador para medicinas	600	Costura	600
4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y		Iluminación general:	
RESIDENCIAS	3000	Entrada, estancia, escaleras y descanso de	
AUTOMOVILES, SALAS DE EXHIBICION		escaleras	60
(véase tiendas)		Salas, comedores, recámaras, cuartos de	
CASAS (véase residencias)		estudio, biblioteca y cuartos de recreo	
Alumbrado nocturno		o juego	60
Zonas comerciales principales:		Cocina, lavandería, cuartos	
General	1100	de baño	200
Atracciones principales	6000	RESTAURANTES, Y CAFETERIAS	
Zonas comerciales secundarias:		Area de comedor:	
General	1100	Cajera	300
Atracciones principales	6000	Del tipo íntimo	
COCINAS (véase restaurantes o residencias)		Con ambiente ligero	60
ESCAPARATES (o)		Con ambiente acogedor	30

Del tipo ordinario		Áreas de almacenamiento inactivas	10
Con ambiente ligero	200	Entradas:	
Con ambiente acogedor	100	Activas (peatones y/o transportes)	50
Del tipo servicio rápido		Inactivas (normalmente cerradas, no usadas con frecuencia)	10
Cocina:		Límites de propiedad:	
Inspección, etiquetado y precio	400	Deslumbramiento por medio de la técnica de protección (reflectores de dentro hacia afuera)	1.5
Otras áreas	200	Técnica de iluminación general	2
SALONES DE BAILES	30	Iluminación general áreas inactivas	2
TIENDAS (o)		Plataformas de carga y descarga	200
Áreas de circulación	200	Ubicaciones y estructuras de importancia	50
Áreas de mercancías:		ASTILLEROS	
Con servicio de vendedores	600	Iluminación general	50
Autoservicio	1100	Caminos, sendas	100
Mostradores y vitrinas en muro.		Área de construcción	300
Con servicio de vendedoras	1100	BANDERAS, ILUMINACION CON PROYECTORES	
Autoservicio	3000	(Véase tableros para boletines y carteles)	
Atracciones principales		CALLES	150 - 1200
Con servicio de vendedoras	3000	CAMINOS	150 - 1200
Autoservicio	6000	CANTERAS	50
<b>5. AREAS COMUNES</b>		CARBON, PATIOS PARA (de protección)	2
<b>BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO</b>		CARRETERAS	150 - 1200
Inactivas	30	DRAGADO	20
Activas:		EDIFICIOS	
Piezas toscas	60	Construcción general	100
Piezas medianas	100	Trabajos de excavación	20
Piezas finas	300	ESTACIONAMIENTOS	50
<b>ELEVADORES DE CARGA Y PASAJEROS</b>		FACHADAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS	
<b>ESCALERAS</b>		Iluminación con proyectores	
<b>PASILLOS Y CORREDORES</b>		Alrededores brillantes.	
<b>BAÑOS Y TOCADORES</b>		Superficies claras	150
Iluminación general	60	Superficies medio claras	200
Espejo	200	Superficies medio oscuras	300
<b>6. ALUMBRADO EXTERIOR</b>			
<b>ALUMBRADO DE PROTECCION</b>			
Alrededores de áreas activas de embarque	50		
Alrededores de edificios	10		
Áreas de almacenamiento activas	200		



COLEGIO DE INGENIEROS MECANICOS Y ELECTRICISTAS

SERVICIOS PROFESIONALES DE UNIDADES

DE VERIFICACION

DE INSTALACIONES ELECTRICAS

**ARANCEL**

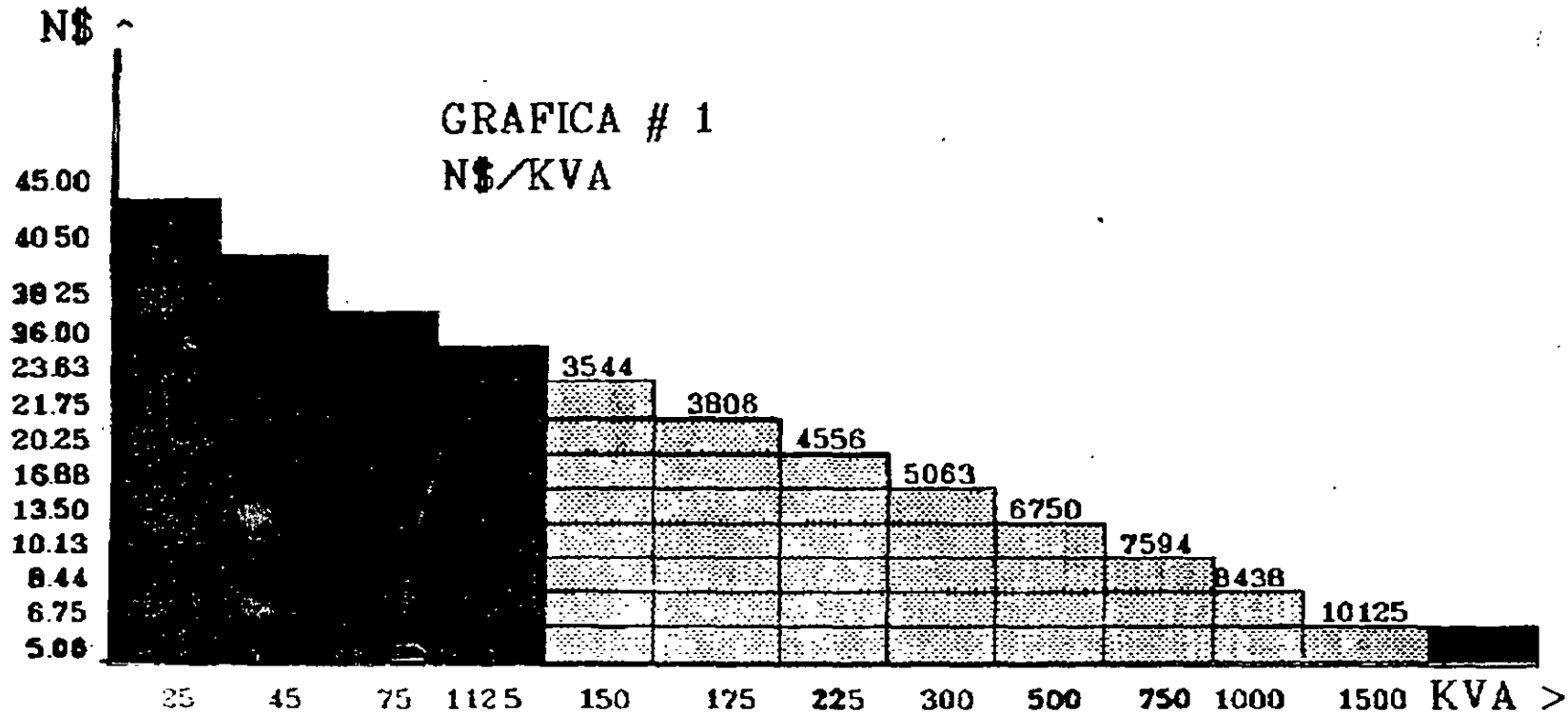
- 1994 -



ASOCIACION NACIONAL DE UNIDADES DE VERIFICACION DE

INSTALACIONES ELECTRICAS

# ARANCEL PROFESIONAL PARA UNIDADES DE VERIFICACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS



TARIFA CONTROLADA



TARIFA LIBRE

\* TARIFA MINIMA N\$ 2.000.00

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

la planta alta	100	Torneo	500
Bajo el agua		Recreativo	300
Exterior	600	BOX O LUCHA (ring)	
Interior	1000	Campeonato	5000
ARQUERIA		Profesional	2000
Blanco:		Amateur	1000
Torneo	100r	En asientos durante el encuentro	20
Recreativo	50r	En asientos antes y después del encuentro	50
Línea de tiro		CARRERAS	
Torneo	100	Motor (autos enanos)	
Recreativo	50	Motocicletas)	200
BADMINTON		Bicicletas	200
Torneo	300	Caballos	200
Club	200	Perros	300
Recreativo	100	CROQUET	
BEISBOL Cuadro		Torneo	100
Ligas mayores	1500	Recreativo	50
Ligas AA y AAA	750	FRONTENIS	
Ligas A y B	500	Profesional	1000
Ligas C y D	300	Aficionados	750
Ligas semi-profesionales y regionales	200	Sobre asientos	50
Liga menor (clase I y clase II)	400	FRONTON O CESTA	
Sobre asientos, durante juego		Profesional	1500
Sobre asientos antes y después juego		Aficionados	1000
BASQUETBOL		Sobre asientos	100
Cuadro universitario y profesional	500	FRONTON A MANO	
Dentro de colegios y secundarias, con espectadores	300	Torneo	300
Sin espectadores	200	Club	200
Recreativo (exterior)	100	Recreativo	100
BILLARES (sobre mesa)		FUTBOL SOCCER Y AMERICANO	
Torneo	500	(Indice: distancia de la línea de banda a fila más alejada de espectadores)	
Recreativo	300	Clase I más de 30 mts	1000
Area general	100	Clase II entre 15 y 30 mts	500
BOLICHES		Clase III entre 9 y 15 mts	300
Mesas.		Clase IV menos de 9 mts	200
Torneo	200	La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad	
Recreativo	100		
Pinos			



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

*CURSOS INSTITUCIONALES*

*INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS  
DEL 8 AL 19 DE ABRIL*

*DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL*

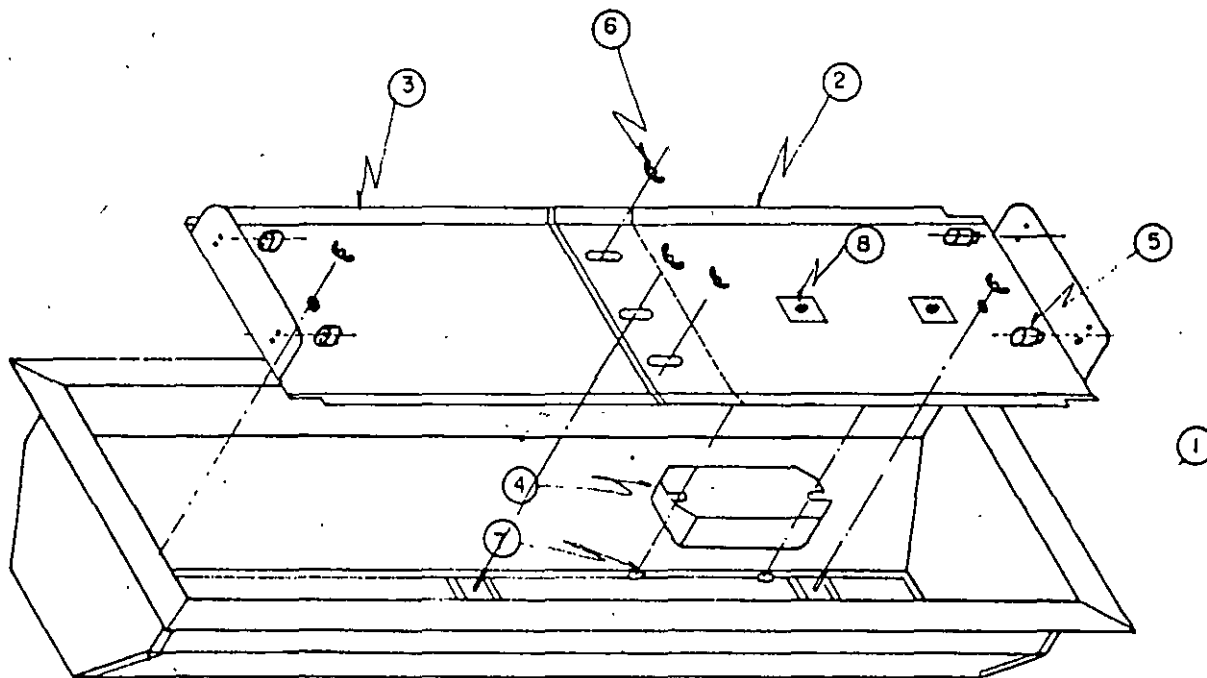
*I L U M I N A C I O N*

*Ing. SALVADOR ANTUNEZ CUEVAS  
Arq. ESTEBAN IZQUIERDO RESENDIZ*

*MEXICO, D..F  
1996*



LUMINARIO FLUORESCENTES 2 X 34 W INSTITUCIONAL



PART.	DESCRIPCION.
1	GABINETE.
2	MODULO ELECTRICO DERECHO.
3	MODULO ELECTRICO IZQUIERDO.
4	BALASTRA.
5	BASES TELESCOPICAS
6	TUERCA MARIPOSA 3/16" Ø
7	TUERCA HEXAGONAL 3/16" Ø
8	REFUERZO CON TORNILLO 3/16" Ø

## **Prueba de Adherencia de Pintura**

Con un rayador de enrejados de 6 filos, se cortan sobre la superficie pintada 6 líneas profundas en una dirección y otras 6 en dirección perpendicular, para formar una cuadrícula de 25 cuadros de 1 mm. x 1 mm. y con un pedazo de cinta engomada (masking o durex) se aplica sobre el área cuadriculada para que se adhiera a la pintura; posteriormente se tira con fuerza para observar si la pintura se desprende.

Con una lupa, si es necesario, de ella, se observa el enrejado; si hay desprendimiento en la intersección de los colores y a lo largo de los mismos, con un total mayor del 5% de la superficie probada, la adherencia no es aceptable. Esta prueba se efectúa en 2 lugares distintos de la pieza a evaluar y al cambiarse el tipo de pieza al iniciarse la producción diaria.

Esta prueba se efectúa bajo la norma alemana DIN-53151 con un rayador de enrejados y se efectúa para cualquier color de pintura.

Se utilizan lápices marca "Eagle Turquoise", (la preparación de los lápices se indica en la fig. 1 de las copias anexas a este método).

### **ANEXO No. 2**

#### **Prueba de Dureza de Pintura**

Se toman por lo menos 3 muestras pintadas y la superficie que será probada debe estar en posición horizontal; se presiona el lápiz a través de la superficie en un ángulo de 45 grados.

Con la dureza establecida, el lápiz debe cortar o rasgar la película de la pintura. El número de graduación de dureza del lápiz que fue usado, nos expresará la dureza que tiene la película.

Se utiliza una estopa impregnada de thinner y se coloca en una área del material pintado.

### **ANEXO No. 3**

#### **Prueba de Comportamiento ante los Solventes**

Se deja un lapso de un minuto aproximadamente; si la pintura se reblandece o se remueve, esto indicará que no tiene una adecuada resistencia a los solventes.

ANEXO No. 4

CURVA DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA Y COEFICIENTES DE UTILIZACION POR EL METODO DE CAVIDAD ZONAL, DEL LUMINARIO INSTITUCIONAL TIPO EMPOTRAR, PARA DOS LAMPARAS FLUORESCENTES DE 34 ó 35 WATTS

COEFICIENTES DE UTILIZACION

METODO DE LA CAVIDAD ZONAL

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo en %																	
Ref.	Par %	80			70			50			30			10			0
		50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
A	1	.64	.62	.60	.62	.61	.59	.60	.58	.57	.58	.56	.55	.56	.55	.54	.53
B	2	.58	.54	.52	.56	.54	.51	.54	.52	.50	.53	.51	.49	.51	.49	.48	.47
C	3	.52	.48	.45	.51	.47	.44	.50	.46	.44	.48	.45	.43	.46	.44	.43	.41
D	4	.47	.43	.39	.46	.42	.39	.45	.41	.39	.47	.41	.38	.42	.40	.38	.37
E	5	.42	.38	.34	.42	.37	.34	.41	.37	.34	.40	.36	.34	.39	.35	.34	.32
F	6	.38	.34	.30	.38	.33	.30	.37	.33	.30	.36	.32	.30	.35	.32	.29	.28
G	7	.34	.30	.26	.34	.29	.26	.33	.29	.26	.32	.28	.26	.31	.28	.26	.24
H	8	.31	.26	.23	.31	.26	.23	.30	.26	.23	.29	.25	.23	.28	.25	.23	.22
I	9	.28	.23	.20	.28	.23	.20	.27	.23	.20	.26	.23	.20	.26	.22	.20	.19
J	10	.25	.21	.18	.25	.21	.18	.24	.20	.18	.24	.20	.18	.23	.20	.17	.16

BASES DE CALCULO

Relación de separación a altura de montaje  
 Reflectancia efectiva de la cavidad del suelo\*

20% (PFC = 0.20)

Espaciamiento recomendado: 1.5 veces la altura sobre el plano de trabajo.

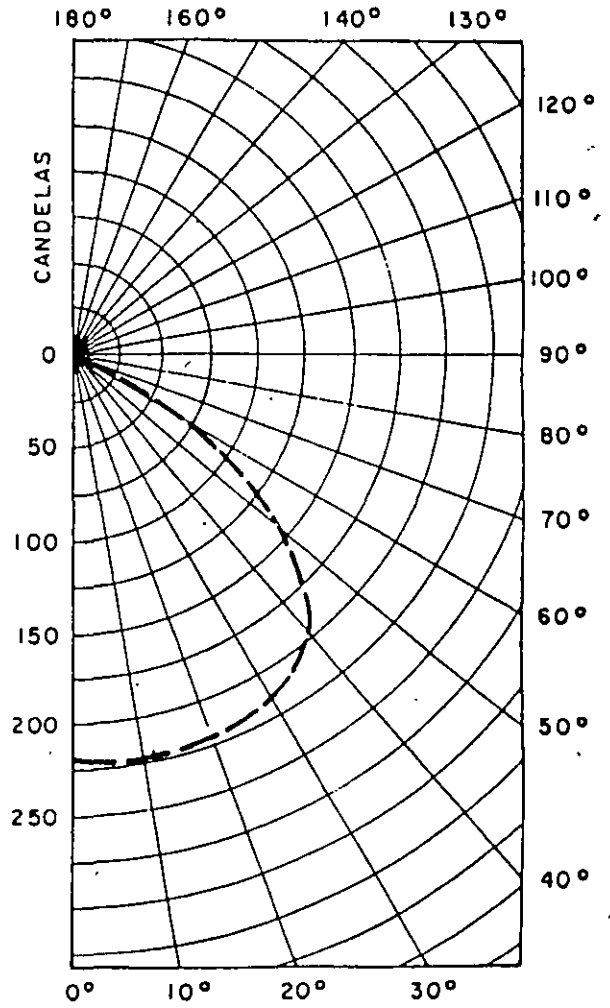
Si los datos son deseados para otros lúmenes de lámpara, multiplique los valores de candelas y lúmenes, por el valor que se obtenga al dividir los lúmenes de la lámpara deseada entre 1000

Por 1000 lúmenes de lámpara

W lúmenes nominales de lámpara X factor de balastro X factor de mantenimiento ÷ 1000 lúmenes.

ANEXO 4

CURVA DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA LUMINARIO INSTITUCIONAL 2 X 34 W O 35 W



DISTANCIA DE PRUEBA 10 m.

LUMENES DE LAMPARA 1000

ANEXO 5

**CURVA DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA Y COEFICIENTES DE UTILIZACION POR EL METODO DE CAVIDAD ZONAL, DEL REFLECTOR ESPECULAR MONTADO EN EL LUMINARIO INSTITUCIONAL PARA DOS LAMPARAS FLOURESCENTES DE 34 O 35 WATTS, MODIFICADO A UNA SOLA LAMPARA.**

COEFICIENTES DE UTILIZACION

METODO DE LA CAVIDAD ZONAL

		Reflectancia efectiva de la cavidad del techo en %															
		80			70			50			30			10			0
Ref.	Par %	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
A	1	.73	.70	.69	.71	.69	.67	.68	.67	.65	.66	.64	.63	.63	.62	.61	.60
B	2	.65	.62	.59	.64	.61	.59	.62	.55	.57	.61	.53	.56	.57	.56	.55	.54
C	3	.59	.55	.52	.55	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.52	.50	.53	.51	.50	.47
D	4	.54	.49	.45	.53	.49	.45	.51	.47	.44	.50	.47	.44	.47	.45	.43	.42
E	5	.49	.44	.40	.45	.43	.40	.47	.43	.39	.46	.42	.39	.44	.41	.39	.37
F	6	.44	.39	.36	.44	.39	.35	.43	.38	.35	.42	.33	.35	.41	.37	.35	.33
G	7	.41	.36	.32	.40	.35	.32	.39	.35	.32	.38	.34	.31	.37	.34	.31	.30
H	8	.37	.32	.28	.37	.32	.28	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.34	.31	.28	.27
I	9	.33	.26	.25	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.32	.28	.25	.31	.27	.25	.23
J	10	.30	.25	.22	.20	.25	.22	.29	.25	.22	.29	.25	.22	.23	.24	.22	.21

Bases de cálculo

Relación de la separación a altura de montaje

Reflectancia efectiva de la cavidad del suelo\*

20% (PFC = 0.20)

Prueba fotométrica según procedimiento de la IES

Espaciamiento recomendado: 0.9 veces la altura sobre el plano de trabajo

Prueba desarrollada de acuerdo a procedimiento MP-06-A

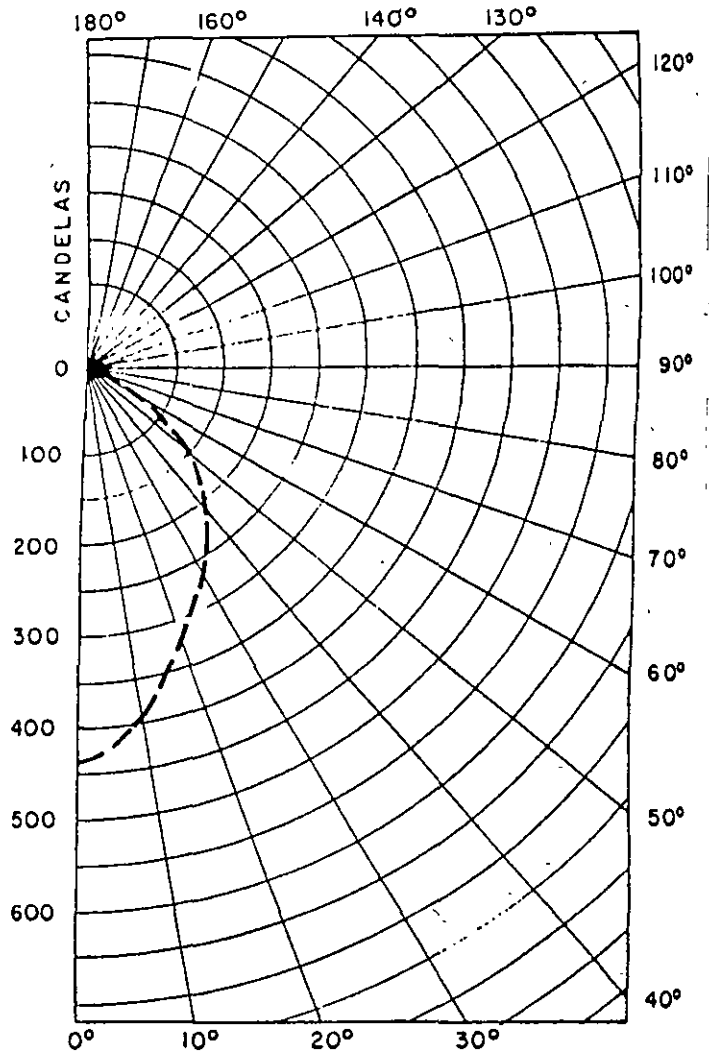
Si los datos son deseados para otros lúmenes de lámpara, multiplique los valores de candelas y lúmenes por el valor que se obtenga al dividir los lúmenes de la lámpara deseada entre 1 000

Por 1000 lúmenes de lámpara

W Lúmenes nominales X factor de balastro X factor de mantenimiento: 1000 lúmenes

ANEXO 5

REFLECTOR ESPECULAR



DISTANCIA DE PRUEBA 10 m.

LUMENES DE LAMPARA 1000

Número de Catalogo: S/N  
Descripción: LUM. FLUORESCENTE  
Reflector: BRILLANTE  
Refractor: ACRILICO REFRACTIVE GRID  
Posición del Portalamparas: UNA LAMP. 39 w.  
Tipo de Lámpara: SUPER SAVER II

ANEXO 6.a

CURVA DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA Y COEFICIENTES DE UTILIZACION POR EL METODO DE CAVIDAD ZONAL, EN UN LUMINARIO CON UNA LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE 13 WATTS DE EMPOTRAR

COEFICIENTES DE UTILIZACION

METODO DE LA CAVIDAD ZONAL

		Reflectancia efectiva de la cavidad del techo en %															
		80			70			50			30			10			0
Ref.	Par %	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
A	1	.64	.61	.60	.62	.60	.54	.59	.58	.57	.57	.56	.55	.55	.54	.53	.52
B	2	.57	.54	.51	.56	.53	.51	.54	.52	.50	.52	.50	.48	.50	.49	.47	.46
C	3	.51	.47	.44	.50	.47	.44	.49	.46	.43	.47	.44	.43	.46	.43	.42	.40
D	4	.46	.42	.38	.46	.41	.38	.40	.40	.33	.43	.40	.37	.41	.39	.37	.36
E	5	.42	.37	.34	.41	.37	.33	.40	.36	.33	.39	.35	.33	.38	.34	.33	.31
F	6	.37	.33	.29	.37	.32	.29	.36	.32	.29	.35	.31	.29	.34	.31	.28	.27
G	7	.34	.29	.26	.33	.29	.25	.32	.28	.25	.31	.28	.25	.31	.27	.25	.24
H	8	.31	.26	.23	.30	.26	.22	.29	.25	.22	.29	.25	.22	.28	.25	.22	.21
I	9	.28	.23	.20	.27	.23	.20	.27	.23	.20	.26	.22	.20	.25	.22	.19	.18
J	10	.25	.21	.18	.25	.21	.18	.24	.20	.18	.24	.20	.17	.23	.20	.17	.16

Bases de cálculo

Relación de separación a altura de montaje

Reflectancia efectiva de la cavidad del suelo\*

20% ( PFC = 0.20 )

Espaciamiento recomendado: 1.2 veces la altura sobre el plano de trabajo.

Si los datos son deseados para otros lúmenes de lámpara, multiplique los valores de candela s y lúmenes por valor que se obtenga al dividir los lúmenes de la lámpara deseada entre 1 000.

Por 1 000 lúmenes de lámpara

W lúmenes nominales de lámpara X factor de balastro X factor de mantenimiento: 1000 lúmenes

<b>PHOTOMETRIC TEST REPORT</b> HOLOPHANE COMPANY, INC. RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER. NEWARK, OHIO.		Distribution Data		
	Anglo Degrees.	Candle - power	Lumens.	
	0	141		
	5	142	13	
	10	138		
	15	136	38	
	20	133		
	25	133	61	
	30	129		
	35	125	78	
	40	120		
	45	110	85	
	50	101		
	55	63	63	
	60	48		
	65	30	29	
	70	10		
75	8	9		
80	7			
85	5	5		
90	1			
Test of. HOLOPHANE E-540-P-13 113 000 T Lampara para empollar a sobreponer.				
Position of Lamp, IN SET POSITION				
Remarks.				
	Lamp. 1-F13 (DULUR), Amps. Lumens 900 Volts. Watts 13 Fil. Bulb R. P. M. Test. Distance 10' Test. Cell No.			
Tested by _____ Certified by _____				
Date. MAY 25, 1990				
File. _____				
Test No. 175011-P				

Output Data

Zone Degrees	Lumens	% Total Lamp Lumens
0-45	276	30.71
0-60	340	31.75
0-90	382	42.49
60-90	43	4.77
90-180	0	0.04
0-180	383	42.53



ANEXO 6.b

CURVA DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA Y COEFICIENTES DE UTILIZACION POR EL METODO DE CAVIDAD ZONAL, EN UN LUMINARIO CON UNA LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE 13 WATTS DE SOBREPONER

COEFICIENTES DE UTILIZACION

METODO DE LA CAVIDAD ZONAL

		Reflectancia efectiva de la cavidad del techo en %																	
		80			70			50			30			10			0		
Ref.	Par %	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		
A	1	.63	.60	.57	.61	.58	.55	.57	.55	.52	.53	.51	.50	.50	.49	.47	.45		
B	2	.54	.49	.45	.53	.48	.45	.49	.46	.43	.46	.43	.41	.43	.41	.39	.37		
C	3	.47	.42	.37	.46	.41	.37	.43	.39	.35	.40	.37	.34	.38	.35	.33	.31		
D	4	.42	.36	.32	.41	.35	.31	.38	.34	.30	.36	.32	.29	.34	.31	.28	.26		
E	5	.37	.31	.27	.36	.31	.26	.34	.29	.26	.32	.28	.25	.30	.27	.24	.22		
F	6	.33	.27	.23	.32	.27	.23	.30	.26	.22	.29	.24	.21	.27	.23	.21	.19		
G	7	.30	.24	.20	.29	.23	.20	.27	.22	.19	.26	.21	.18	.24	.21	.18	.16		
H	8	.27	.21	.17	.26	.21	.17	.25	.20	.17	.23	.19	.16	.22	.18	.16	.14		
I	9	.24	.19	.15	.24	.18	.15	.22	.18	.15	.21	.17	.14	.20	.16	.14	.12		
J	10	.22	.17	.13	.21	.17	.13	.20	.16	.13	.19	.15	.12	.18	.15	.12	.11		

Bases de cálculo

Relación de separación a altura de montaje

Reflectancia efectiva de la cavidad del suelo\*

20% ( PFC = 0.20 )

Espaciamiento recomendado: 1.9 veces la altura sobre le plano de trabajo

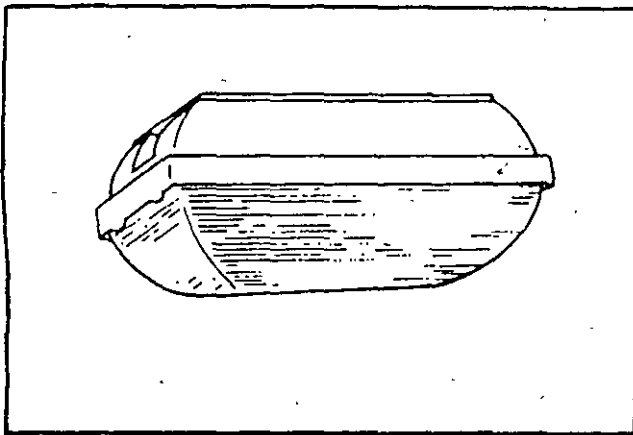
Si los datos son deseados para otros lúmenes de lámpara, multiplique los valores de candelas y lúmenes por el valor que se obtenga al dividir los lúmenes de la lámpara deseada entre 1 000

Por 1 000 lúmenes de lámpara

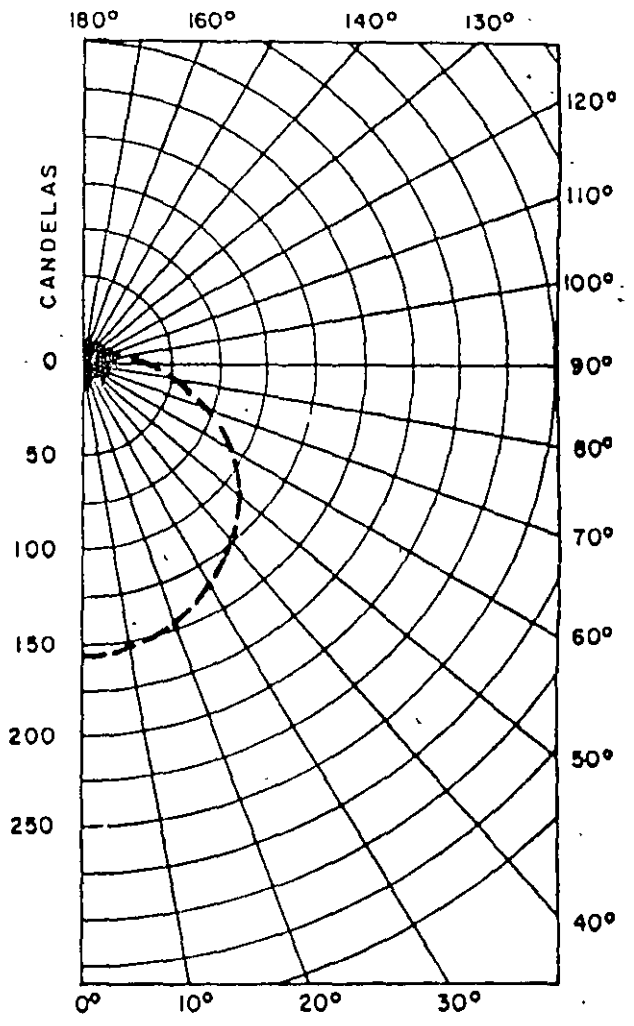
W lúmenes nominales de lámpara X factor de balastro X factor de mantenimiento 1 000 lúmenes.

ANEXO 6.b

B - SOBREPONER



MAXIMA BRILLANTES		
ang. vert.	pie-Lamberts	candelas/cm <sup>2</sup>

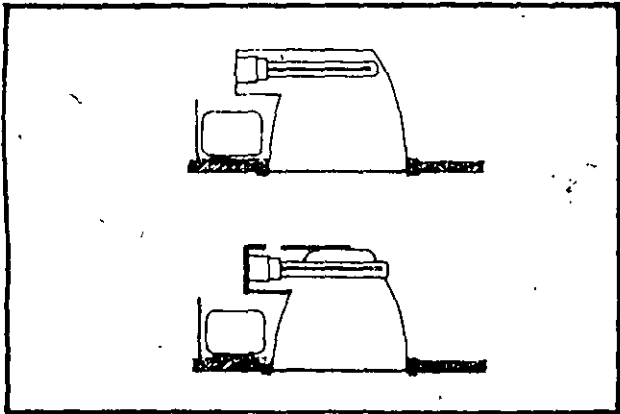


DISTANCIA DE PRUEBA \_\_\_\_\_ m.

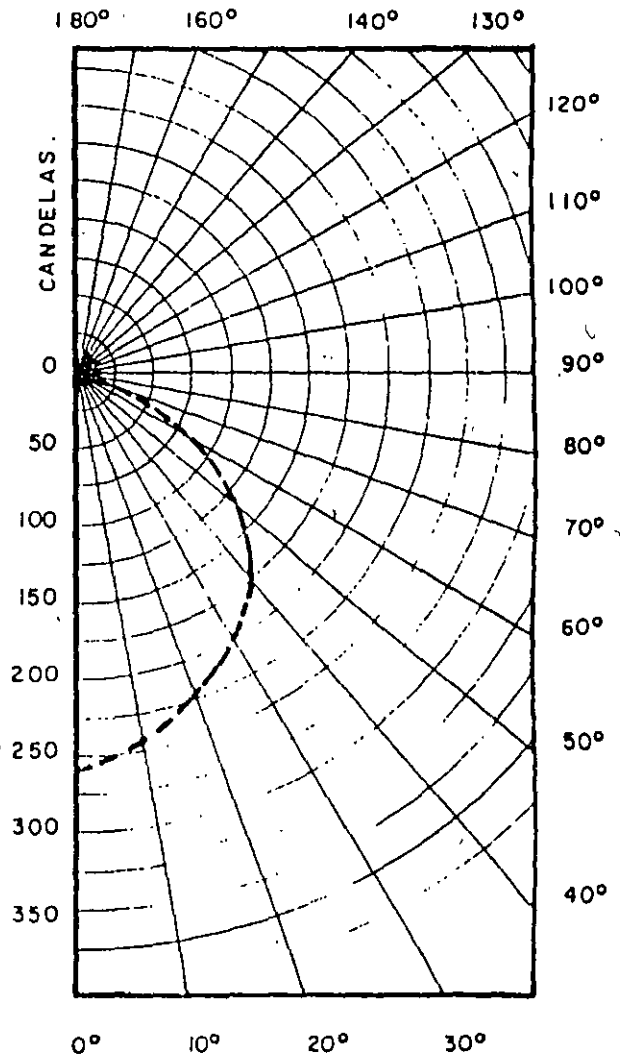
LUMENES DE LAMPARA \_\_\_\_\_

ANEXO 6.c

CURVA DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA Y COEFICIENTES DE UTILIZACION POR EL METODO DE LA CAVIDAD ZONAL, PARA EL LUMINARIO TIPO EMPOTRAR O SOBREPONER PARA UNA LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE 13 WATTS



MAXIMA BRILLANTES.		
ang-verl.	pie - Lamberls.	Candelas /cm <sup>2</sup>



DISTANCIA DE PRUEBA 10 m.

LUMENS DE LAMPARA 1000

ANEXO 7

COEFICIENTES DE UTILIZACION

METODO DE LA CAVIDAD ZONAL

		Reflectancia efectiva de la cavidad del techo en %															
		80			70			50			30			10			0
Ref	Par %	50	20	10	50	20	10	50	20	10	50	20	10	50	20	10	0
A	1	.56	.51	.48	.52	.48	.45	.45	.42	.39	.39	.36	.34	.33	.31	.29	.26
B	2	.46	.40	.35	.43	.37	.33	.37	.32	.29	.31	.28	.25	.26	.23	.21	.18
C	3	.39	.32	.27	.36	.30	.25	.31	.26	.22	.26	.20	.19	.21	.18	.16	.13
D	4	.33	.27	.21	.31	.25	.20	.26	.21	.17	.22	.18	.15	.18	.15	.12	.10
E	5	.29	.22	.17	.27	.21	.16	.23	.18	.14	.19	.15	.12	.16	.12	.10	.08
F	6	.25	.19	.14	.23	.17	.13	.20	.15	.11	.17	.13	.09	.14	.10	.08	.06
G	7	.22	.16	.12	.21	.15	.11	.18	.13	.09	.15	.11	.08	.12	.09	.06	.04
H	8	.20	.14	.10	.19	.13	.09	.16	.11	.08	.13	.09	.06	.11	.08	.05	.04
I	9	.18	.12	.08	.17	.11	.08	.14	.10	.07	.12	.08	.05	.10	.07	.04	
J	10	.16	.11	.07	.15	.10	.07	.13	.09	.06	.11	.07	.05	.09	.06	.04	

Bases de cálculo

Relación de separación a altura de montaje

Reflectancia efectiva de la cavidad del suelo \*

20% ( PFC = 0.20 )

Espaciamiento recomendado: 3.2 veces la altura sobre el plano de trabajo

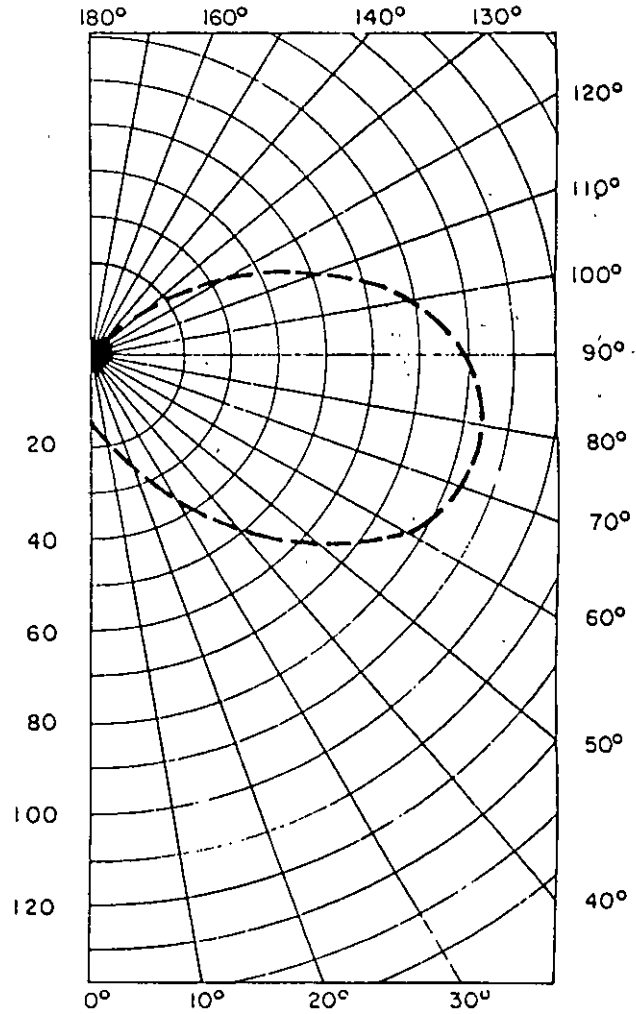
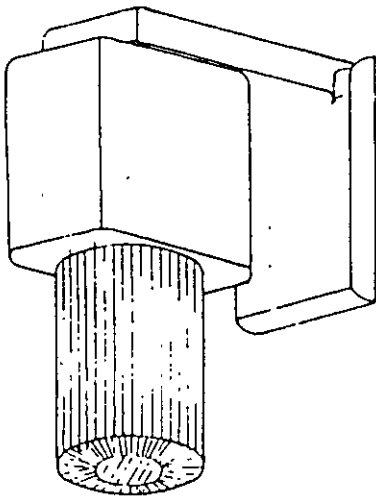
Si los datos son deseados para otros lúmenes de lámpara, multiplique los valores de candelas y lúmenes por el valor que se obtenga al dividir los lúmenes de la lámpara deseada entre 1 000

Por 1 000 lúmenes de lámpara

W lúmenes nominales de lámpara X factor de balastros X factor de mantenimiento: 1 000 lúmenes.

ANEXO 7

CURVA DE DISTRIBUCION Y COEFICIENTES DE UTILIZACION POR EL METODO DE LA CAVIDAD ZONAL, PARA EL LUMINARIOS PARA MUROS INTERIORES, CON LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA DE 13 WATTS.



DISTANCIA DE PRUEBA 10 m.

LUMENES DE LAMPARA 1000.

ANEXO 8.

COEFICIENTES DE UTILIZACION  
METODO DE LA CAVIDAD ZONAL

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo en %																		
Ref	Par %	80			70			50			30			10			0	
		50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0	
A	1	.68	.62	.58	.62	.58	.54	.53	.49	.46	.44	.41	.39	.36	.34	.32	.28	
B	2	.56	.49	.43	.51	.45	.40	.43	.38	.34	.35	.31	.28	.28	.25	.23	.19	
C	3	.47	.39	.33	.43	.36	.31	.36	.31	.26	.29	.25	.21	.23	.20	.17	.13	
D	4	.41	.33	.27	.38	.30	.25	.31	.26	.21	.26	.21	.17	.20	.16	.13	.10	
E	5	.35	.28	.22	.33	.26	.20	.27	.21	.17	.22	.17	.14	.17	.14	.11	.08	
F	6	.31	.24	.18	.29	.22	.17	.24	.18	.14	.19	.15	.11	.15	.11	.09	.06	
G	7	.28	.20	.15	.26	.19	.14	.21	.16	.12	.17	.13	.09	.14	.10	.07	.05	
H	8	.25	.18	.13	.23	.16	.12	.19	.14	.10	.16	.11	.08	.12	.09	.06	.04	
I	9	.22	.16	.11	.21	.14	.10	.17	.12	.08	.14	.11	.07	.11	.08	.05	.03	
J	10	.20	.14	.10	.19	.13	.09	.16	.11	.07	.13	.09	.06	.11	.07	.04	.03	

Bases de cálculo

Refacción de separación a altura de montaje

Reflectancia efectiva de la cavidad del suelo \*

20 % ( PFC = 0.20 )

Espaciamiento recomendado: 3.2 veces la altura sobre el plano de trabajo

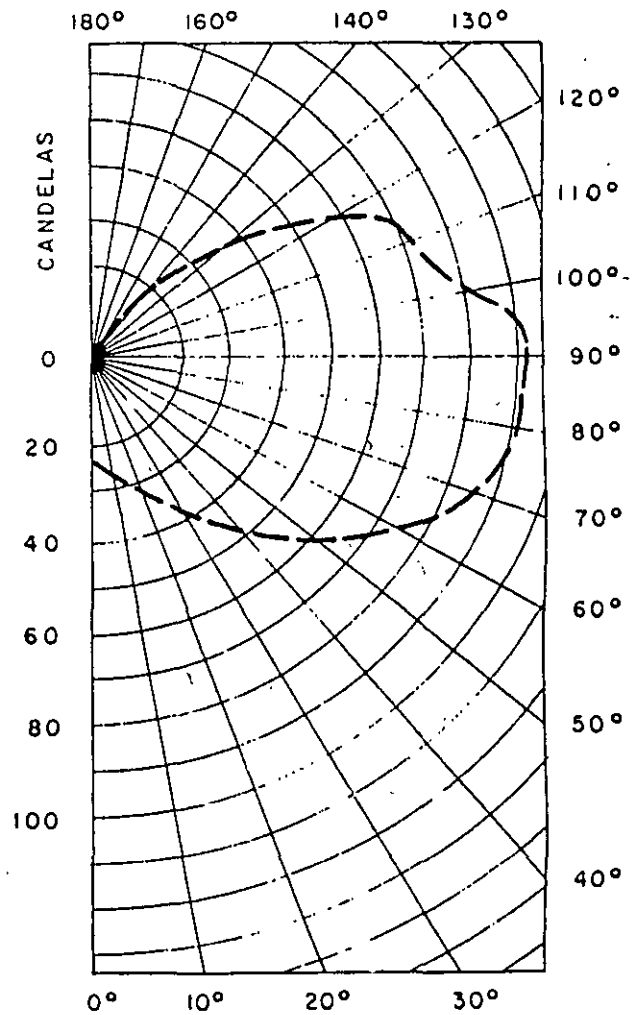
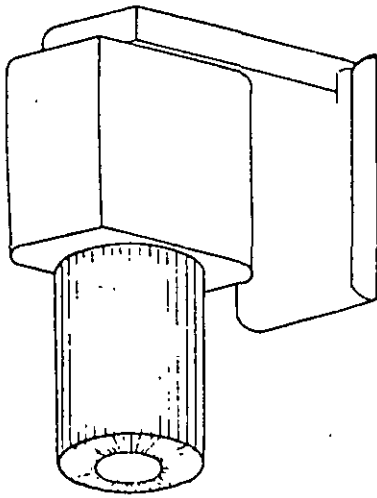
Si los datos son deseados para otros lúmenes de lámpara, multiplique los valores de candelas y lúmenes por el valor que se obtenga al dividir los lúmenes de la lámpara deseada entre 1 000

Por 1 000 lúmenes de lámpara

W lúmenes nominales de lámpara x factor de balastro x factor de mantenimiento :- 1 000 lúmenes

ANEXO 8

CURVA DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA Y COEFICIENTES DE UTILIZACION POR EL METODO DE LA CAVIDAD ZONAL, DEL LUMINARIO PARA MURO EN EXTERIORES, CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION, 70 WATTS, 127 VOLTS.



DISTANCIA DE PRUEBA 10 m.

LUMENES DE LAMPARA 1000

# Ejemplo de cálculo de una instalación de alumbrado interior

El proceso a seguir para el cálculo de una instalación de alumbrado interior debe ser el siguiente:

1. DATOS PRECISOS PARA EL CALCULO
2. EXPRESIONES A UTILIZAR
3. CALCULO DE LA INSTALACION

## 1. Datos precisos para el cálculo

Son necesarios para el estudio de toda instalación de alumbrado interior los siguientes datos:

- Dimensiones y características constructivas del recinto o local a iluminar, anchura, longitud, altura, color de techo, paredes y plano de trabajo (índices de reflexión) y actividad a realizar en el mismo.
- Tipo de fuente luminosa: Vendrá determinada en función de la altura del local y de la actividad a desarrollar. Como fuentes de luz tenemos lámparas de tipo fluorescente, Vapor de Mercurio, Vapor de Sodio, etc.
- Tipo de luminaria: Su elección será en función de la lámpara utilizada.
- Coeficiente de conservación: El valor del mismo se fija considerando el tipo de luminaria (abierta o cerrada) y el grado de mantenimiento a realizar sobre la instalación.
- Nivel medio de iluminación: Estará de acuerdo con la actividad a realizar y su valor se encuentra tabulado en función de la misma.

## 2. Expresiones a utilizar

- Índice de local: Es función de las características del local y viene determinado por la expresión:

$$K = \frac{L \times a}{hu(l + a)}$$

Donde: K = Índice de local  
L = Longitud  
a = Anchura  
hu = Altura útil, distancia entre la luminaria al plano de trabajo

- Coeficiente de utilización: Este coeficiente se obtiene a partir de las tablas de factores de utilización de luminaria una vez conocidos el valor del índice de local y los índices de reflexión considerados.

- Flujo luminoso: De la expresión:

$$\Phi_l = \frac{E_{med} \times S}{Cd \times Cu}$$

Donde:  $\Phi_l$  = Flujo luminoso total  
E<sub>med</sub> = Nivel medio de iluminación  
S = Superficie  
Cd = Coeficiente de conservación  
Cu = Coeficiente de utilización

Se obtiene el flujo luminoso necesario.

- Número de lámparas: Se obtiene mediante el cociente entre el flujo luminoso necesario y el flujo luminoso emitido por la lámpara:

$$N = \frac{\Phi_l}{\Phi_l}$$

Donde: N = Número de lámparas  
 $\Phi_l$  = Flujo luminoso total  
 $\Phi_l$  = Flujo luminoso lámpara

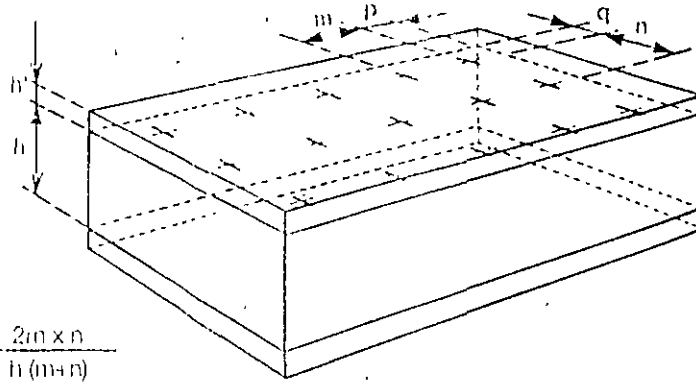
- Número de luminarias: En función del número de lámparas que equipa la luminaria determinaremos el número de éstas.

$$Nl = \frac{Np}{n}$$

Donde: Nl = Número de luminarias  
Np = Número lámparas  
n = Número de lámparas por luminaria



- Distribución puntos de luz: Una vez obtenido el número de luminarias necesarias para la instalación, la distribución de éstas deberá cumplir con los índices geométricos prefijados  $K_m$  y  $K_p$  para el tipo de luminaria escogida.



- Índice de malla ( $K_m$ )

$$K_m = \frac{2m \times n}{h(m+n)}$$

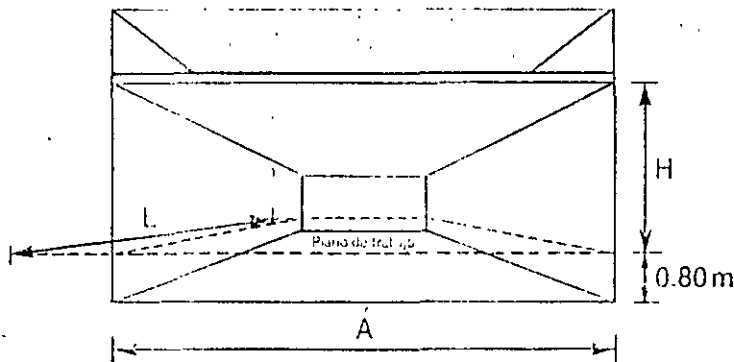
- Índice de proximidad ( $K_p$ )

$$K_p = \frac{ap + bp}{h(a + b)}$$

Si los valores  $K_m$  y  $K_p$  se aproximan o coinciden con los prefijados, puede decirse que el cálculo de la instalación es correcto.

### 3. Cálculo de la instalación

Ejemplo: Determinación del número de luminarias para un local destinado a oficinas.



#### Datos

- Dimensiones
 

Longitud:	25 m
Anchura:	12 m
Altura:	2,8 m
Altura del plano de trabajo al suelo:	0,8 m

- Factores de reflexión

Techo:	70%
Paredes:	50%
Suelo:	10%

- Tipo de lámpara

Tubo fluorescente tipo luz blanca neutra

Potencia:	36 W
Flujo luminoso:	3000 Lm
Temperatura de color:	4100 °K
Nivel de reproducción cromática DIN 5035:	5

- Tipo de luminaria

Luminaria tipo FLECTORLUX referencia BJC F-744-2C adosada a techo, provista de difusor prismatizado construido en metacrilato y equipada con 2 tubos fluorescentes de 36 W de potencia.

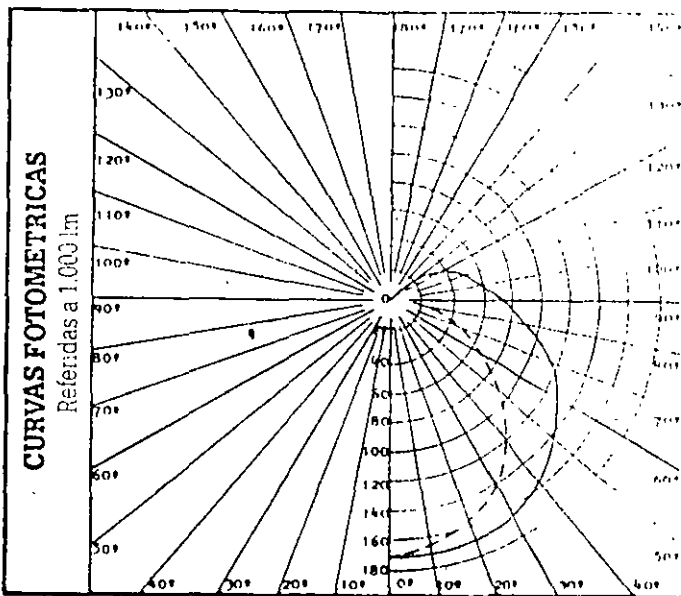
- Coeficiente de conservación

$CC = 0,8$

- Nivel de iluminación

# LABORATORIO FOTOMETRICO

Resultados conformes a la norma NFC 71.120



BALASTO	LAMPARAS	LUMINARIA F-744
Observaciones Claude Ref. 1 y 2	Tipo Claude (ref. 1 y 2) Pot/Tensión 220 V. Flujo lumin. (1)762,25 Lm (2) 803,88 Lm Casquillo	Observaciones No se introduce modificación alguna en el aparato de serie.

Observaciones:

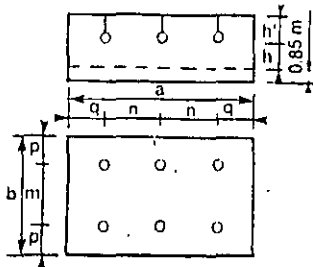
Curvas trazo continuo  
Curvas trazo discontinuo

eje transversal  
eje longitudinal

Clase luminaria 0,65 G + 0,11 T S/UTE C 71.121  
Difusor cristal prisma

Indice de local K 0,6 y 0,8 coeficientes de utilización dados para Km = 1 y Kp = 0,50

Flujo emitido por zona reducido a 1.000 lm. para el conjunto de lámparas.	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>
	242,02	185,57	134,87	85,81	109,66	757,93



$$\text{Indice del local } K = \frac{ab}{h(a+b)}$$

$$\text{Proporciones del local } 0,5 \leq \frac{a}{b} \leq 2$$

$$\text{Indice de malla } K_{m1} = \frac{2mn}{h(m+n)} = 1,5$$

$$\text{Indice de proximidad } K_p = \frac{ap + bp}{h(a+b)} = 1/2 K_m$$

$$\text{Indice del local } J = \frac{h'}{h'+h}$$

K	FACTORES DE UTILIZACION												
	PLANO UTIL												
	FACTORES DE REFLEXION												
	873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311
0,6	0,432	0,398	0,412	0,382	0,307	0,293	0,236	0,195	0,276	0,224	0,188	0,214	0,180
0,8	0,510	0,464	0,486	0,445	0,380	0,359	0,299	0,256	0,337	0,285	0,245	0,271	0,236
1	0,587	0,527	0,558	0,507	0,460	0,430	0,373	0,330	0,405	0,355	0,318	0,340	0,306
1,25	0,637	0,566	0,606	0,545	0,511	0,474	0,417	0,374	0,445	0,397	0,359	0,378	0,34
1,50	0,682	0,600	0,648	0,578	0,558	0,513	0,460	0,418	0,482	0,437	0,402	0,416	0,386
2	0,738	0,642	0,701	0,620	0,622	0,564	0,517	0,478	0,530	0,492	0,458	0,466	0,437
2,50	0,776	0,669	0,736	0,646	0,666	0,598	0,556	0,520	0,563	0,528	0,497	0,501	0,475
3	0,805	0,690	0,763	0,668	0,701	0,624	0,587	0,555	0,588	0,558	0,530	0,529	0,509
4	0,841	0,716	0,797	0,693	0,747	0,658	0,627	0,599	0,621	0,595	0,572	0,565	0,545

$$K = \frac{a \times L}{h \times (a + l)} = \frac{12 \times 25}{2,8 \times 0,8 (12 + 25)} = 4,05$$

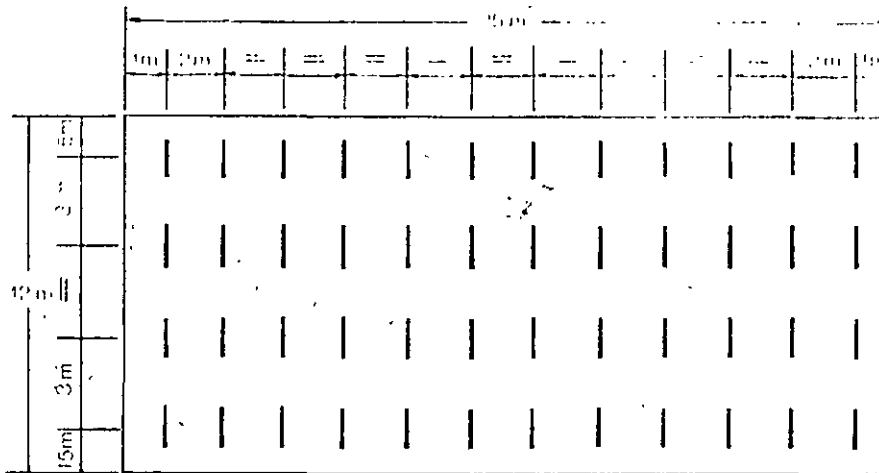
Para un índice de local 4 se obtiene un coeficiente de utilización de 0,658.

Para calcular el flujo luminoso necesario utilizaremos

$$\Phi_t = \frac{E_{mod} \times S}{C_d \times C_u} = \frac{500 \times 300}{0,8 \times 0,658} = 284.954 \text{ Lm}$$

$$N_p = \frac{\Phi_t}{\Phi_l} = \frac{284.954 \text{ Lm}}{3.000} = 95 \text{ Lámparas}$$

$$N_l = \frac{N_p}{n} = \frac{95 \text{ Lámparas}}{2} = 48 \text{ Luminarias}$$



• Índice de malla

$$K_m = \frac{2 \cdot mn}{h(m+n)} = \frac{2(3 \times 2)}{2(3+2)} = 1,2$$

• Índice de proximidad

$$K_p = \frac{a_p + b_p}{h(a+b)} = \frac{25 \times 1 + 12 \times 1,5}{2(25+12)} = 0,58$$

Comparando los valores de  $K_m$  y  $K_p$  obtenidos con los que se especifican en la hoja de características de la luminaria, se puede decir que el cálculo en la instalación es correcto.

# Ejemplo de cálculo de una instalación de alumbrado público

Las instalaciones de alumbrado público tienen por misión garantizar la seguridad del tránsito de vehículos y personas durante la noche o en circunstancias de baja visibilidad

Para poder diseñar una instalación de alumbrado público seguiremos el proceso siguiente:

1. DATOS DE LA INSTALACION
2. EXPRESIONES Y DATOS PARA EL CALCULO
3. CALCULO DE LA INSTALACION

## 1. Datos de la instalación

- Dimensiones de la vía o espacio a iluminar.
- El nivel medio de iluminación es determinado en función de la categoría de la vía mediante tablas.
- Tipo de luminaria: En función de las características del espacio a iluminar ( por lo general se utilizan luminarias con distribución asimétrica del flujo luminoso.)
- Fuente luminosa: Se utilizan preferentemente lámparas de descarga del tipo Vapor de Mercurio color corregido o Vapor de Sodio alta presión.
- Factor de conservación: El cual es función del tipo de luminaria elegida (abierta o cerrada) del grado de mantenimiento y del nivel de polución ambiental.
- Sistema de sustentación y distribución de las luminarias: Vendrá condicionado por el entorno de la instalación, edificaciones, vegetación, etc.

## 2. Expresiones y datos para el cálculo

- El principal dato a obtener en el cálculo de la instalación es la **distancia entre puntos de luz**. Para su determinar utilizaremos los siguientes datos y expresiones:

- Flujo luminoso necesario

$$\Phi = \frac{E_{med} \times a \times L}{Cu \times Cd} \quad (1)$$

Donde:  $\Phi$  = Flujo luminoso total  
 $E_{med}$  = Nivel medio de iluminación en servicio  
 $a$  = Anchura de la calzada  
 $L$  = Distancia entre luminarias  
 $Cu$  = Coeficiente de utilización  
 $Cd$  = Coeficiente de conservación

- Nivel medio de iluminación en servicio: Determinado por la categoría de la vía. Ver tabla.

Tabla 1

TIPO	NIVEL
Carreteras principales Calles principales	20 + 30 lux
Carreteras secundarias Calles secundarias	15 + 20 lux
Calles en zona residencial Calles en zona industrial	10 + 15 lux

- Flujo luminoso: Este valor que es una característica de la lámpara utilizada nos determinará la altura a la que debemos instalar la luminaria.

Tabla 2

Potencia luminosa instalada Lm.	Altura del punto de luz m.
3.000 a 10.000	6 a 7
10.000 a 20.000	7 a 9
> 20.000	≥ 9

- Distancia entre puntos de luz  
Despejando de la expresión (1) obtenemos

$$L = \frac{C \times C_{11} \times C_{d1}}{E_{med} \times a}$$

- Tipo de disposición de puntos de luz

La relación  $\frac{\text{anchura}}{\text{altura}}$  dada en la tabla determinará la disposición de los puntos

Tabla 3

Tipo de disposición	Relación $\frac{\text{Altura punto luz}}{\text{Anchura de calzada}}$	
	Valor mínimo	Valor recomend.
Unilateral	0,85	1
Bilateral al tresbolillo	1/2	2/3
Bilateral pareada	1/3	1/2

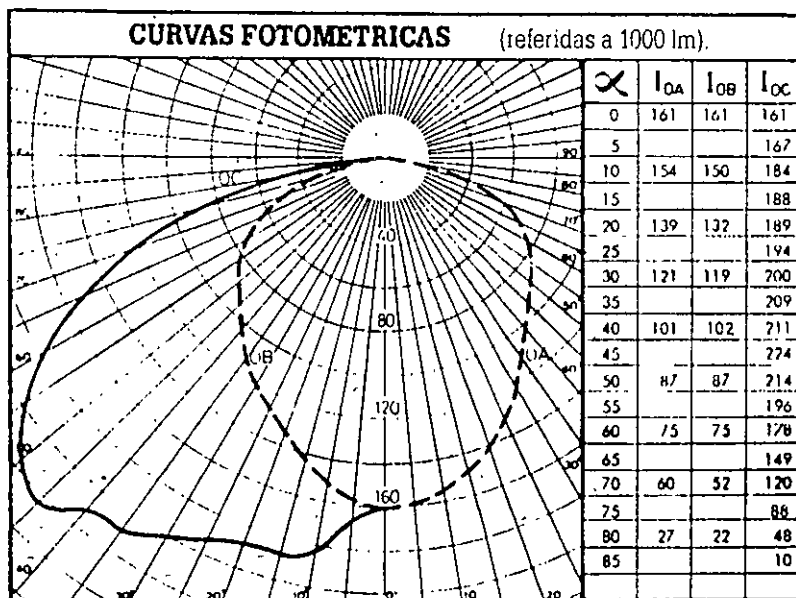
### 3. Cálculo de la instalación

Ejemplo:

Se desea iluminar una vía secundaria de acceso a una población.

DATOS:

- Anchura calzada: 8 metros
- Nivel medio de iluminación en función de la vía y según tabla 1: 16 Lux
- Tipo de luminaria: Luminaria cerrada de distribución asimétrica del flujo luminoso referencia BJC F-12.131



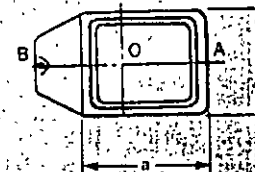
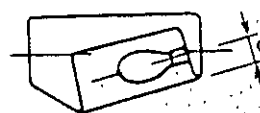
OBSERVACIONES

a = 435 mm.

b = 295 mm.

c = 73 mm.

Las curvas de utilización se han trazado para la posición horizontal de la luminaria ( la inclinación del reflector dentro de la luminaria es de 15°).

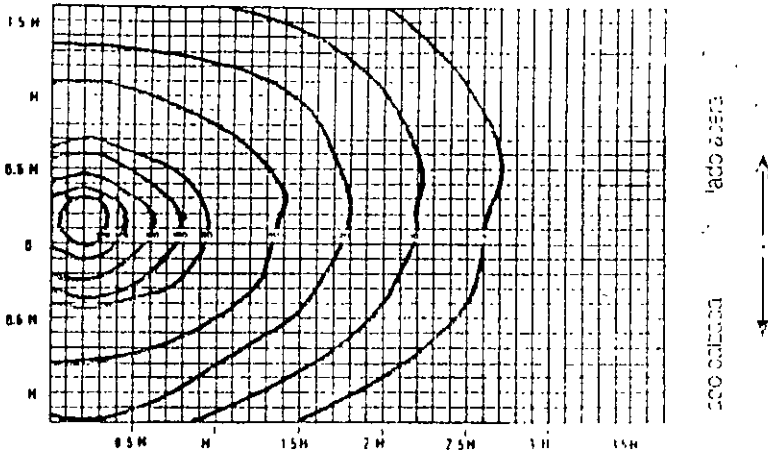


Luminaria F-12.131  
 Lámpara Vapor de mercurio  
 Tensión 220 V.  
 Potencia 250 W.  
 Ampolla Ovoide con capa correctora

Flujo luminoso 11.700 lm.  
 Casquillo E-40  
 Posición luminaria Horizontal  
 Distancia medición 8 m.  
 Ensayo nº 1213-R0250B-00

# CURVAS ISOLUX

(referidas a 1000 lm. y reducidas a lm.)



FACTORES DE CONVERSIÓN EN FUNCIÓN DE LA ALTURA										
H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fc	1.000	0.250	0.111	0.0625	0.0400	0.0277	0.0204	0.0156	0.0123	0.010

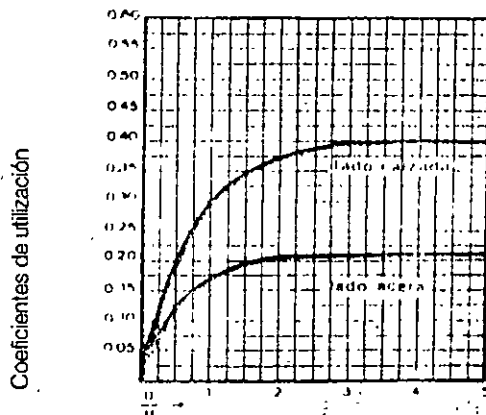
$$E_h = E \times F_c \times \frac{\phi}{1000} \quad \text{Escala gráfica: } 1m = \frac{40 \text{ mm}}{1}$$

- Tipo de lámpara: Lámpara de Vapor de Mercurio color corregido

Potencia: 250 W  
 Flujo luminoso: 13.000 Lm  
 Temperatura de color aprox. 4.000 °K  
 Nivel de reproducción cromática DIN-5035: 3

- Altura de montaje: De la tabla 2 se obtiene una altura de montaje de 7 metros.
- Factor de conservación: Cd = 0,8
- Coeficiente de utilización: Cu = 0,3

## CURVAS DE UTILIZACION



$$\text{Relaciones} = \frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{8 \text{ m}}{7 \text{ m}} = 1,14$$

• Distancia entre puntos de luz: 
$$L = \frac{\phi \times Cd \times Cu}{a \times E_{mod}} = \frac{13000 \times 0,8 \times 0,3}{8 \times 16} = 24 \text{ metros}$$

• Disposición puntos de luz: 
$$\text{Relación} = \frac{\text{Altura punto de luz}}{\text{Anchura de calzada}} = \frac{7 \text{ metros}}{8 \text{ metros}} = 0,87$$

Según la tabla 3 la disposición será **UNILATERAL**



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

**CURSOS INSTITUCIONALES .**

**CURSO**

**INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS**

**DEL 8 AL 19 DE ABRIL**

**DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**

**SISTEMAS DE CARGAS**

**MEXICO, D.F**

**1995**

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 la cual se da la siguiente clasificación:

Clase I para más de 30,000 espectadores;

Clase II de 10,000 a 30,000 espectadores;

Clase III de 5,000 a 10,000 espectadores, y

Clase IV para menos de 5,000 espectadores.

**GIMNASIOS (Refiérase a deportes específicos enumerados en forma separada)**

Exhibiciones, encuentros 300

Para recreación y ejercicio

general 200

Asambleas 100

Bailes 50

Regaderas y vestidores 100

**GOLF, CAMPOS DE PRACTICA**

Iluminación general sobre

los "Tees" 100

A 1 85 mts 50

Práctica en los "greens" 100

**HOCKEY SOBRE HIELO**

Universitario o profesional 500

Liga amateur 200

Recreativo 100

**PATINAJE**

Pista para patines de ruedas 50

Pista para patines sobre hielo

(interior y exterior) 50

Laguna, estanque o área inundada 10

**PING-PONG**

Torneo 500

Club 300

Recreativo 200

**PLAYAS**

En tierra 10

A 50 mts de la orilla (en mar) 30

**PLAZA DE TOROS**

En el ruedo 100

Pasillos, túneles, palcos, gradas 5

**SHUFFLE BOARD**

Torneo 10

Recreativo 5

**SKIES, RAMPA DE PRACTICA**

**SOFTBOL**

Cuadro profesional y de campeonato 50

Semi-profesional 30

Ligas industriales 20

Recreativo 10

**TENIS**

Torneo 30

Club 20

Recreativo 10

**8. ALUMBRADO DE TRANSPORTES**

**AEROPUERTOS**

Plataforma frente a hangares 10

Plataforma frente edificios de la terminal:

Area estacionamiento 5

Area de carga 20

**AUTOBUSES**

Urbanos 300

Foráneos 150

**AUTOMOVILES**

Sobre placas 5

**AVIONES**

Compartimiento 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:

Pasajeros 100

Tripulación 50

Entrada de pasajeros 100



Salas de descanso, pasajeros y oficiales	100	Oficina del barco	200
Cuartos de esparcimiento tripulación	200	Sobre escritorios y mesas de trabajo	500
Sobre mesas	300	Para teneduría de libros y auditoría	500
Comedor pasajeros	100	Cuarto de registro (cuaderno bitácora)	100
Salón comedor, oficiales y tripulación	100	Sobre escritorio	500
Sobre mesas	150	Areas de servicio:	200
Bibliotecas	100	Lavandería	150
Para lectura	300	Dispensa	150
Salones fumadores	5	Fregaderos	150
Cubiertas cerradas	100	Preparación comida	200
Peluquería y salón de belleza	200	Almacén comida (sin y con refrigerador)	50
Sobre la persona	500	Carnicería	150
Salones de cocktail y cantina	50	Imprenta	300
Salón de baile	50	Sastrería	500
Piscinas y playas interiores	100	Oficinas postales	200
Tiendas	200	Vestidores	30
Teatros.		Central telefónica	100
Durante el espectáculo	1	Cuarto para almacén	50
Intermedio	50	Areas de operación:	50
Gimnasios	200	Cuarto máquinas (áreas de trabajo)	100
Hospital		Cuarto calderas (áreas de trabajo)	100
Sala de operaciones	500	Cuarto ventiladores	50
Sala dental	300	Cuarto grupos motor-generator	50
Dispensario	300	Cuartos de generación y tableros de control	100
Sala de enmendados	50	Cuarto de montacargas	50
Oficina mecánica	200	Tableros de control, iluminación vertical:	
Sala de espaldas	100	Parte alta	300
TIRO AL BLANCO		A 90 cm desde el piso	100
Sobre el blanco	500	Cuarto del mecanismo del timón	50
Línea de tiro	100	Cuarto de bombas	10
Area intermedia	50	Tablero de medición y control (iluminación vertical)	
Cabina de radio, vestíbulo pasajeros	100	Sobre medidores	300
Mostrador para pasajeros oficina sobrecargo	200	Túnel del eje	30
Areas de navegación		Bodega seca para cargamento (unidad de iluminación permanente)	10
Timonera (sobre el puente de mando)		Carga y descarga de cargamento refrigerado	30
Cuarto de mapas		Talleres	200
Sobre mesa de mapas y cartas de navegación	50	Sobre trabajo	500
Cuarto del radar	50	Escotilla de la bodega	
Cuarto de giroscopios	50	Area sobre escotilla	50
Cabina de radio	100	Area adyacente a la cubierta	30

<b>CARROS DE FERROCARRIL PARA CORREO</b>	
Bultos de correo y cajas para cartas	300
Almacenaje correo	150
<b>CARROS DE FERROCARRIL PARA PASAJEROS</b>	
Escritura y lectura	
General	200
Sobre escritorio	500
Sección baños	
General	150
Especios	300
Sanitarios	50
Carro comedor	150
Cantina	100
Areas sociales	200
Escalones y puertas	100
<b>TRANVIAS Y TROLEBUSES</b>	300
<b>TIRO AL PICHON</b>	
Blancos, a 50 mts	300
Línea de tiro, general	100
<b>VOLIBOL</b>	
Torneo	200
Recreativo	100
<b>WATER POLO</b>	
Torneo	300
Club	200
Recreativo	100

PARA LOS CENTROS DE TRABAJO QUE NO ESTEN DENTRO DE LA TABLA, SE RECOMIENDA UN SIMIL DE ACTIVIDADES PARA SELECCIONAR EL NIVEL DE ILUMINACION Y EN LOS CASOS DONDE EL NIVEL DE ILUMINACION REBASE LOS MIL LUXES, SE RECOMIENDA APLICAR LOS VALORES ESTABLECIDOS EN ESTA TABLA

**NOTA:**

f. ALUMBRADO ESPECIAL, TAL QUE (1) EL AREA SEA LO SUFICIENTEMENTE GRANDE PARA CUBRIR COMPLETAMENTE LA SUPERFICIE QUE ESTA SIENDO INSPECCIONADA Y (2) LA BRILLANTEZ DEBERA ESTAR DENTRO DE LOS LIMITES NECESARIOS PARA OBTENER CONDICIONES DE CONTRASTES CONFORTABLES ESTO IMPLICA EL USO DE FUENTES LUMINOSAS DE GRAN AREA Y RELATIVA BAJA BRILLANTEZ DE LA FUENTE LUMINOSA SE CONSIDERE COMO UN FACTOR PRINCIPAL EN VEZ DE LOS LUXES PRODUCIDOS EN UN PUNTO CONSIDERADO.

PARA CUMPLIR CON LOS NIVELES DE ILUMINACION ESTABLECIDOS EN LA TABLA ANTERIOR, SE PUEDE OBTENER CON LA COMBINACION DEL ALUMBRADO GENERAL MAS EL ALUMBRADO COMPLEMENTARIO.

## SECRETARIA DE LA REFORMA AGRARIA

**NOTIFICACION** por edictos, sobre dotación de tierras del poblado El Rincón, Municipio de San Juan Lachigalla, Distrito de Ejutla, Oax.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de la Reforma Agraria.- Delegación Estatal.- Oaxaca, Oax.

**EDICTO**

Carlos González Jarquín, Herminia González, Francisco González Jarquín, Felimón Altamirano, Jerónima Méndez Alonso, Feliciano Altamirano e Isidora González, propietarios de fracciones del predio Ex-hacienda del Rincón, y/o quien legalmente los represente

Feliciana Ríos, Susana Ríos, Ernesto García, Anastacio Altamirano, Feliciano Altamirano, Marcelino Rodríguez, Hermelindo Vásquez, María Ogarrio, Feliciano Ríos J, Guadalupe Altamirano, Anastacia Altamirano, Pipino Rodríguez y Camilo Altamirano, propietarios de fracciones del predio Ex-Hacienda de Xagua, y/o quien legalmente los represente

En esta Delegación Agraria, se tramita expediente número 23/31626 sobre dotación de tierras que promueven campesinos del poblado El

Rincón, Municipio de San Juan Lachigalla, Distrito de Ejutla, Estado de Oaxaca conforme a la solicitud de fecha 6 de mayo de 1967, y la investigación practicada el 12 de marzo de 1985 por el ciudadano ingeniero Abdías Benítez Colón, acerca de la situación que prevalece sobre sus predios mismos que se encuentran ubicados en jurisdicción municipal de San Juan Lachigalla, éste informó que parte de la superficie de dichos predios se encontraron inexplorados por más de dos años consecutivos sin causa justificada en el periodo comprendido de diciembre de 1982 a marzo de 1985, lo que contraviene lo dispuesto por el artículo 251 de la Ley Federal de Reforma Agraria, motivo por el cual se le tiene como presunto afectable, el precitado artículo tiene vigencia en los términos de los artículos terceros transitorios del Decreto que reformó el artículo 27 Constitucional y de la Ley Agraria en vigor En cumplimiento al artículo 304 de la Ley Federal de Reforma Agraria y con apoyo además en el artículo 315 del Código Federal de Procedimientos Civiles aplicado supletoriamente al caso, por ignorarse sus domicilios, se les notifica por este medio para que en un término de 45 días



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

*CURSOS INSTITUCIONALES*

*INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS*

*Del 8 al 19 de abril de 1996*

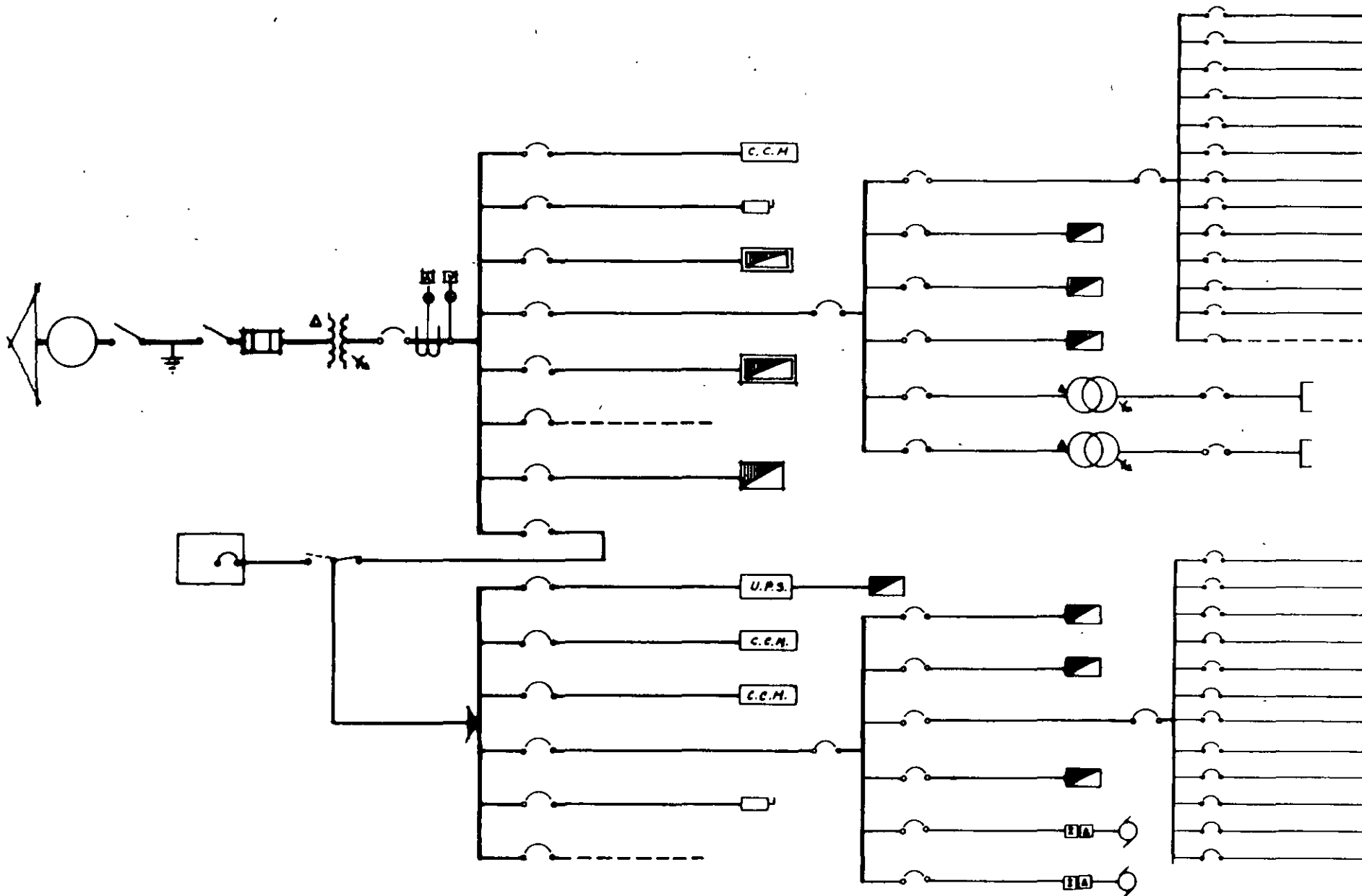
*DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL*

**DIAGRAMAS UNIFILARES**

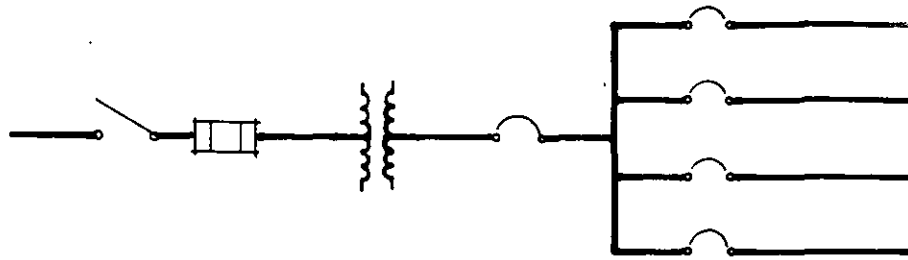
*Ing. Salvador Antúnez Cuevas  
Arq. Esteban Izquierdo Reséndiz  
México, D.F.*

1996

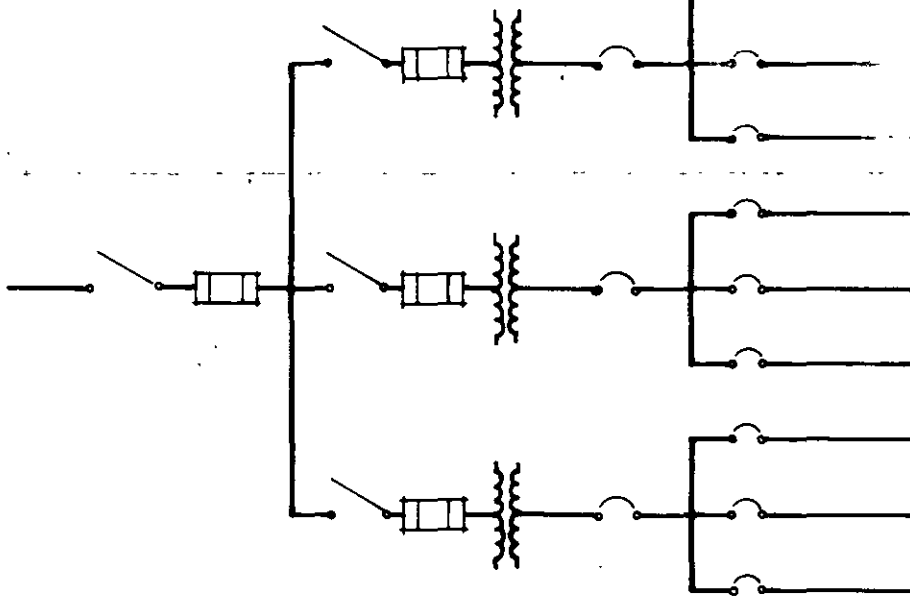
# DIAGRAMA UNIFILAR



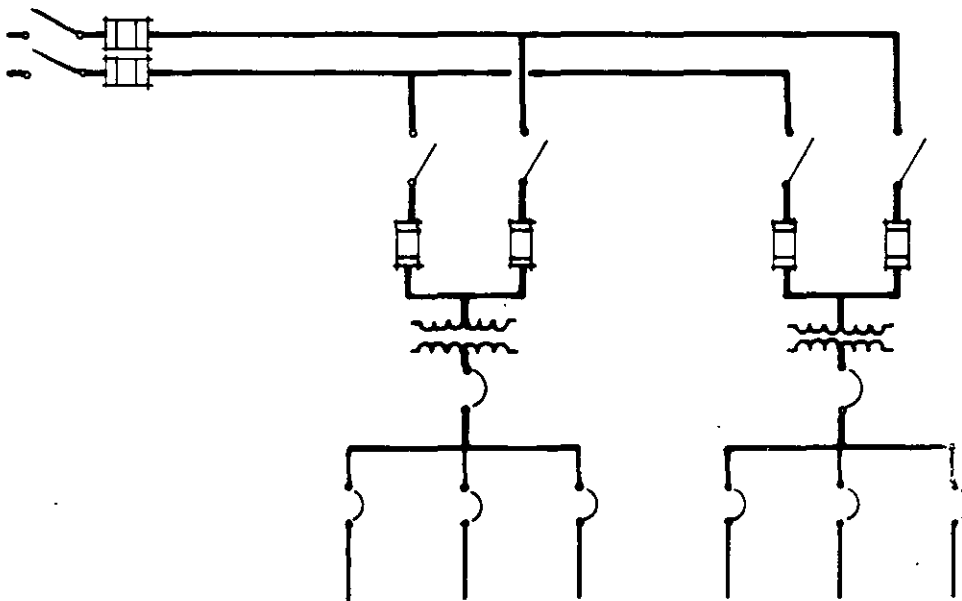
**1.- SISTEMA RADIAL SIMPLE.**



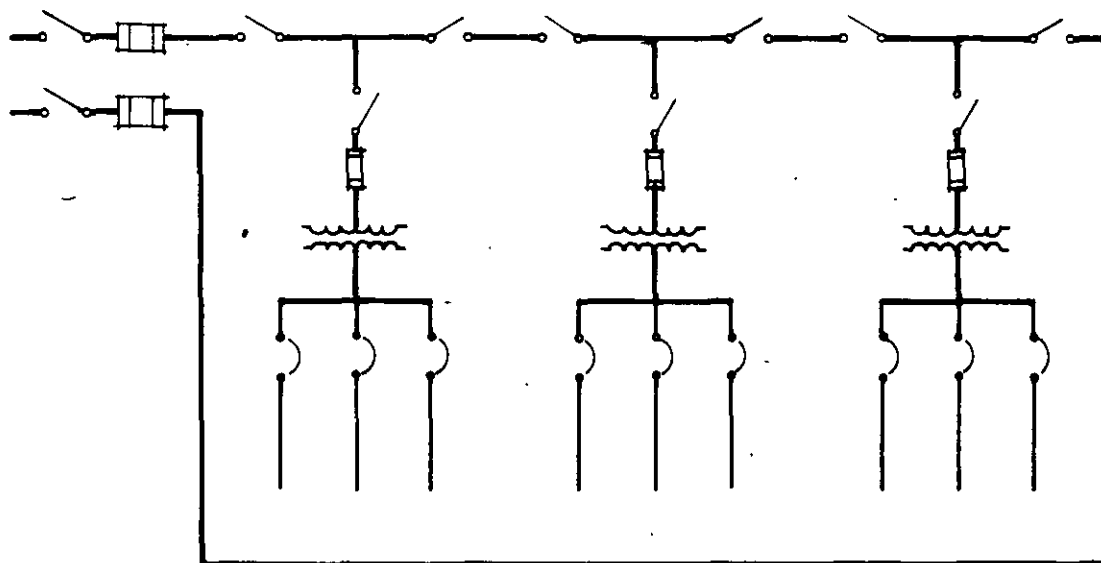
**2.- SISTEMA RADIAL EXPANDIDO**



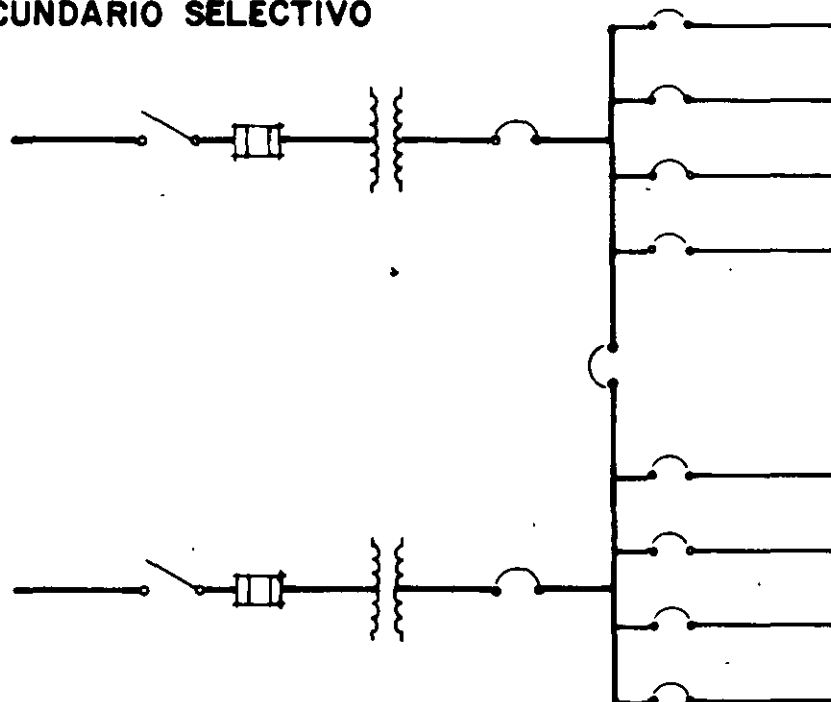
**3.- SISTEMA PRIMARIO SELECTIVO**



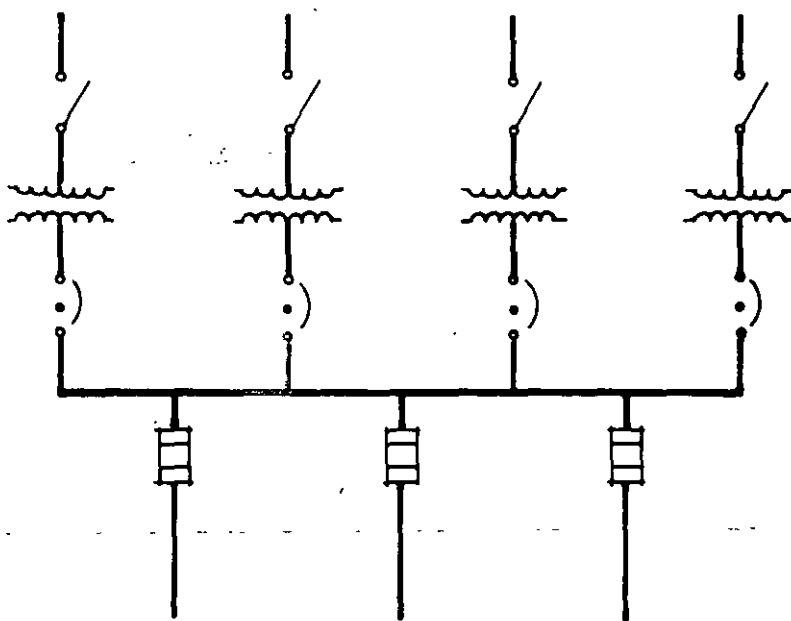
#### 4.- SISTEMA PRIMARIO EN ANILLO



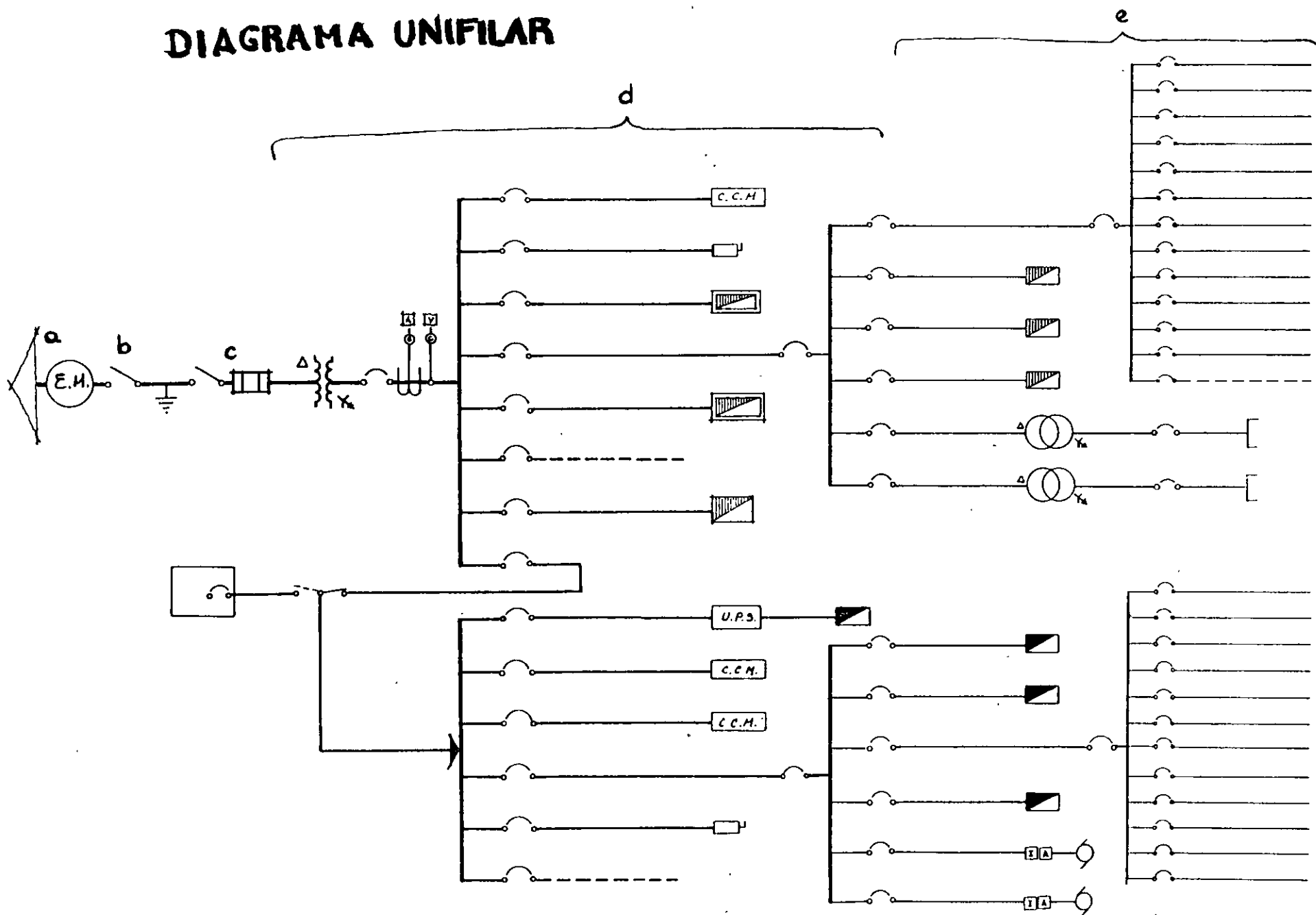
#### 5.- SISTEMA SECUNDARIO SELECTIVO



**6.- SISTEMA SECUNDARIO EN RED CON PROTECTORES.**

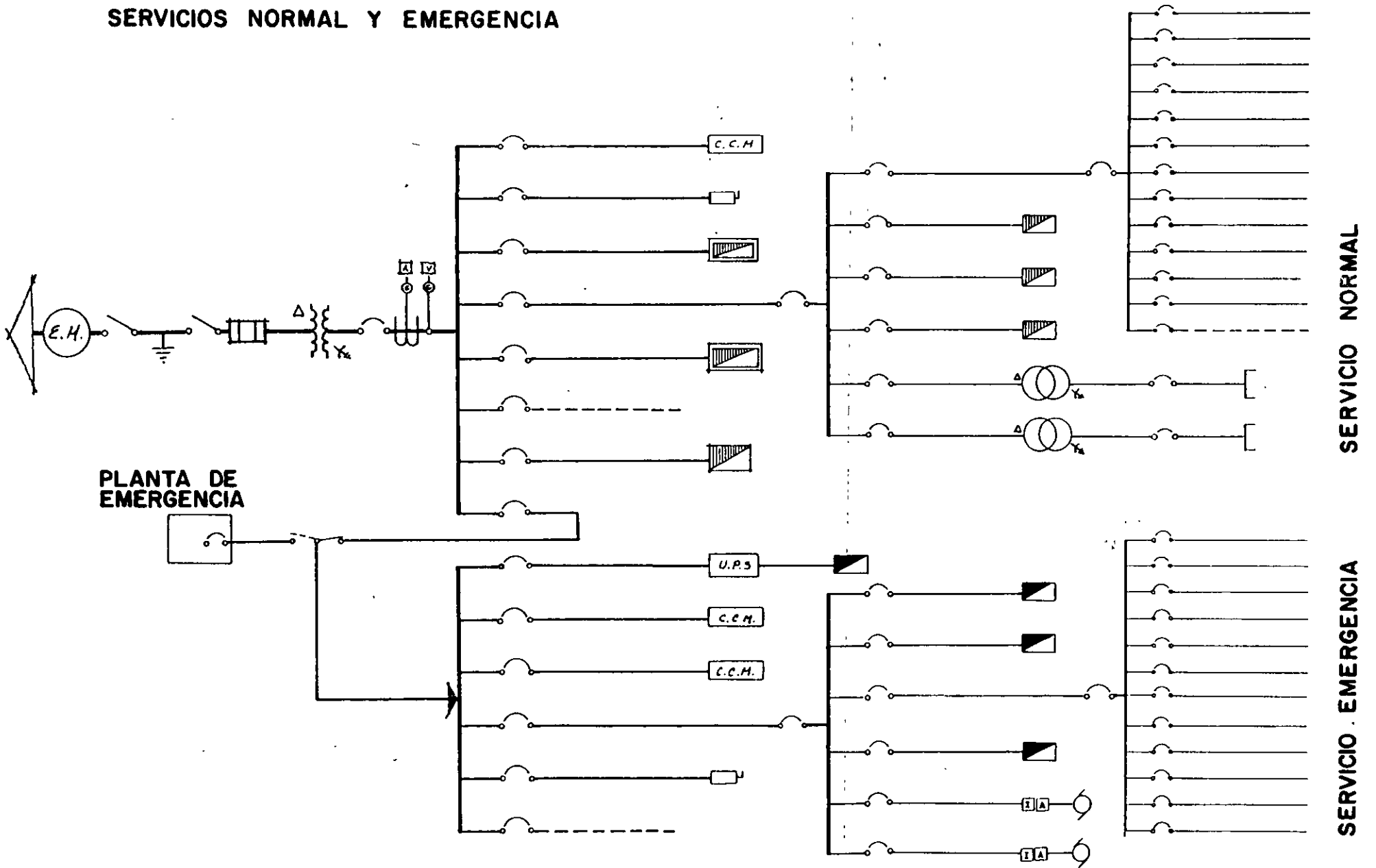


# DIAGRAMA UNIFILAR

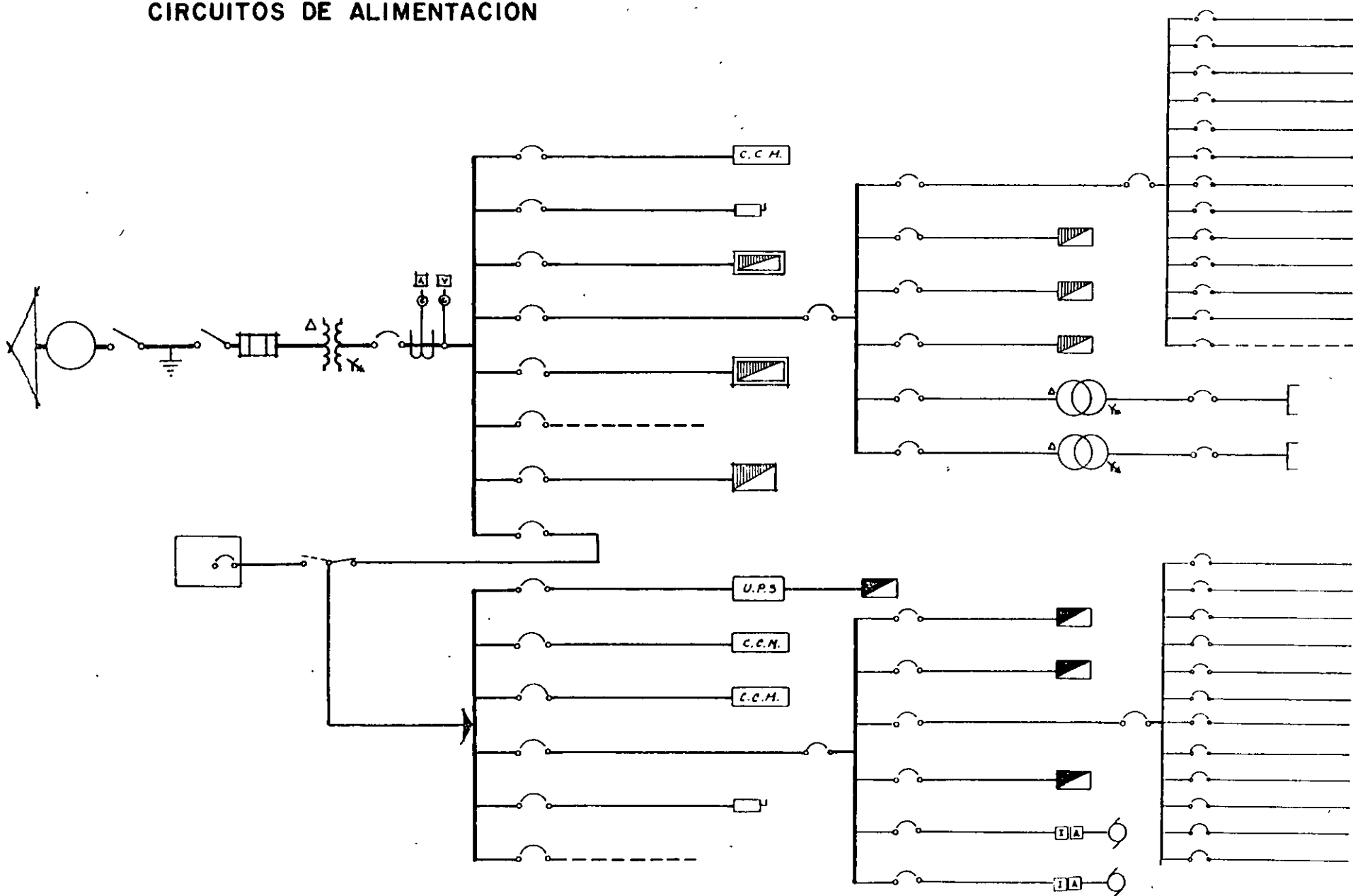




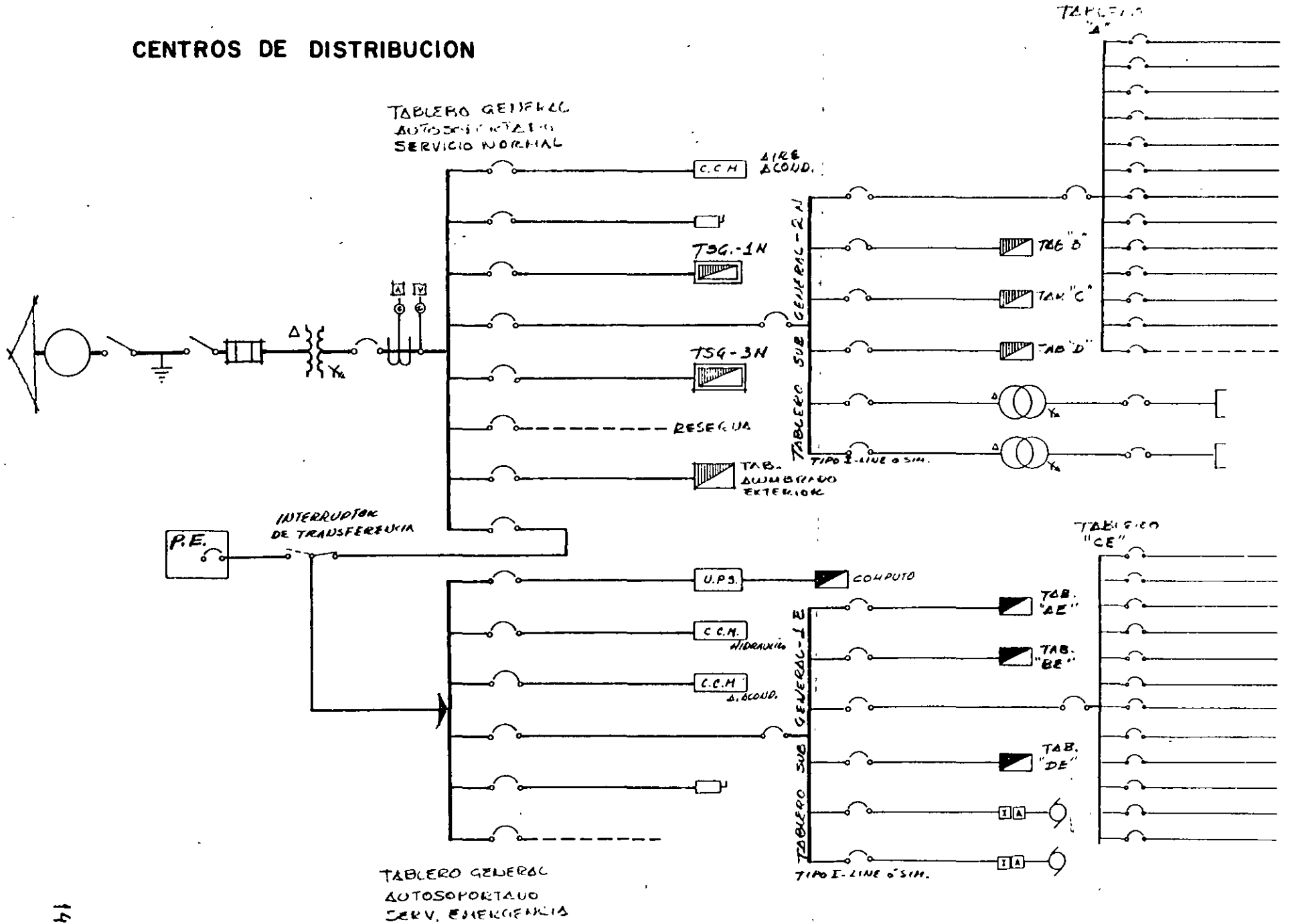
# SERVICIOS NORMAL Y EMERGENCIA



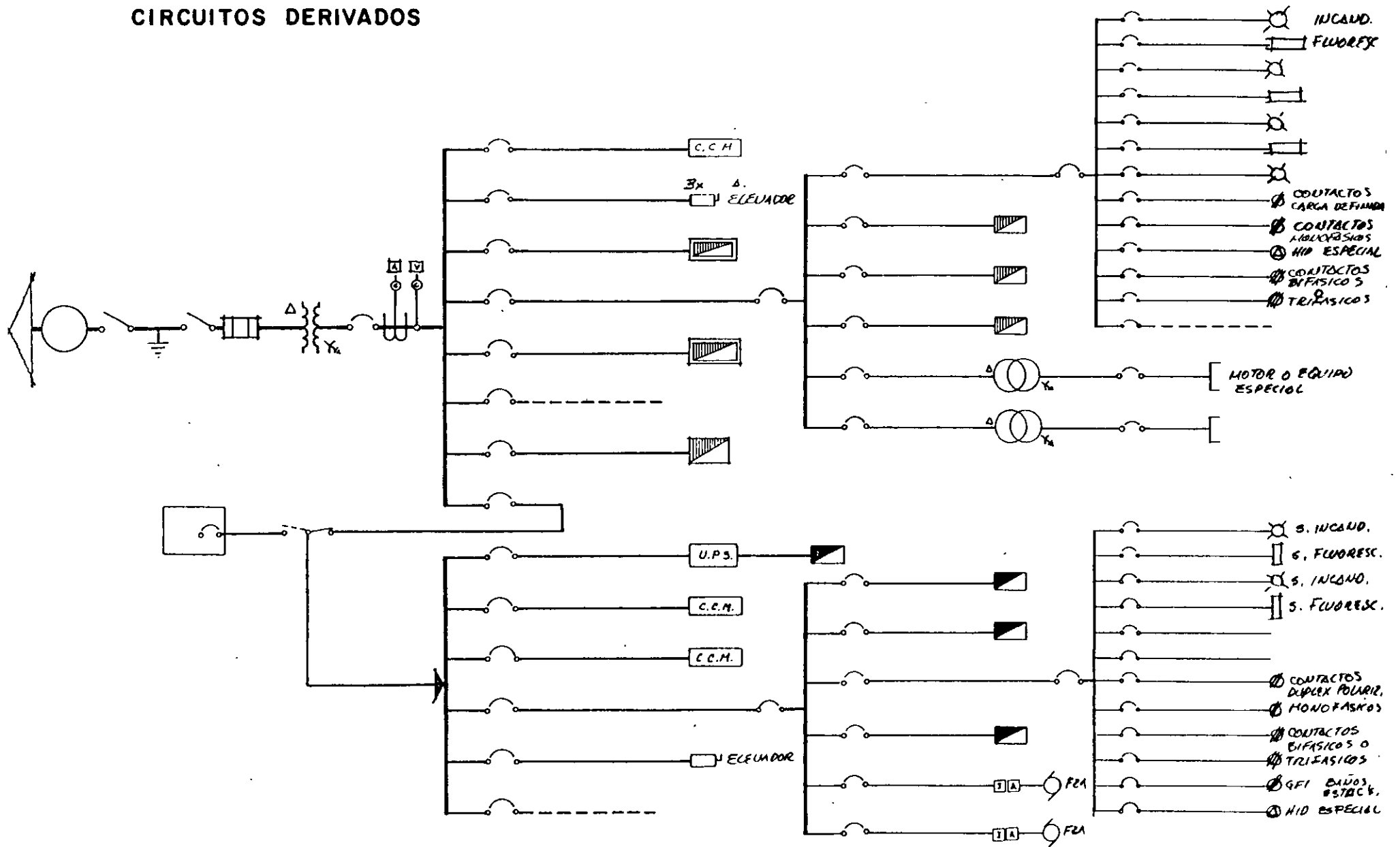
# CIRCUITOS DE ALIMENTACION

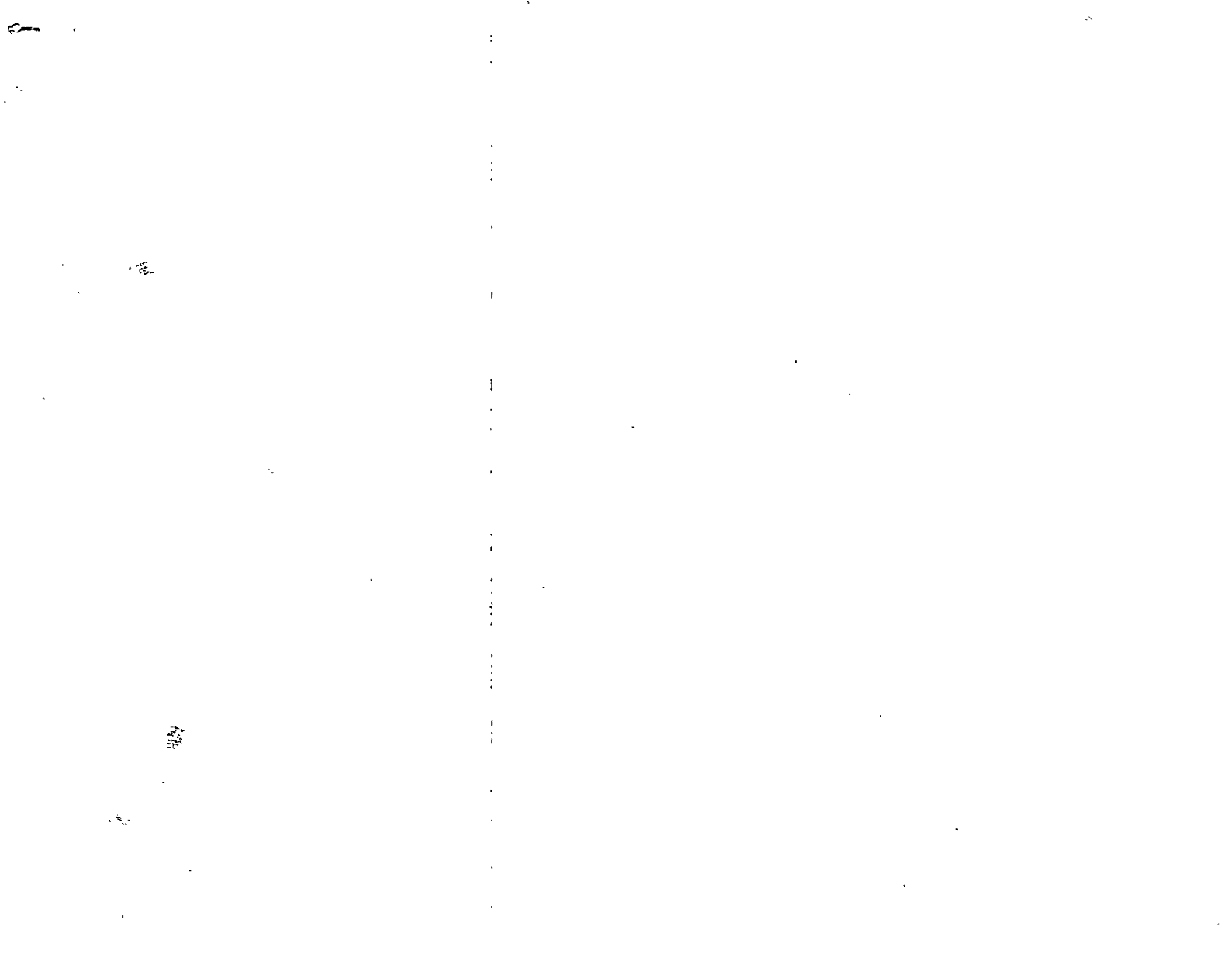


# CENTROS DE DISTRIBUCION



# CIRCUITOS DERIVADOS





## SISTEMAS DE CARGAS

Antes de abordar el tema de cargas como sistemas, conviene retomar de la normatividad las definiciones genéricas de las mismas:

*Carga eléctrica:* Potencia que demanda, en un momento dado, un aparato o máquina o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico. (La carga puede variar en el tiempo, dependiendo del tipo) (NTIE-81-101)

*Carga conectada:* La suma de las potencias nominales de las máquinas y aparatos que consumen energía eléctrica, conectados a un circuito o sistema. (NTIE-81-101)

*Carga continua:* Carga cuya corriente máxima se mantiene durante 3 horas o más. (NOM-001-SMIP-94 Art. 100)

Conociendo así la definición de cargas, podemos desarrollar los tres tipos más comunes de Sistemas de cargas en los edificios: alumbrado, contactos y fuerza.

### 1.- Sistemas de Alumbrado

Con el descubrimiento de la electricidad y luego de fuentes de iluminación eléctricas, se acelera más el ritmo de vida ciudadano. Se prolongan las actividades del día a la noche aún habiéndose ocultado el sol. Pero también se descubre que no cualquier tipo de iluminación artificial eléctrica es adecuada para cualquier tipo de actividad.

El ojo humano reacciona ante los cambios bruscos de iluminación y realiza esfuerzos antinaturales con iluminaciones inadecuadas, reflejos molestos, brillos, parpadeos de lámparas, colores emitidos, etc.

El adecuado diseño de la iluminación debe resolver esos problemas y así, dando mejores condiciones al ojo, resolverá problemas de salud y una producción en el trabajo mayor.

Para lograr esto, es conveniente dar primero los conceptos básicos de iluminación:

- 1.1 *Flujo luminoso:* Su unidad es el lumen y se define como la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo de 1 segundo.
- 1.2 *Iluminación:* Definida como el flujo luminoso por unidad de superficie. Su unidad es el lux (E) pudiendo encontrar sus valores mediante la expresión  $E = \text{lúmenes} / \text{área}$ .
- 1.3 *Intensidad luminosa:* Unidad fotométrica de referencia siendo la "candela" (CD) cuyo patrón es una superficie de  $1.66 \text{ mm}^2$  de platino llevada a la temperatura de fusión de  $1769 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- 1.4 *Luminancia o brillantez*: Es la intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una superficie luminosa o iluminada (fuente secundaria de luz). Expresa el efecto de la luminosidad que una superficie produce sobre el ojo humano. Se mide en candelas/m<sup>2</sup>=L, o también en CD7cm<sup>2</sup>, por ejemplo una lámpara fluorescente = 0.5-4 cd/cm<sup>2</sup> y una lámpara incandescente = 200-100 cd/cm<sup>2</sup>
- 1.5 *Eficiencia luminosa (E)*: Es la relación entre el flujo luminoso y la potencia absorbida por la luminaria. E=lumen/watt.

Analizar estos elementos así como los efectos psicológicos y fisiológicos sería tema de todo un curso de iluminación por lo que solo haremos mención, y para fines prácticos se determinará un sistema general de alumbrado únicamente.

#### 1.6 *Fuentes luminosas.*

- a.- *Incandescentes*: Lámparas que producen iluminación por radiación debido a elevación de temperatura al hacer pasar energía eléctrica en un filamento de tungstano en espiral simple o doble. Para evitar que se queme este filamento, se encierra en una bombilla o bulbo de vidrio creando vacío para pequeñas potencias o gas inerte, argón, criptón u otros, para mediana o de gran potencia.
- b.- *Fluorescentes*: Debida al bombardeo eléctrico sobre ciertas sustancias en el interior de un tubo de vidrio. estas descargas eléctricas excitan el gas de vapor de mercurio y un poco de argón, generando una radiación dentro del campo de la luz ultravioleta. Esta radiación, en contacto con la sustancia fluorescente adherida a la pared interna del tubo de vidrio, se transforma en energía luminosa visible.
- c.- *Descarga en gas*: Comprende desde lámparas de vapor de mercurio o sodio, como también los tubos empleados para anuncios luminosos. En esta serie de lámparas el principio es también el de una descarga mediante arco eléctrico que excita molecularmente el gas que se encuentra dentro del bulbo o tubo de vidrio.

Los procesos tecnológicos en materia de lámparas se acerca cada vez más al ideal de equiparse con la luz natural. Es necesario contar con catálogos actualizados de fabricantes para elegir la que mejor convenga a nuestros diseños.

- 1.7 *Luminarias*: En la mayoría de las ocasiones hacemos mención de lámparas o luminarias indistintamente, pero debe de entenderse que lámpara es la fuente luminosa o generadora de energía lumínica y la luminaria es el gabinete completo o aparato de iluminación que contiene a la lámpara y que debido a sus características formales nos dirigirá el haz luminoso

emitido por la lámpara, en ocasiones tendrá también elementos para filtrar y controlar el flujo luminoso.

La luminaria comprende los elementos necesarios para fijar y proteger mecánicamente a la lámpara o lámparas y para recibir el circuito de alimentación, básicamente.

a.- *Reflectores*: Luminaria que sirve para modificar la dirección de la luz. Se construyen según se requiera el haz lumínico, paralelo o concéntrico. El rendimiento de los reflectores varía entre 70 y 80% en relación al flujo emitido y el utilizable.

b.- *Difusores*: Son elementos para atenuar efectos deslumbrantes de las fuentes luminosas y están constituidos básicamente por cubiertas de vidrio de diferentes acabados, o bien en material plástico, logrando una distribución de la luz uniforme en la dirección diseñada. Parte del flujo luminoso emitido se absorbe en el mismo material (10 a 20%) siendo el restante el difundido.

Cada fabricante de luminarias debe aportar al cliente las características de distribución de cada luminaria, una de estas características es el reporte fotométrico, que nos indica los ángulos donde la intensidad luminosa es más intensa o menos intensa, con respecto al eje de la luminaria.

### 1.8 Tipos de Iluminación:

Con respecto a la distribución del flujo luminoso emitido por una luminaria referido a un plano vertical, podemos clasificar a las distintas luminarias en el mercado en 5 tipos:

- a) *Iluminación directa*: Cuando el flujo luminoso emitido hacia abajo la mayor parte, de un 90 a 100% y de 0 a 10% se absorbe o se dirige hacia arriba.
- b) *Semidirecta*: La emisión hacia abajo es de 60 a 90% y hacia arriba del 10 al 40% el restante.
- c) *General difusa*: Se distribuye uniformemente hacia arriba y hacia abajo, de 40 a 50% y 50 a 60% respectivamente.
- d) *Semi-indirecta*: Invertiendo el flujo hacia arriba en un 60 a 90% y el 40 a 10% restante hacia abajo.
- e) *Indirecta*: El contrario que la directa, casi todo el flujo luminoso es hacia arriba, de 90 a 100%.



## 1.9 Iluminación de interiores

Generalmente se manejan tres conceptos: Iluminación general, iluminación localizada e iluminación suplementaria.

La iluminación general, también llamada por algunos ambiental, es donde las luminarias se ubican de tal manera que se obtiene un nivel de iluminación uniforme en cualquier punto, normalmente se disponen en plafón, equidistantes una de otra.

La iluminación localizada se refiere a la iluminación de áreas limitadas, donde las luminarias se localizan en la proximidad de los puntos por atender. También llamada de acento, será la iluminación para objetos decorativos, aparadores, vitrinas, resaltar características arquitectónicas, para dar carácter o enfatizar algo.

La iluminación suplementaria llamada también de trabajo, es aquella que las luminarias se localizan inmediatas a las mesas de trabajo o área particular donde se desarrollan actividades visuales que requieren un nivel de iluminación mayor que el que nos da la iluminación general complementándose o integrándose con esta.

## 1.10 Cálculo lumínico

- a) Determinar el nivel requerido de iluminación:

Para este punto nos referimos a la tabla de los niveles en luxes, localizando el tipo de espacio a iluminar y encontrando al rente el número de luxes. NOM-025-STPS-1994 del diario oficial de fecha 25 de mayo de 1994.

- b) Seleccionar el tipo de iluminación:

Considerando la actividad que se va a desarrollar visualmente o ambiente que se quiera lograr se buscará en catálogo de fabricantes la luminaria adecuada a las necesidades particulares de cada local.

- c) Determinar el coeficiente de iluminación (C.U.)

El C.U. es la relación de flujo luminoso que llega al plano de trabajo (76 cm.s.n.p.t.) al total del flujo emitido por las luminarias.

El C.U. toma en cuenta la eficacia y distribución de las luminarias: altura de montaje, dimensión del local, reflexión en plafón, muros y pisos.

Para determinar este coeficiente los fabricantes proporcionan una tabla para cada luminaria ya que cada una tiene características particulares. Teniendo la tabla de C.U. se localizarán las reflexiones adecuadas de plafón, muros y pisos en sentido vertical, de acuerdo al color y textura de los acabados y en el sentido horizontal debe cruzarse con un índice que, algunos fabricantes presentan con índice de local y otros con cavidad zonal, que es el más reciente.

Para encontrar el I.L se aplican las siguientes fórmulas:

Relación de local (R.L.) =  $(a \times 1)/h(a + 1)$  para tipo de iluminación directa en general difusa.

Relación de local (R.L.) =  $3(a + 1)/2h(a + 1)$  para indirectos.

El valor encontrado representa el valor de la R.L. y las tablas de C.U. se basan en el punto central de cada una de estas relaciones, mismas que localizamos en las siguientes tablas:

Valor de las relaciones del local

<b>Índice de local</b>	<b>Relación de local</b>	
	<b>Valor directo</b>	<b>Punto central</b>
A	- de 0.7	0.60
B	0.7 a 0.9	0.80
C	0.9 a 1.12	1.00
D	1.12 a 1.38	1.25
E	1.38 a 1.75	1.50
F	1.75 a 2.25	2.00
G	2.25 a 2.75	2.50
H	2.75 a 3.50	3.00
I	3.50 a 4.50	4.00
J	+ de 4.50	5.00

Encontrando el valor del punto central en número, también se encuentra horizontalmente el Índice de Local en letra y consultando la tabla para coeficiente de utilización encontraremos su valor.

d) Estimar el factor de mantenimiento (F.M.)

Este factor de mantenimiento o conservación se clasifica en 3:

*Bueno:* Cuando las condiciones atmosféricas son limpias, las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se reponen por el sistema de restitución en grupos.

*Medio:* Cuando las condiciones atmosféricas son menos limpias, las luminarias se limpian esporádicamente y solo se reponen las lámparas cuando se funden.

*Malo:* Cuando la atmósfera es bastante sucia y la instalación tiene una conservación deficiente. Las lámparas se cambian hasta que es muy notoria la falta de varias.

Normalmente el valor de este factor lo dan los fabricantes junto con la información técnica de cada luminaria y coeficiente de utilización.

e) Cálculo de número de luminarias.

Podemos encontrar este número por la siguiente expresión:

$$\# \text{ luminarias} = \frac{\text{área} \times \text{luxes}}{\text{C.U.} \times \text{F.M.} \times \text{Lumenes de c/luminaria}}$$



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

***CURSOS INSTITUCIONALES***

**INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS**

**Del 8 al 19 de abril de 1996**

**DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**

**TEMA. CONDUCTORES ELECTRICOS**

**MEXICO, D.F.  
1996**

## CONDUCTORES ELECTRICOS

### 1.- DESCRIPCION, CARACTERISTICAS

1.1.- Se define como conductor eléctrico a los materiales que permiten el paso de la corriente eléctrica con una resistencia aceptable económicamente, para el caso de las instalaciones eléctricas.

El art. 100 de las NOM-001-SEMP-1994 definen varios conductores en instalaciones eléctricas:

**CONDUCTOR AISLADO.** Conductor aislado con un material y espesor aceptado por esta NOM.

**CONDUCTOR DESNUDO.** Que no tiene cubierta ni aislamiento eléctrico de ninguna especie.

**CONDUCTOR NEUTRO.** Conductor del Sistema o circuito que está puesto a tierra intencionalmente.

**CONDUCTOR ACTIVO.** Conductor de un circuito que normalmente tiene una diferencia potencial con respecto a tierra. (NTIE081).

y otras definiciones sobre conductores de uso específico que son remitidos a cada sección particular sobre su uso.

### 1.2.- Características Materiales.

"310-2-(b).- Los conductores de este artículo (Conductores de Uso General), deben ser de aluminio, aluminio con recubrimiento de cobre o de cobre, a menos que se especifique otra cosa"

Por su economía como conductores de electricidad, el cobre y el aluminio son los materiales más comunes en la fabricación de conductores.

CARACTERISTICAS	COBRE	ALUMINIO
Peso específico ( $\text{g/cm}^3$ )	8.9	2.7
Conductividad eléctrica	100.00	61.0
Resistividad a 20°C ( $\text{ohm/m/mm}^2$ )	0.0172	0.03
Tensión de Ruptura ( $\text{Kg/cm}^2$ )	31.0	18.0

### 1.3.- Configuración Física

Los conductores eléctricos se fabrican físicamente de las siguientes formas:

Alambre: formado por un solo hilo sólido de sección circular.

Cable: formado por varios hilos en formación geométrica unidos.

Cordón: formado por varios hilos reunidos al azar.

Solera: formado por una barra sólida de sección rectangular.

Los conductores se fabrican y venden desnudos y aislados.

Los conductores desnudos generalmente tienen aplicación en líneas aéreas en el exterior de edificios o para sistemas de tierras.

Los conductores aislados, por lo común, se emplean en el interior de los edificios.

### 1.4.- Dimensión de los conductores.

Esta es determinada por la sección transversal de los mismos en  $\text{mm}^2$  y se encuentra en el mercado de materiales con las siglas AWG, nomenclatura del inglés "American Wire Gauge", desde calibre muy pequeños hasta el 4/0 y para mayores con las siglas MCM, también del inglés -- Mil Circular mills, usadas en Estados Unidos, donde está basado en un círculo de 1/1000 de pulgada de diámetro (1 c.m.).

## 2.- AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

El aislamiento en los conductores tendrá por objetivo confinar la corriente y campo eléctrico en la masa del conductor. Debe ser un material de muy baja conductividad

Los factores a considerar por la adecuada selección de un aislamiento son los que están en función de su uso o aplicación:

- Tensión de operación,
- Temperatura ambiente
- Temperatura operacional
- Condición mecánica
- Humedad ambiental
- Ubicación interna o externa
- Agentes solventes u otros
- Químicos presentes.

### 2.1.- Materiales Aislantes

En la elaboración de los conductores eléctricos se aplican, para el aislamiento, 3 materiales básicos para otras tantas tensiones de operación:

- Elastómeros                      E.P. (etileno-propileno)                      5.0 al 115.0 KV
- Termoplásticos                      P.V.C. (policloruro de vinilo)                      hasta 1.0 KV
- Termofijos                      XLP (Polietileno de cadena cruzada)                      0.6 a 115 KV

Siendo de los más comunes dentro de las Instalaciones en los Edificios los Termoplásticos para tensiones hasta 600 volts.

### 3.- USOS Y APLICACIONES

Los Aislamientos están definidos por Literales, iniciales de la palabra en - - inglés para el uso en que es aplicable, por ejemplo:

Tipo	Material y características:	Aplicación	Temp. Máx. de Op.
R	Hule	Ambiente seco	60°C
RH	Hule resistente al calor	Ambiente seco	75
RHH	Hule resistente a temperatura alta	Ambiente seco	90
RHW	Hule resistente a calor y medio agresivo	Ambiente seco y húmedo	75
T	Termoplástico	Ambiente seco	60
TH	Termoplástico resistente al calor	Ambiente seco	75
THW	Termoplástico resistente al calor y medio agresivo	Ambiente seco y húmedo	75
THWN	Termoplástico con cubierta de Nylon resistente a ambiente agresivo	Ambiente seco y húmedo	75

La NOM-001-SEMP-1994 publicó las tablas que regirán las características que deben guardar los conductores, en su capítulo tercero.

**Tabla 310 - 13 Conductores - Aislamientos y Usos**

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Area de la sección transversal mm <sup>2</sup> (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm		Cubierta exterior	
Etileno Propileno Fluorado	FEP	90	Lugares secos o húmedos	Etileno Propileno	2.082 - 5.260	0.51			
	FEPB	90		Fluorado	8.367 - 33.620	0.76		Ninguna	
		200	Lugares secos - Aplicaciones especiales #	Etileno Propileno	2.082 - 8.367	0.36		Malla de fibra de vidrio	
				Fluorado	13.300 - 33.620	0.36		Malla de material adecuado	
Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama.	MTW ##	60	Alambrado de máquinas herramientas en lugares mojados (Véase Artículo 670)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama.	0.32 - 3.307 (22 - 12)	0.76	0.38	(A) Ninguna.	
					5.26 (10)	0.76	0.511		
					8.367 (8)	1.14	0.76		
					13.30 (6)	1.52	0.76		
			90	Alambrado de máquinas herramientas en lugares secos (Véase Artículo 670)		21.5 - 33.62 (4 - 2)	1.52	1.02	(B) Cubierta de nylon o equivalente
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	1.27		
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	1.52		
					304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79	1.78		

- \* Algunos aislamientos no requieren cubierta exterior
- # Cuando las condiciones ambientales requieren temperaturas máximas de operación mayores de 90°C.
- ## Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, permite agregar a la denominación del Tipo el sufijo LS. (Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10)

**Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 1)**

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Area de la sección transversal mm <sup>2</sup> (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm		Cubierta exterior
Polímero Sintético o de cadena cruzada resistente al calor.	RHH ##	90	Lugares secos o húmedos	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	2.082 - 3.307 (14 - 12)	0.76 **		Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama *
					5.26 (10)	1.14		
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	1.52		
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03		
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41		
					304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.70		
					633.3 - 1 013.6 (1 250 - 2 000)	3.18		

- \* Algunos aislamientos no requieren cubierta exterior
- \*\* Para el Tipo RHH en áreas de secciones transversales de 2.082 a 3.307 mm<sup>2</sup> (14 - 12), el espesor nominal de aislamiento debe ser de 1.14 mm.
- ## Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, permite agregar a la denominación del Tipo el sufijo LS. (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10)

**Tabla 3**



**Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 2)**

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Area de la sección transversal mm <sup>2</sup> (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad	RHW ##	75	Lugares secos y húmedos  (Para más de 2 000 V, el aislamiento debe ser resistente al ozono)	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad	2 082 - 5 260 (14 - 10)	1.14	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. *
					8 367 - 33.62 (8 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
					304 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79	
633.3 - 1 013.6 (1 250 - 2 000)	3.18						
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad.	RHW - 2 ## ¶	90	lugares secos y húmedos	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y humedad	2 082 - 5.26 (14 - 10)	1.14	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. *
					8 367 - 33.62 (8 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
					304 - 506.8 (600 - 1 000)	2.79	
633.3 - 1.013.6 (1 250 - 2 000)	3.18						

\* Algunos aislamientos no requieren cubierta exterior

## Cuando el aislamiento y la cubierta exterior cubren los requerimientos de no propagación de incendio, de emisión reducida de humos y gas ácido, permite agregar a la denominación del Tipo, el sufixo LS. (Debe cumplir con las pruebas correspondientes de la Norma NOM - J - 10)

¶ Los Tipos designados con el sufixo "-2", por ejemplo THW-2, se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90° C, en ambiente mojado o seco.

**Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 3)**

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Area de la sección transversal mm <sup>2</sup> (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
Silicón-FV	SA	90	Lugares secos y húmedos	Hule Silicón	2 082 - 5 260 (14 - 10)	1.14	Malla de fibra de vidrio u otro material equivalente.
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
					304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79	
633.3 - 1 013.6 (1 250 - 2 000)	3.18						
Polímero sintético resistente al calor.	SIS ##	90	Alambrado de tableros	Polímero sintético de cadena cruzada resistente al calor.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna
					8.367 (8)	1.14	
					13.30 - 33.62 (6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
Termoplástico para tableros	TT	90	Alambrado de tableros	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio y de emisión reducida de humos y gas ácido	0 5191 - 5.260 (20) - 10)	0.76	Ninguna.
Politetra - fluoroetileno.	TFE	250	Lugares secos. Solo para conexiones dentro de aparatos o en canalizaciones	Politetra - fluoroetileno.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.51	Ninguna.
					8.367 - 33.62 (8 - 2)	0.76	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	1.14	

**Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 4)**

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	TW *	60	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
					8.367 (8)	1.14	
					13.30 - 33.62 (6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79						
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	THW * &	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
		90	Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1 000 V o menos en circuito abierto y a áreas de secc. transversales de 2.082 a 8.367 mm2 (14 - 8AWG)		8.367 (8)	1.14	
					13.30 - 33.62 (6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
304.0 - 506.7	2.79						
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	THW - LS * &	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
		90	Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1 000 V o menos en circuito y a áreas de las secciones transversales de 2.082 a 8.367 mm2 (14 - 8)		8.367 (8)	1.14	
					13.30 - 33.62 (6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79						

\* Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10.

& Los Tipos designados con el sufijo "- 2", por ejemplo THW - 2, se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90 °C, ambiente mojado o seco.

**Tabla 310 - 13.-Conductores - Aislamientos y Usos (Continuación 5)**

Nombre genérico	Tipo	Temperatura máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Area de la sección transversal mm2 (AWG-kCM)	Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	THHW * &	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
					8.367 (8)	1.14	
					13.30 - 33.62 (6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79						
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	THHW-LS * &	75	Lugares mojados	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio.	2.082 - 5.260 (14 - 10)	0.76	Ninguna.
		90	Lugares secos		8.367 (8)	1.14	
					13.30 - 33.62 (6 - 2)	1.52	
					42.41 - 107.2 (1 - 4/0)	2.03	
					126.7 - 253.4 (250 - 500)	2.41	
304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.79						

**Norma Oficial NOM-001-SEMP-1994**

incendio, y de emisión reducida de humos y gas ácido.				incendio, y de emisión reducida de humos y gas ácido	(6 - 2) 42.41 - 107.2 (1 - 4/0) 126.7 - 253.4 (250 - 500) 304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	2.03  2.41  2.79				
				Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	THWN & 75	Lugares secos y mojados	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	2 082 - 3.307 (14 - 12)	0.38	Cubierta de nylon o equivalente.
								5.26 (10)	0.51	
								8.367 - 13 30 (8 - 6)	0.76	
21 15 - 33 62 (4 - 2)	1.02									
42 41 - 107 2 (1 - 4/0)	1.27									
126.7 - 253.4 (250 500)	1.52									
304.0 - 506.7 (600 - 1 000)	1.78									

\* Debe cumplir con la Norma NOM - J - 10  
& Los Tipos designados con el sufijo "- 2", por ejemplo THW - 2, se permite que sean usados a una temperatura de operación continua de 90 °C, ambiente mojado o seco.

**Tabla 310-16 Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2 000 V 60°C a 90°C. No más de 3 conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30°C.**

Area de la sección transversal (mm <sup>2</sup> (AWG -kCM))	Temperaturas máximas de operación ( Véase Tabla 310 - 13 ).					
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS
	TW *	RHW *	SA, SIS, FEP *	TW *	RHW *	SA, SIS,
	UF *	THW *, THHW *	FEPB *	UF *	THW *, THHW *	RHH *, RHW-2
		THW-LS, THHW-LS	RHH *, RHW-2		THW-LS, THHW-LS	THW-2, THHW *
		THWN *, XHHW *	THW-2, THHW *		THWN *, XHHW *	THHW-LS
		USE *	THHW-LS, TT		USE *	THWN-2, THHN *
			THWN-2, THHN *			USE-2, XHHW *
			USE-2, XHHW *			XHHW-2
			XHHW-2			
	C O B R E			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.8235 (18)			14			
1.307 (16)			18			
2.082 (14)	20*	20*	25*			
3.307 (12)	25*	25*	30*	20*	20*	25*
5.260 (10)	30	35*	40*	25*	30*	35*
8.367 (8)	40	50	55	30	40	45
13.30 (6)	55	65	75	40	50	60
21.15 (4)	70	85	95	55	65	75
33.62 (2)	95	115	130	75	90	100
42.41 (1)	110	130	150	85	100	115
53.48 (1/0)	125	150	170	100	120	135
67.43 (2/0)	145	175	195	115	135	150
85.01 (3/0)	165	200	225	130	155	175
107.2 (4/0)	195	230	260	150	180	205
126.7 (250)	215	255	290	170	205	230
152.0 (300)	240	285	320	190	230	255
177.3 (350)	260	310	350	210	250	280
202.7 (400)	280	335	380	225	270	305
253.4 (500)	320	380	430	260	310	350
304.0 (600)	355	420	475	285	340	385
380.0 (750)	400	475	535	320	385	435
506.7 (1 000)	455	545	615	375	445	500
<b>FACTORES DE CORRECCION</b>						
Temperatura ambiente °C	Para temperatura ambiente diferente de 30 °C, multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostradas arriba por el factor de corrección correspondiente en esta tabla.					
21 - 25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04
26 - 30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
31 - 35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96
36 - 40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91
41 - 45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87
46 - 50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82
51 - 55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76
56 - 60		0.58	0.71		0.58	0.71
61 - 70		0.33	0.58		0.33	0.58
71 - 80			0.41			0.41

\* La protección para sobrecorriente para conductores de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, en Los Tipos marcados con un asterisco \*, no debe exceder de:

15 A para 2.082 mm<sup>2</sup> (14), 20 A para 3.307 mm<sup>2</sup> (12) y 30 A para 5.260 mm<sup>2</sup> (10) para conductores de cobre.

15 A para 3.307 mm<sup>2</sup> (12), y 25 A para 5.260 mm<sup>2</sup> (10) para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre, después de que se han aplicado los factores de corrección por temperatura ambiente y agrupamiento de conductores.

**Tabla 310-17 Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables mono- conductores aislados 0 a 2 000 V, al aire libre y para una temperatura ambiente de 30 °C.**

Area de la sección	Temperaturas máximas de operación ( Véase Tabla 310 - 13 ).			60°C	75°C	90°C
	60°C	75°C	90°C			

**Norma Oficial NOM-001-SEMP-1994**

transversal mm <sup>2</sup> (AWG -kCM)	TIPOS TW * UF *		TIPOS RHW * THW *, THHW *		TIPOS SA, SIS, FEP * FEPB *		TIPOS TW * UF *		TIPOS RHW * THW *, THHW *		TIPOS SA, SIS, RHH *, RHW-2 THW-2, THHW *	
	THW-LS, THHW-LS THWN *, XHHW *		RHH *, RHW-2 THW-2, THHW *		THHW-LS, TT THWN-2, THHN *		THWN *, XHHW *		THHW-LS THWN-2, THHN *		USE-2, XHHW * XHHW-2	
	C	O	B	R	E	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE						
0 8235 (18)					18							
1 307 (16)					24							
2.082 (14)	25*		30*		35*							
3 307 (12)	30*		35*		40*	25*	30*				35*	
5 260 (10)	40*		50*		55*	35*	40*				40*	
8.367 (8)	60		70		80	45	55				60	
13 30 (6)	80		95		105	60	75				80	
21 15 (4)	105		125		140	80	100				110	
33 62 (2)	140		170		190	110	135				150	
42.41 (1)	165		195		220	130	155				175	
53.48 (1/0)	195		230		260	150	180				205	
67.43 (2/0)	225		265		300	175	210				235	
85 01 (3/0)	260		310		350	200	240				275	
107.2 (4/0)	300		360		405	235	280				315	
126.7 (250)	340		405		455	265	315				355	
152.0 (300)	375		445		505	290	350				395	
177 3 (350)	420		505		570	330	395				445	
202.7 (400)	455		545		615	355	425				480	
253.4 (500)	515		620		700	405	485				545	
304.0 (600)	575		690		780	455	540				615	
380.0 (750)	655		785		885	515	620				700	
506 7 (1 000)	780		935		1055	625	750				845	
<b>FACTORES DE CORRECCION</b>												
Temperatura ambiente °C	Para temperatura ambiente diferente de 30 °C, multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostradas arriba por el factor de corrección correspondiente en esta tabla.											
21 - 25	1.08		1.05		1.04	1.08	1.05			1.04		
26 - 30	1.00		1.00		1.00	1.00	1.00			1.00		
31 - 35	0.91		0.94		0.96	0.91	0.94			0.96		
36 - 40	0.82		0.88		0.91	0.82	0.88			0.91		
41 - 45	0.71		0.82		0.87	0.71	0.82			0.87		
46 - 50	0.58		0.75		0.82	0.58	0.75			0.82		
51 - 55	0.41		0.67		0.76	0.41	0.67			0.76		
56 - 60			0.58		0.71		0.58			0.71		
61 - 70			0.33		0.58		0.33			0.58		
71 - 80					0.41					0.41		

\* La protección contra sobrecorriente para conductores de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, en Los Tipos marcados con un asterisco \*, no debe exceder de:

15 A para 2.082 mm<sup>2</sup> (14), 20 A para 3.307 mm<sup>2</sup> (12) y 30 A para 5.260 mm<sup>2</sup> (10) para conductores de cobre.

15 A para 3.307 mm<sup>2</sup> (12), y 25 A para 5.260 mm<sup>2</sup> (10) para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre,

**Excepción No. 2:** Para conductores instalados en charolas se aplica lo indicado en la Sección 318-11.

**Excepción No. 3:** Estos factores de corrección no se aplican a conductores en uniones de canalizaciones que tengan una longitud menor de 0.6 m.

**Excepción No. 4:** Los factores de corrección por agrupamiento no se aplican a conductores subterráneos que entren o salgan de una zanja si están protegidos por tubo conduit rígido metálico semipesado, tubo conduit metálico ligero o tubo conduit rígido no metálico, cuya longitud no exceda de 3 m sobre el nivel del piso y número de conductores no exceda de 4.

**Excepción No. 5:** Para otras condiciones de carga, se permite calcular los factores de corrección y las capacidades de corriente como se indica en la Sección 310-15(b).

**(b) Más de un tubo conduit, tubo o canalización.** Debe mantenerse el espaciamiento entre tubos conduit, tubos y canalizaciones.

**9.- Protección contra sobrecorriente.** Si las capacidades de protección nominales o de ajuste de los dispositivos de sobrecorriente, no son las correspondientes a las permisibles para los conductores, se puede utilizar la capacidad de protección nominal o de ajuste inmediata superior.

**Excepción:** Las limitaciones indicadas en la Sección 240-3.

**10.- Conductor neutro.**

**(a)** Un conductor neutro que lleva solamente las corrientes de desbalance de los otros conductores del mismo circuito, no se toma en cuenta para el número de conductores al aplicar la *Nota: 8* anterior.

**(b)** En un circuito de 3 hilos, que contiene 2 de fase y un neutro de un sistema de 3 fases, 4 hilos conectado en estrella, el conductor común lleva aproximadamente la misma corriente que los otros conductores y en ese caso el neutro se debe tomar en cuenta para el número de conductores al aplicar la *Nota: 8* anterior.

**(c)** Cuando la mayor parte de la carga en un circuito estrella de 3 fases, 4 hilos consiste de cargas no lineales como alumbrado por descarga eléctrica, equipo de procesamiento de datos, computadoras o equipo similar, se presentan corrientes armónicas en el conductor neutro, éste se considera como conductor activo.

**11.- Conductores de puesta a tierra.** Los conductores de puesta a tierra no se toman en cuenta al aplicar *Nota: 8*.

**NOTAS A LAS TABLAS 310-69 a 310-84**

**1.- Temperaturas Ambientes no consideradas en las Tablas.** Las capacidades de conducción de corriente que se requieran a temperaturas ambientes diferentes a las de las Tablas, pueden determinarse fácilmente por medio de la siguiente fórmula:

$$I_2 = I_1 \left( \frac{TC - TA_2 - \Delta T_D}{TC - TA_1 - \Delta T_C} \right)^{1/2} \quad (ne)$$

Donde :

I1 = Capacidad de corriente de las tablas a la temperatura ambiente TA1.

I2 = Capacidad de corriente a la temperatura ambiente deseada TA2.

TC = Temperatura del conductor °C.

TA1 = Temperatura del ambiente alrededor del cable °C, según las tablas.

TA2 = Temperatura ambiente en °C, a la que se calculará la capacidad de corriente.

DELTA TD = Aumento de temperatura debido a las pérdidas en el dieléctrico.

**2.- Pantallas puestas a tierra.** Las capacidades de corriente mostradas en las Tablas 310-69, 310-70, 310-71 y 310-82, son para cables con las pantallas puestas a tierra en un solo punto. Cuando las pantallas se conectan a tierra en más de un punto, las capacidades de corriente deben corregirse para tomar en consideración el calentamiento debido a las corrientes en la pantalla.

**3.- Configuración de los bancos de ductos.** Las capacidades de corriente mostradas en las Tablas 310-72, 310-73, 310-74, 310-75, 310-76, 310-77, 310-78, 310-79 y 310-80, se aplican solamente a los cables que están localizados en el ducto exterior del banco de ductos. Las capacidades de corriente de los cables colocados en los ductos interiores del banco de ductos deben determinarse por cálculos especiales.

**4.- Profundidad de instalación en tierra de ductos o cables.** Para aplicaciones donde las profundidades de instalación sean mayores que las que se dan en las tablas de capacidad de corriente, se pueden emplear los siguientes factores de disminución en la capacidad de corriente:

5% por cada 0.3 m de profundidad adicional para todos los valores de resistividad térmica. No se debe aplicar ningún factor de corrección, cuando la profundidad es menor que la indicada en las Tablas.

**5.- Resistividad térmica.** La resistividad térmica, tal como se usa en esta Norma, se refiere a la capacidad de transferencia de calor por conducción a través de una sustancia. Es el recíproco de la conductividad térmica,

designada como  $Rho$ , y se expresa en las siguientes unidades  $^{\circ}C - cm / W$ .

**6.- Ductos eléctricos utilizados en la Figura 310-1.** Cuando los ductos pasan de la instalación subterránea los gabinetes de equipos, se permite que el espaciamiento entre los ductos sea menor que los indicados en Figura 310-1. En estos casos no se reduce la capacidad de conducción de corriente de los cables contenidos en los ductos

**Tabla 430.147** Corriente a plena carga en amperes, de motores de corriente directa

		Tensión Nominal de armadura		
kW	(C.P.)	120 V.	240 V.	500 V.
0.186	(1/4)	3.1	1.6	
0.248	(1/3)	4.1	2.0	
0.373	(1/2)	5.4	2.7	
0.560	(3/4)	7.6	3.8	
0.746	(1)	9.5	4.7	
1.119	(1 1/2)	13.2	6.6	
1.49	(2)	17.0	8.5	13.6
2.23	(3)	25.0	12.2	18.0
3.73	(5)	40.0	20.0	27.0
5.60	(7 1/2)	58.0	29.0	34.0
7.46	(10)	76.0	38.0	43.0
11.19	(15)		55.0	51.0
14.92	(20)		72.0	67.0
18.65	(25)		89.0	83.0
22.38	(30)		106.0	99.0
29.84	(40)		140.0	123.0
37.3	(50)		173.0	164.0
44.76	(60)		206.0	205.0
55.95	(75)		255.0	246.0
74.60	(100)		341.0	330.0
93.25	(125)		425.0	
119.90		(150)		506.0
149.20	(200)		675.0	

Los valores dados en esta tabla son para motores funcionando a su velocidad normal.

Los siguientes valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.



**Tabla 430.148.-Corriente a plena carga en amperes, de motores monofásicos de corriente alterna**

W	C.P.	127 V.	220 V.
124.33	1/6	4.0	2.3
186.5	1/4	5.3	3.0
248.66	1/3	6.5	3.8
373	1/2	8.9	5.1
559.5	3/4	11.5	7.2
746	1	14.0	8.4
1119	1 1/2	18.0	10.0
1492	2	22.0	13.0
2238	3	31.0	18.0
3730	5	51.0	29.0
5595	7 1/2	72.0	42.0
7460	10	91.0	52.0

**Tabla 430.150.-Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna**

kW	(C.P.)	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado (A)			Motor síncrono, con factor de potencia unitario (A)		
		220 V.	440 V.	2 400 V.	220 V.	440 V.	2 400 V.
0.373	(1/2)	2.1	1.0				
0.560	(3/4)	2.9	1.5				
0.746	(1)	3.8	1.9				
1.119	(1 1/2)	5.4	2.7				
1.49	(2)	7.1	3.6				
2.23	(3)	10.0	5.0				
3.73	(5)	15.9	7.9				
5.60	(7 1/2)	23.0	11.0				
7.46	(10)	29.0	15.0				
11.19	(15)	44.0	22.0				
14.92	(20)	56.0	28.0				
18.65	(25)	71.0	36.0		54	27	
22.38	(30)	84.0	42.0		65	33	
29.84	(40)	109.0	54.0		86	43	
37.3	(50)	136.0	68.0		108	54	
44.76	(60)	161.0	80.0	15	128	64	11
55.95	(75)	201.0	100.0	19	161	81	14
74.60	(100)	259.0	130.0	25	211	106	19
93.25	(125)	326.0	163.0	30	264	132	24
119.90	(150)	376.0	188.0	35	-	158	29
149.20	(200)	502.0	251.0	47	-	210	38

Estos valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

NO

NO

#### 4.0 PASOS PARA SELECCIONAR LA SECCION O CALIBRE DE LOS CONDUCTORES

LOS PASOS QUE DEBEN SEGUIRSE SON LOS SIGUIENTES:

- PASO 1 CORRIENTE DE LA CARGA.
- PASO 2 FACTORES DE CORRECCION.
- PASO 3 CAPACIDAD DE CONDUCCION DEL CONDUCTOR.
- PASO 4 REVISION POR CAIDA DE TENSION.
- PASO 5 REVISION POR CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO.
- PASO 6 CALCULO DEL CALIBRE ECONOMICO.

- PASO 1 CORRIENTE DE LA CARGA.

PUEDE OBTENERSE POR MEDIO DE FORMULAS, DE LA PLACA DE DATOS DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMEN LA CARGA O DE TABLAS DE LOS FABRICANTES.

LAS TABLAS 430.147, 430.148 Y 430.150 CONTIENEN LAS CORRIENTES A PLENA CARGA PARA DIFERENTES MOTORES.

FORMULAS USUALES:

a) UNA FASE, DOS HILOS:

$$I = VA / V$$

$$I = W / (V \text{ fp})$$

$$I = (746 \text{ hp}) / (V \text{ fp } e)$$

0.50

b) TRES FASE, TRES HILOS

$$I = VA / (1.732 V)$$

$$I = W / (1.732 V \text{ fp})$$

$$I = (746 \text{ hp}) / (1.732 V \text{ fp } e)$$

NO  
SE PUEDE  
COPIAR  
DE HOJA

DONDE:

- I CORRIENTE EN AMPERES (A)
- V TENSION ENTRE LINEAS EN VOLTS
- hp POTENCIA EN CABALLOS
- W POTENCIA EN WUATTS
- VA POTENCIA EN VOLT-AMPERES
- fp FACTOR DE POTENCIA
- e EFICIENCIA



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

**CURSOS INSTITUCIONALES**

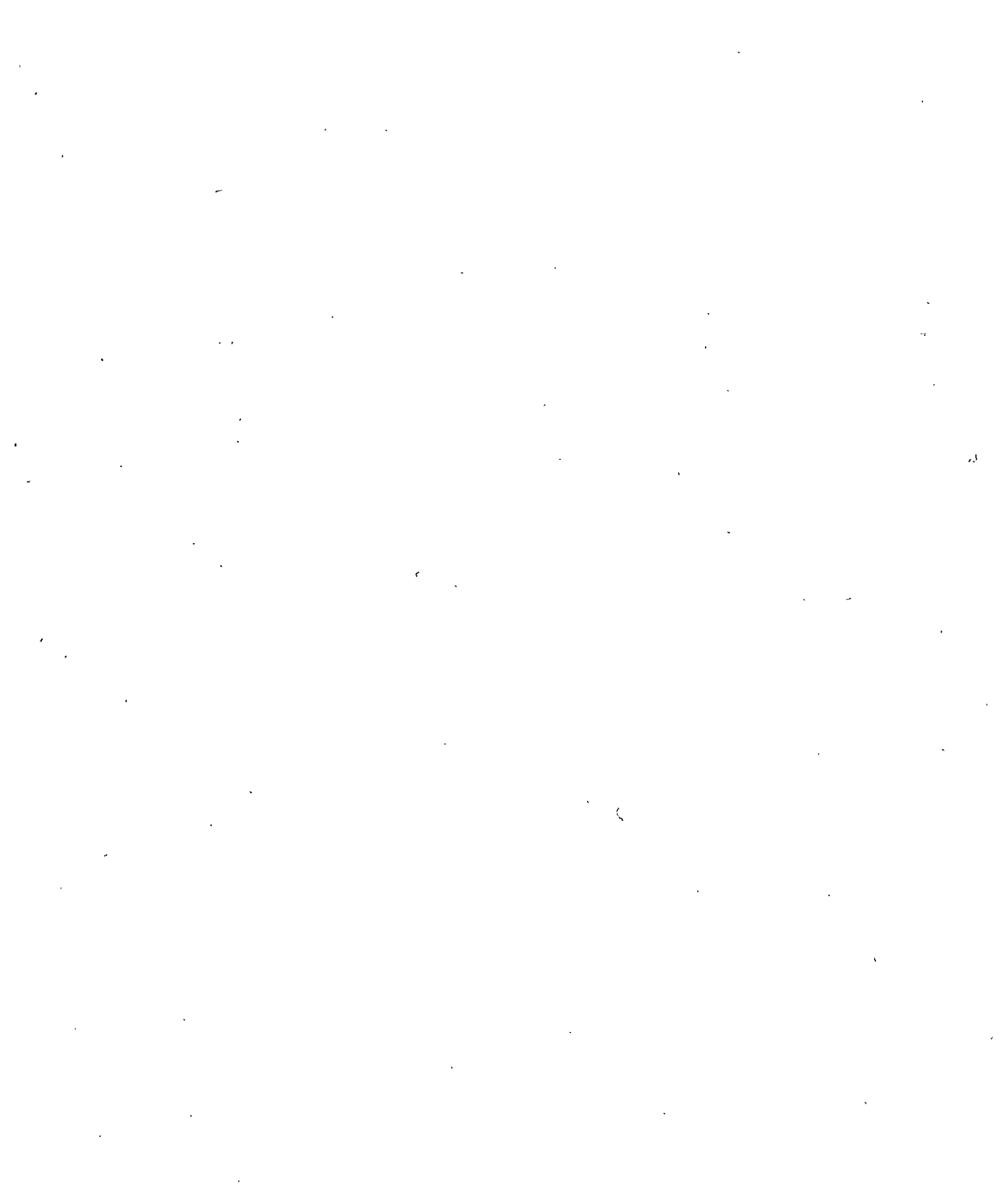
**"INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS"**

del 8 al 19 de abril de 1996

**DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**

**SUBESTACIONES ELECTRICAS**

**Ing. Percy Sarmiento N.  
México D.F.  
1996**



## SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Se denomina así al conjunto de dispositivos eléctricos, que forman parte de un sistema eléctrico de potencia (S.E.P.); sus funciones principales son: transformar tensiones y derivar circuitos de potencia.

### 1. CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

No existe una forma única de clasificarlas, sin embargo es muy común dividir las de la siguiente manera:

#### 1.1. DE ACUERDO A LA FUNCIÓN QUE DESEMPEÑAN:

##### 1.1.1. VARIADORAS DE TENSION:

- ELEVADORAS DE TENSION: Cuando su función es elevar la tensión de un valor bajo en el lado primario del transformador a un valor más alto en el secundario.
- REDUCTORAS DE TENSION: Cuando reducen la tensión de un cierto valor en el lado primario a una tensión menor en el lado secundario del transformador.

##### 1.1.2. DE MANIOBRA O SECCIONAMIENTO:

Estas subestaciones eléctricas no tienen como función modificar el valor de la tensión, sino más bien se las utiliza como medios para aislar o seccionar eléctricamente partes del S.E.P. a través de transformadores con relación de transformación igual a la unidad. Dentro de este género también se puede nombrar a las que se utilizan como simples medios para efectuar maniobras, derivaciones y despachos de carga.

##### 1.1.3. MIXTAS:

Subestaciones mezcla de las dos anteriores.

#### 1.2. DE ACUERDO A LA TENSION QUE MANEJAN:

- DE TRANSMISION.- ( Tensión arriba de 230 kV )
- DE SUBTRANSMISION.- ( Tensión entre 230 kV y 115 kV. )
- DE DISTRIBUCION PRIMARIA.- ( Tensión entre 115 kV y 23 kV. )
- DE DISTRIBUCION SECUNDARIA.- ( Tensión abajo de 23 kV )

#### 1.3. DE ACUERDO A SU TIPO DE INSTALACION:

##### 1.3.1. TIPO INTEMPERIE:

Estas subestaciones se construyen en terrenos expuestos a la intemperie. Requieren de un diseño, equipo y construcción que pueda operar correctamente bajo condiciones atmosféricas adversas: lluvia, viento, nieve, etc. Por lo general se adoptan en los sistemas de alta y extra alta tensión.

##### 1.3.2. TIPO INTERIOR:

En este tipo de subestación los aparatos, equipos e instalaciones que se usan están diseñados para operar en interiores, generalmente se la adopta en industrias, edificios, área metropolitana (en lugares donde las dimensiones de los equipos, la seguridad y la inversión lo requieren).

**1.4. DE ACUERDO A SU CONSTRUCCIÓN:****1.4.1. ABIERTAS**

Aquellas en las que los equipos e instalaciones se encuentran expuestos o sin una protección exclusiva que los englobe desde su fabricación. A nivel distribución, excluyendo las de tipo poste, son menos frecuentes, aunque todavía se las encuentra en provincia.

**1.4.2. CERRADAS, (LLAMADAS TAMBIÉN COMPACTAS)**

Se trata de subestaciones donde los equipos y la disposición de su instalación se encuentran diseñados y protegidos por secciones de lámina cuyas celdas (como normalmente se conocen), forman el arreglo requerido. El espacio reducido que utilizan y la seguridad que ofrecen las hace tan prácticas, que su utilización en distribución es prácticamente de carácter obligatorio en el interior de fábricas, hospitales, centros comerciales y edificios en general.

Como una subdivisión de estas subestaciones podemos citar a las de tipo pedestal: prácticamente se refiere a transformadores tipo pedestal con sus seccionadores y protecciones fabricados en unidades compactas que se instalan normalmente sobre la superficie y a la intemperie en fraccionamientos, unidades de vivienda, etc.

**1.5. DE ACUERDO A SU MEDIO DE AISLAMIENTO:****1.5.1. SUBESTACIONES CONVENCIONALES:**

En ellas el medio aislante es el aire cuya capacidad dieléctrica o de aislamiento es suficiente para mantener las partes vivas libres de arcos bajo las condiciones normales de operación. (Sin tomar en cuenta el aceite dieléctrico del transformador).

**1.5.2. SUBESTACIONES EN GAS O BLINDADAS:**

Bajo este nombre se designa a aquellas cuyas partes vivas se encuentran dentro de envolventes metálicas y con un gas a presión. Son subestaciones analogas a las de tipo convencional en lo referente al equipo de alta tensión que utilizan, con la diferencia de que todas las partes y equipos que soportan tensión están contenidos dentro de envolventes metálicas que forman módulos fácilmente enchufables entre sí. Estos módulos se encuentran dentro de una atmósfera de gas seco y a presión; en la mayoría de los casos es el hexafluoruro de azufre, que tiene la característica de reducir enormemente las distancias de aislamiento, comparativamente con las del aire y permite diseñar subestaciones con dimensiones mucho más reducidas. Es una tecnología iniciada en 1965 que se encuentra muy desarrollada en Europa y Japón; en México se está aplicando desde 1978.

**1.5.2.1. COMPARACION EN DIMENSIONES:**

TOMEMOS COMO EJEMPLO UNA S.E. DE 145 kV, 12 ALIMENTADORES, ARREGLO DE DOBLE BARRA, TIPO INTERIOR:

CONVENCIONAL.... 26,460 m<sup>3</sup>RELACION SF ..... 1,150 m<sup>3</sup>  
23 A 1

## LA MISMA INSTALACION PERO TIPO INTEMPERIE:

CONVENCIONAL.....	2.200 m <sup>2</sup>	RELACION	SF	.....	140 m <sup>2</sup>
		15 A	1		

## 1.5.2.2. COMPARACION ECONOMICA:

Las instalaciones en gas son mas economicas que las de tipo convencional, cuando se instalan en zonas urbanas de terrenos muy caros y con tensiones a 230 kV. (Los equipos encapsulados cuestan alrededor de 2.5 veces el costo de los convencionales.)

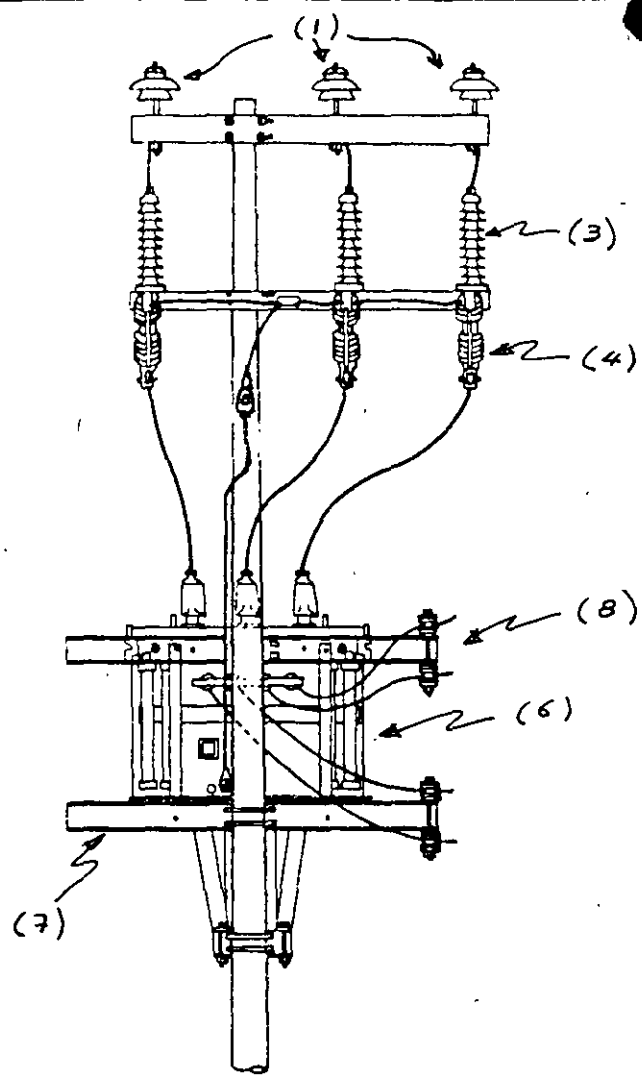
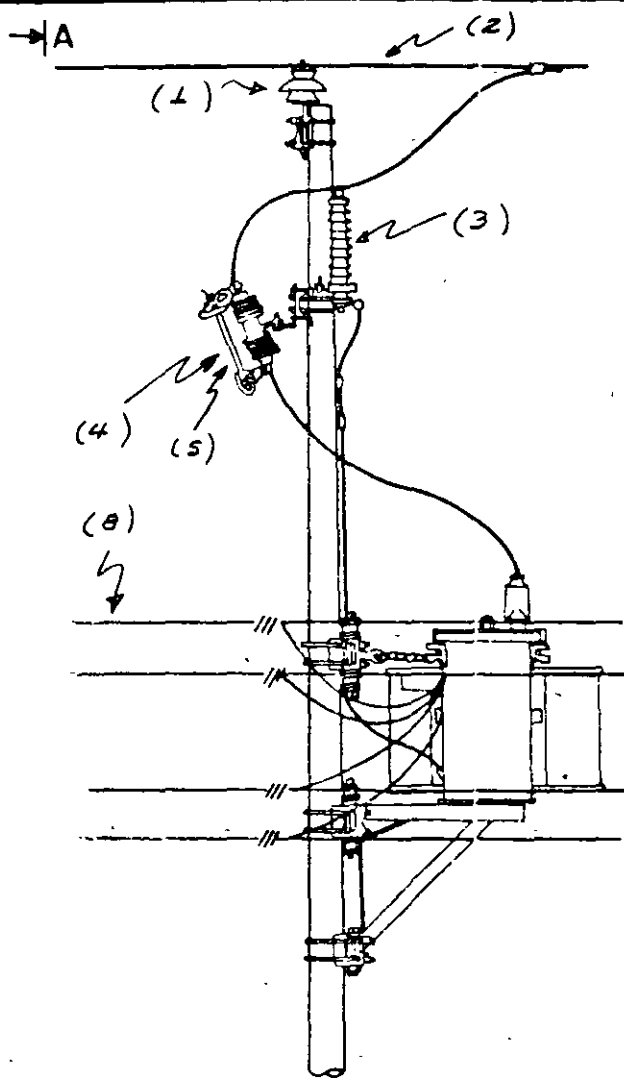
Como es de imaginar, para cada una de estas clasificaciones, existen un sinnúmero de metodos de diseño, criterios, especificaciones, etc.

Por las características del curso, nos detendremos en las subestaciones eléctricas tipo compacto convencional, aunque a modo de ilustración en la fig. No SE No.1, presentamos un transformador tipo poste con sus dispositivos de protección. Aunque este esquema corresponde a las normas de LyF (Compañía Suministradora) para acometidas en baja tension, cuando requiramos instalar distribución primaria aerea dentro de nuestro predio y decidamos utilizar algún transformador tipo poste, recomendamos instalarlo conforme a la disposición mostrada, donde se visualizan:

- AISLADORES DE ALTA TENSION..... (1)
- LINEA DE ALTA TENSION AEREA ... (2)
- APARTARRAYOS, UNO EN CADA FASE Y ATERRIZADOS..... (3)
- CORTACIRCUITOS CON SUS PORTAFUSIBLES (ESTOS SON DE OPERACION INDEPENDIENTE EN CADA FASE (4)
- FUSIBLES DE ALTA TENSION (5)
- TRANSFORMADOR TIPO POSTE (6)
- BASTIDORES O SOPORTERIA ADECUADA (7)
- LINEAS DE BAJA TENSION (8)
- VARILLA DE TIERRA FISICA AL PIE DEL POSTE (9)

# TRANSFORMADOR POSTE 23-300

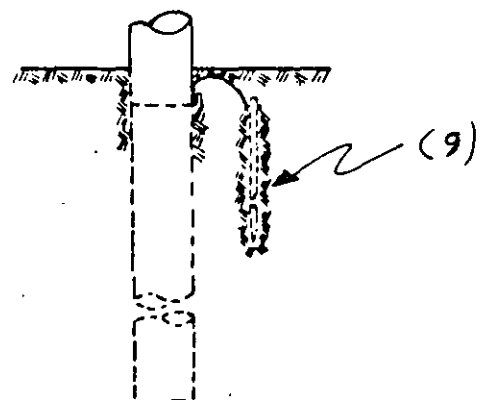
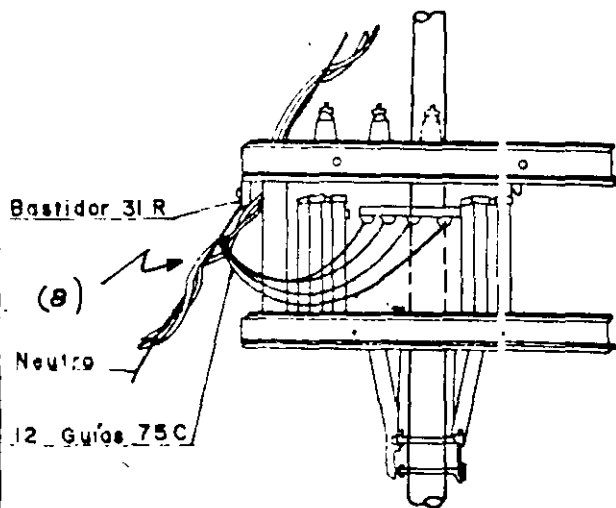
NORMAS LyF  
MONTAJE  
4.0041



VISTA A-A'

→A'

Figura 5.1



Conexión a Cable BM Cu. - 213 -  
(fig No. 5E No 1.)



## 2. DE LA REGLAMENTACION VIGENTE REFERENTE A SUBESTACIONES....

EL REGLAMENTO DE LA LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA DE 1993 (ACTUALMENTE EN VIGENCIA), dice en forma resumida en los articulos referentes a S.E.:

- ARTICULO 26. La subestación del usuario será responsabilidad del mismo aunque el equipo de medición del suministrador esté instalado en el lado de baja tensión de la subestación.
- ARTICULO 27. El suministrador instalara las acometidas, equipos y aparatos de medición que se requieran de acuerdo a las características de suministro; sin embargo, esto no prohíbe que el usuario instale sus propios medidores para su control.
- El suministrador instalará la acometida y los equipos de medición en baja o media tensión, en el límite del inmueble del usuario. Cuando se solicite una longitud mayor y el suministrador no tenga inconvenientes, el usuario pagará el costo adicional.
- ARTICULO 28. En el suministro en media o alta tensión procede:
  - I. El suministrador efectuará las obras hasta el límite del inmueble del usuario.
  - II. El usuario instalará la subestación requerida con la capacidad adecuada para satisfacer sus necesidades.
  - III. El usuario construirá dentro lo necesario para recibir la acometida y los equipos de medición. En subestaciones compactas el usuario instalara un gabinete adicional. Si las condiciones de la subestación del usuario impiden la instalación del gabinete adicional, el usuario construirá una estructura con sus accesorios para recibir y sujetar la acometida y los equipos de protección y medición del suministrador, de acuerdo con las especificaciones de éste.
  - IV. Antes de proporcionar el suministro, el suministrador verificará que el medio de desconexión principal del usuario cumpla con las especificaciones para evitar riesgos en los equipos y las líneas del sistema eléctrico.
  - V. El suministrador instalará el equipo de medición en el lado de alta o baja tensión de la subestación, en este último caso y, de no localizarse en el mismo lugar que la subestación, el usuario efectuará todas las obras necesarios para el cableado.
  - VI. Si la medición se efectúa en el lado de baja tensión y el usuario solicita la medición en alta, el suministrador atenderá la solicitud si se cubre la diferencia de costos y se efectúan los trabajos necesarios para la modificación.

## 3. SUBESTACIONES ELECTRICAS COMPACTAS.

Como se anticipó éstas son las de mayor utilización en los edificios e instalaciones donde por la magnitud de la carga requerimos de un servicio ó acometida en media tensión. A nivel usuario llamado de alta tensión. (de acuerdo a esta concepción, el resto del capítulo tensiones mayores a 1 kV nominaremos como de alta tensión)

### 3.1. PARTES QUE CONSTITUYEN LAS SUBESTACIONES COMPACTAS Y SU ELECCION:

Por las partes que las componen diferenciaremos dos tipos de subestaciones:

**RECEPTORAS O DE DERIVACION.-**

Aquellas que no tienen transformador y simplemente contienen como función recibir la acometida en alta tensión, si acaso efectuar la medición y derivar hacia otras subestaciones que contengan los transformadores de distribución con las protecciones adecuadas.

**DE TRANSFORMACION O REDUCCION:**

En estas es donde realmente se efectúa la reducción del voltaje de alta tensión (23 kV en el D.F y 13.8 kv en provincia), a bajo voltaje ó de utilización del usuario (440/254 v en las industrias normalmente o 220/127 v en general).

Dependiendo de esta clasificación, variaran los componentes de la subestación compacta elegida, sin embargo, podemos hacer una generalización efectuando la siguiente división y pensando en que solamente se deben añadir o quitar elementos o módulos prácticamente normalizados para los distintos arreglos:

**3.1.1. GABINETE PRINCIPAL Y SUS COMPONENTES**

El gabinete principal, comercialmente a veces nominado simplemente como subestación se compone por las secciones o celdas en cuyo interior se ubican los diferentes equipos. Dependiendo del arreglo solicitado, prácticamente vamos diseñando y solicitando las celdas requeridas. A modo de ilustración y enfocando a manejar información que se utiliza comercialmente, transcribimos parte de catálogos de fabricantes que se utilizan para la selección de los equipos:

**SELECCIÓN DE LAS CELDAS DE NUESTRA SUBESTACION:**

En la parte que corresponde al catálogo de Siemens, se marcan los tipos de celdas existentes, el equipo que contienen, la simbología para su representación en el diagrama unifilar y la forma de pedir para los diferentes arreglos.

\* Hacemos notar que a diferencia de los números de catálogo respecto a los productos de un fabricante en particular, prácticamente todos ofrecen productos similares.

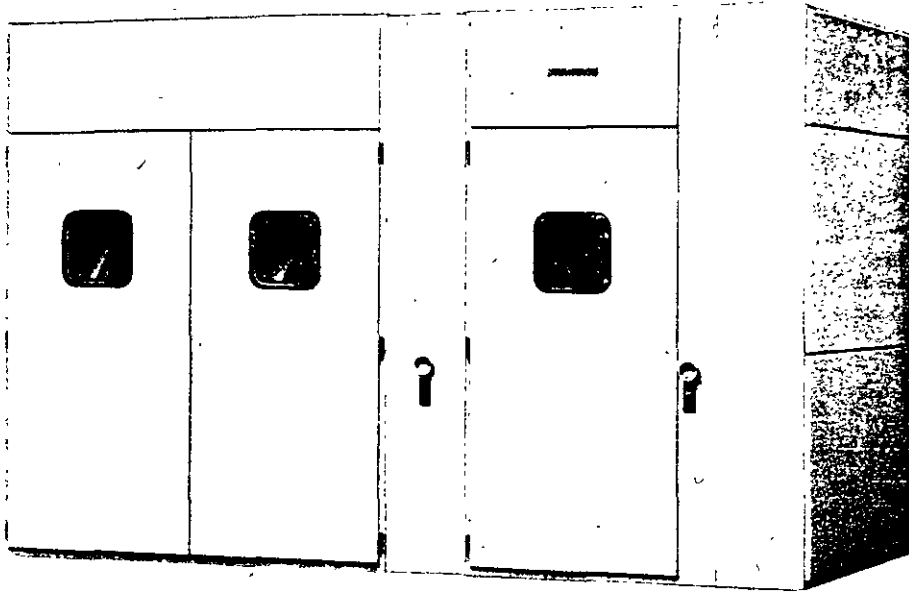
**SELECCION Y ESPECIFICACION DEL EQUIPO INCLUIDO EN LAS CELDAS:**

En general, los fabricantes de las subestaciones, trabajan con determinadas líneas de equipos importados que instalan en el interior de los gabinetes. Esto quiere decir que la gran mayoría, diseñan y fabrican las celdas, las barras, pero de alguna forma se ajustan a las cuchillas e interruptores a instalar.

A continuación se presenta un ejemplo de los equipos que incluyen algunos fabricantes, en este caso Elmex, donde se remarcan sus características de operación, características técnicas y su selección. (En especial para la selección de las calibraciones recomendadas para los fusibles a incluirse en el interruptores de alta tensión para operación con carga).

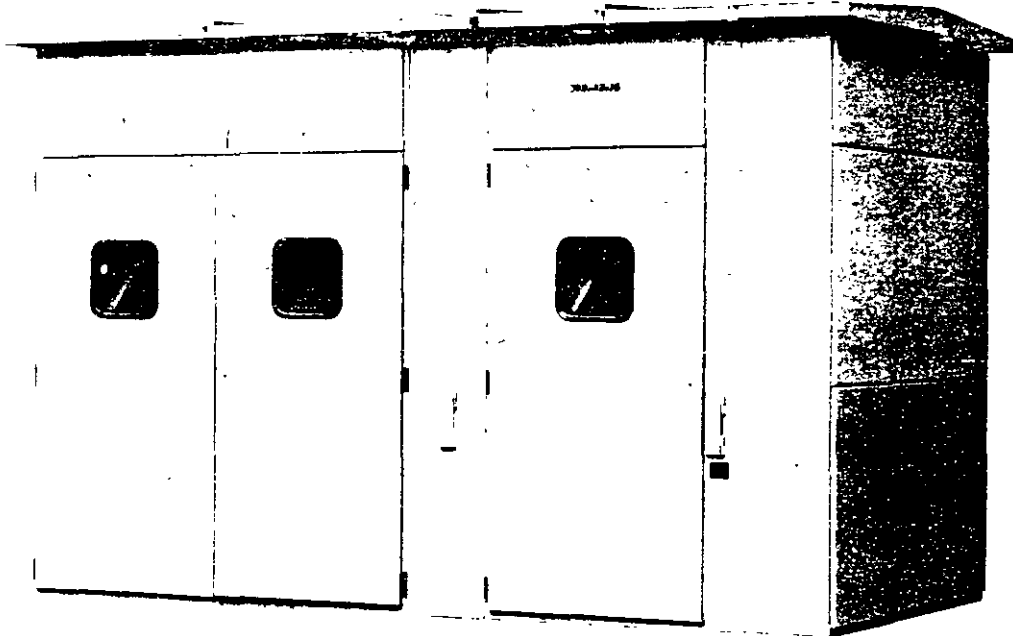
# Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

AUT. NOM-I-10189



Subestación compacta servicio interior 23 Kv.

Subestación compacta servicio  
intemperie 23 Kv.



A solicitud del cliente se suministran  
con transformador.

# Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

## Descripción y utilización

### Generalidades

Las subestaciones compactas para 23 Kv, servicio interior ó intemperie, están construidas en lámina de acero rolada en frío, autosoportadas, totalmente pintadas y terminadas para su instalación. Constan básicamente de cuatro gabinetes individuales y sus correspondientes barras colectoras.

El ensamble de los gabinetes y las barras en el lugar de la instalación se realiza por medio de tornillos y tuercas.

y para la colocación de una mufa tripolar, tiene dos puertas al frente y un juego de placas terminales.

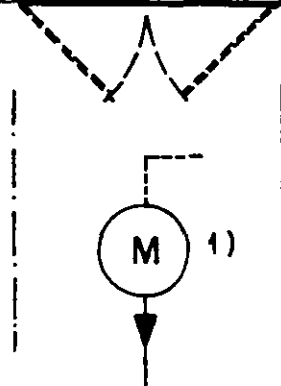
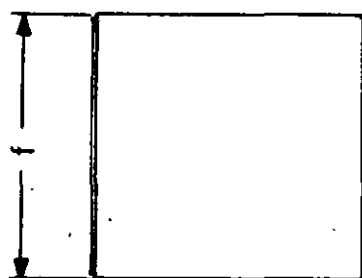
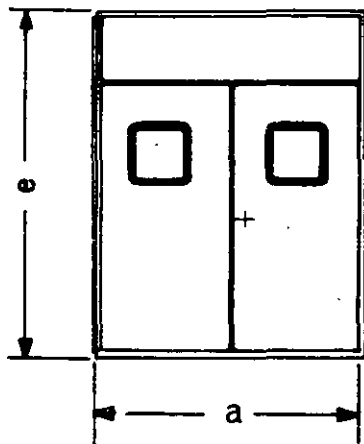
### Celda de Acometida

Es una celda angosta, prevista como su nombre lo indica para recibir el cable de energía de alta tensión en aquellos casos de ampliación o interconexión a una subestación derivada desde una receptora; contiene tres barras de cobre de 25.4x6.35 mm, montadas sobre aisladores. (Ver pág. 6; arreglos 7 y 8).

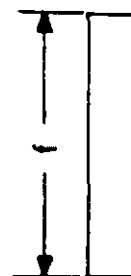
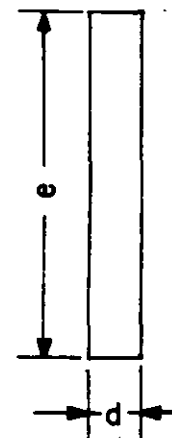
### Celda de medición

La celda de medición tiene espacio adecuado para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora

Celda de medición



Celda de acometida



1) Celda vacía, el equipo de medición es suministrado e instalado por C. F. E.

Nota:  
Dimensiones ver pág. 7

# Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

## Seguridad de operación

La seguridad en las instalaciones de Alta Tensión, constituye un Tema de primordial importancia, por ello recomendamos, se tome en consideración como mínimo lo indicado en los instructivos de operación y mantenimiento que se incluyen en cada subestación.

La subdirección General de Electricidad a través del Departamento de Plantas Subestaciones y líneas, ha dado la recomendación al respecto del aislamiento de la celda de Seccionador, por un medio de desconexión que anteceda al interruptor bajo carga.

### Celda de cuchillas de prueba

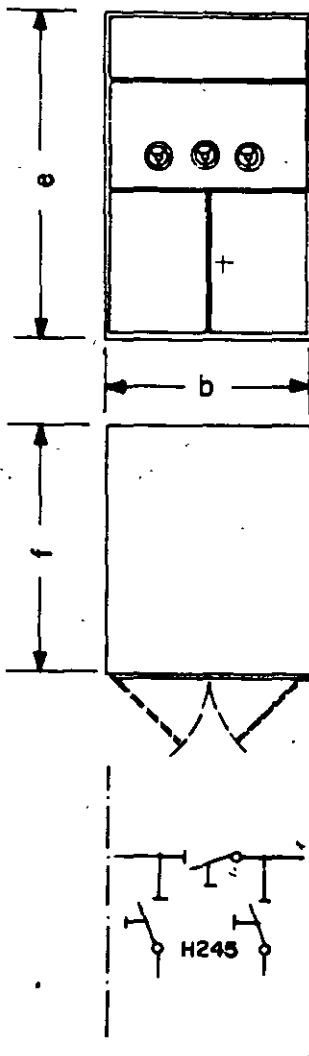
Es una celda que contiene en su interior 3 jgos. de cuchillas tripolares tipo H245G, de operación en grupo y sin carga, accionadas exteriormente desde el frente por medio de 3 volantes; las mencionadas cuchillas sirven para hacer las conexiones necesarias de medición de la Cía. suministradora de energía cuando así lo precise.

Al seleccionar una subestación de alta tensión, es necesario considerar si para la verificación de los equipos de medición de la compañía suministradora en A.T., el proceso de fabricación del usuario permite la interrupción temporal del suministro de energía, en cuyo caso puede preverse una celda de "cuchilla de paso" en lugar de la celda de cuchillas de prueba.

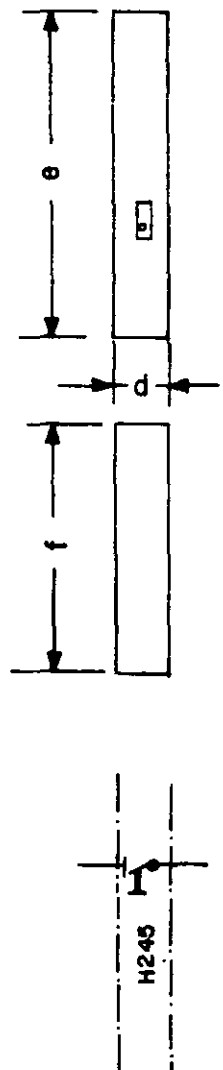
### Celda de cuchilla de paso

Es una celda angosta que contiene una cuchilla trifásica, tipo H245G, de operación en grupo sin carga, con accionamiento de disco y palanca desde el frente del tablero, y permite aislar a la celda de seccionador, cuando requieran realizar trabajos de mantenimiento en el interior de esta última. (ver pág. 6, arreglos 1, 2, 5 y 6)

Celda de cuchillas de prueba



Celda de cuchilla de paso



Nota:  
Dimensiones ver pág. 7

# Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

## Celda de seccionador

La celda contiene un seccionador tripolar de carga tipo H251-20N/630 su 44 km, (a solicitud del cliente con disparador remoto "f", para interrumpir la corriente de servicio) y fusibles\* de alta tensión y alta capacidad interruptiva, con disparo rápido contra corriente de cortocircuito y contra operación monofásica o bifásica después de fundirse un fusible. (Selección de fusibles ver pág. 14).

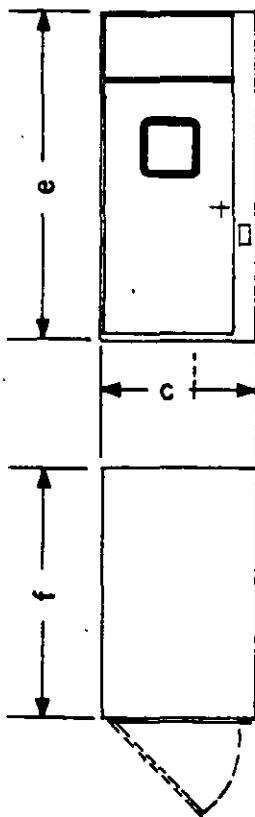
El seccionador de carga se opera con un accionamiento de disco desde el frente del tablero. Un seguro mecánico evita abrir la puerta si no está desconectado el seccionador, para la prevención de accidentes. En esta celda van montados 3 apartarrayos H415a para el voltaje

adecuado, conectados a un sistema con neutro a tierra. (Ver pág. 6; arreglos 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Los arreglos 7, 8 y 10 se surten sin Apartarrayos).

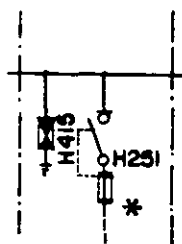
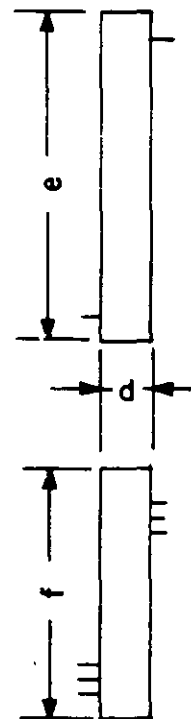
## Celda de transición

Es una celda angosta, por medio de la cual se establece la interconexión entre un seccionador general con más de un seccionador derivado. Contiene tres barras de cobre c/u de 25.4x6.35 mm. montadas sobre aisladores. (Ver pág. 6; arreglos 5 y 6).

Celda de seccionador

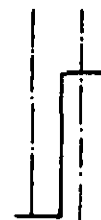


Celda de transición



Los fusibles deberán seleccionarse de acuerdo con la tensión y potencia del transformador. El precio de los fusibles no está incluido en el de su correspondiente arreglo que se indica en la tabla de selección de la pág. 6

Note:  
Dimensiones ver pág. 7



# Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

## Dos celdas de seccionador unidas mecánica y eléctricamente

Cada celda contiene un seccionador tripolar de operación con carga, tipo H251-20N/630 su 44 km, el seccionador está previsto con su base para fusibles\* de alta tensión y alta capacidad interruptiva, con disparo rápido, contra corriente de cortocircuito, en las tres fases al fundirse cualquiera de los fusibles previstos en cada seccionador, estos, son operados independientemente, por medio de su accionamiento de disco, desde el frente del tablero.

Cada celda tiene seguro mecánico independiente, evitando que estas sean abiertas, cuando, el respectivo

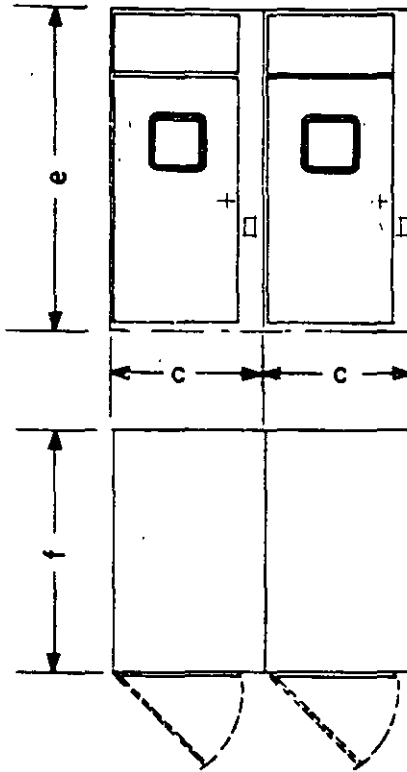
seccionador se encuentra en posición de energizado. Estas celdas no contienen Apartarrayos ya que su utilización está prevista para los arreglos 5 y 6, donde están en combinación con un seccionador general con Apartarrayos.

## Celda de acoplamiento

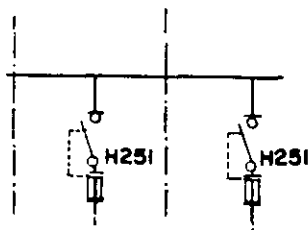
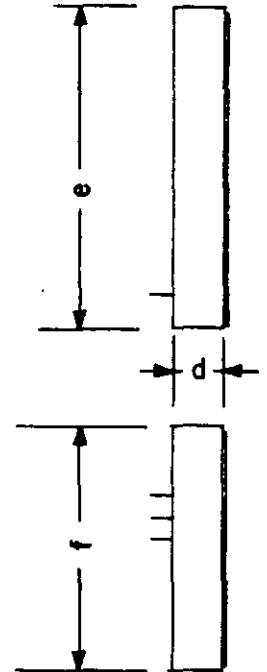
Esta celda es para acoplar el transformador a la izquierda o derecha, con placas terminales\*\* desmontables en un lado, para adaptar a la garganta del transformador.

Contiene tres barras de cobre c/u de 25.4x6.35 mm, montadas sobre aisladores. (Ver pág. 6; arreglos 2, 4, 6 y 8.

Dos celdas de seccionador.



Celda de acoplamiento



\* El precio de los fusibles no está incluido el del arreglo correspondiente ver tabla de selección pág. 14

\*\* Estas placas se suministran con los arreglos 1, 3, 5, 7 y 11 sin celda de acoplamiento

# Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

Arreglo	Ejecución										Ejecución		
											Interior	Intemperie	
											↓*	↓*	
1	X			X	X						X	Arreglo 1	Arreglo 1
2	X			X	X					X		Arreglo 2	Arreglo 2
3	X		X		X						X	Arreglo 3	Arreglo 3
4	X		X		X					X		Arreglo 4	Arreglo 4
5	X			X	X	X	X	X			X	Arreglo 5	Arreglo 5
6	X			X	X	X	X	X		X		Arreglo 6	Arreglo 6
7		X							X		X	Arreglo 7	Arreglo 7
8		X							X	X		Arreglo 8	Arreglo 8
9					X							Arreglo 9	Arreglo 9
10									X			Arreglo 10	Arreglo 10
11										X		Arreglo 11	Arreglo 11

## Ejemplos de selección

Arreglo 1; incluye:	
Ejecución	
Interior	Intemperie

- 1 Celda de medición
- 1 Celda de cuchilla de paso
- 1 Celda de seccionador con 3 Apartarrayos
- 1 Jgo. de placas terminales

1) Celda vacía, el equipo de medición es suministrado e instalado por C. F. E.

x= Celdas y equipo incluido en cada arreglo.

Arreglo 6 incluye:

- 1 Celda de medición
- 1 Celda de cuchillas de paso
- 1 Celda de seccionador general con 3 Apartarrayos
- 1 Celda de transición
- 2 Celdas de seccionador sin Apartarrayos
- 1 Celda de acoplamiento

2) Los fusibles deberán seleccionarse de acuerdo con la tensión y potencia del transformador a proteger, ver pág. 14

\* Para precios, favor de consultar nuestra lista de precios Alta Tensión, dichos precios no incluyen el de los fusibles en los arreglos.

### A) Nota:

En los arreglos 1, 2, 5 y 6, se incluye bloqueo mecánico entre el accionamiento del seccionador y el accionamiento de la cuchilla de paso; evitándose con ello, que sea abierta la cuchilla si el seccionador se encuentra energizado.

B) En los arreglos 2, 4, 6 y 8 incluye perforación en la celda de acoplamiento a solicitud del cliente.



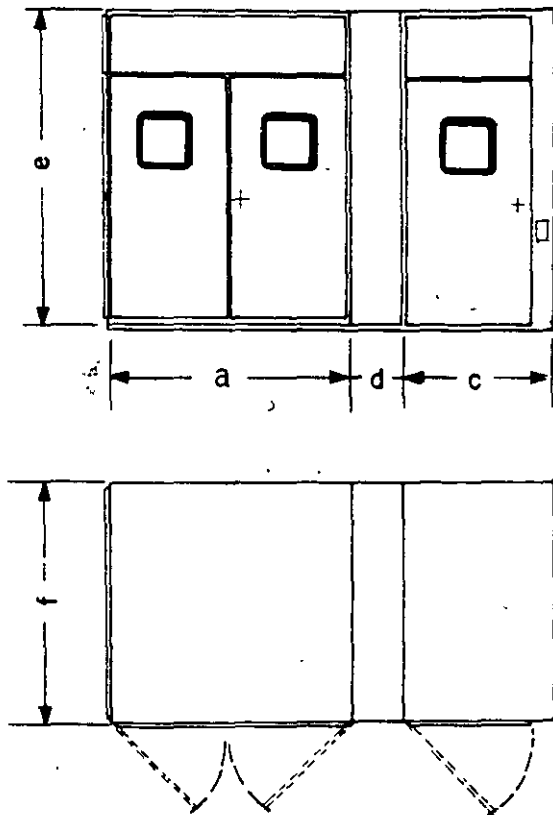
# Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

## Indicaciones para solicitar pedidos

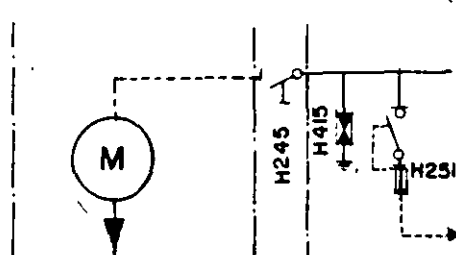
- 1) Número de arreglo (ver tabla de selección pág. 6)
- 2) Servicio: interior o intemperie.
- 3) Tensión de servicio.
- 4) Neutro puesto a tierra rígidamente o neutro aislado.
- 5) Capacidad del transformador o corriente nominal de los fusibles.
- 6) El lado al cual va a instalarse el transformador.
- 7) Medidas de la garganta del transformador.
- 8) Medidas "h" y "k".
- 9) El transformador se cotiza a solicitud del cliente.

ACCESORIOS	Catálogo No.
Tarima de madera con pasillo de hule 50 cm x 100 cm.	318 879
Alicates aislados 3GX1 100 para cambiar los fusibles	319 756

Arreglo 1 integrado



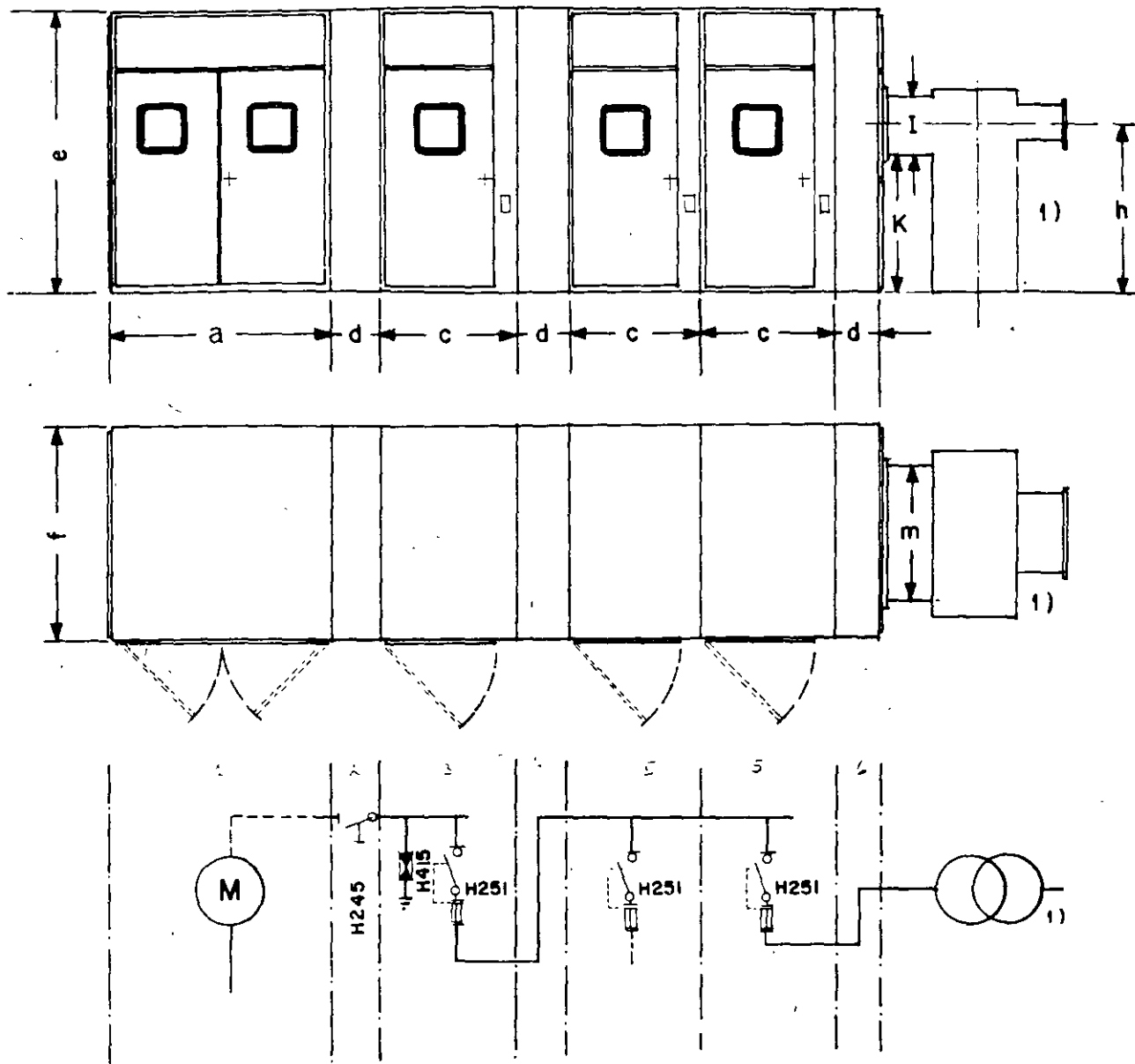
Dimensiones en milímetros		
Dimensiones	Tensión de servicio 23 Kv.	
	Ejecuciones:	
	Interior	Intemperie
a	2000	2000
b	1600	1600
c	1200	1200
d	400	400
e	2600	2711
f	1960	1960
h	Estas Dimensiones hay que indicarlás en el pedido	
k		
l		
m		
(Ver pág. 8)		



- Arreglo 1; incluye:
- 1 Celda de medición
  - 1 Celda de cuchilla de peso
  - 1 Celda de seccionado con 3 Apartarreyos
  - 1 Jgo. de placas terminales
- Ejecución Interior/Intemperie

# Subestaciones normalizadas compactas para 23 Kv.

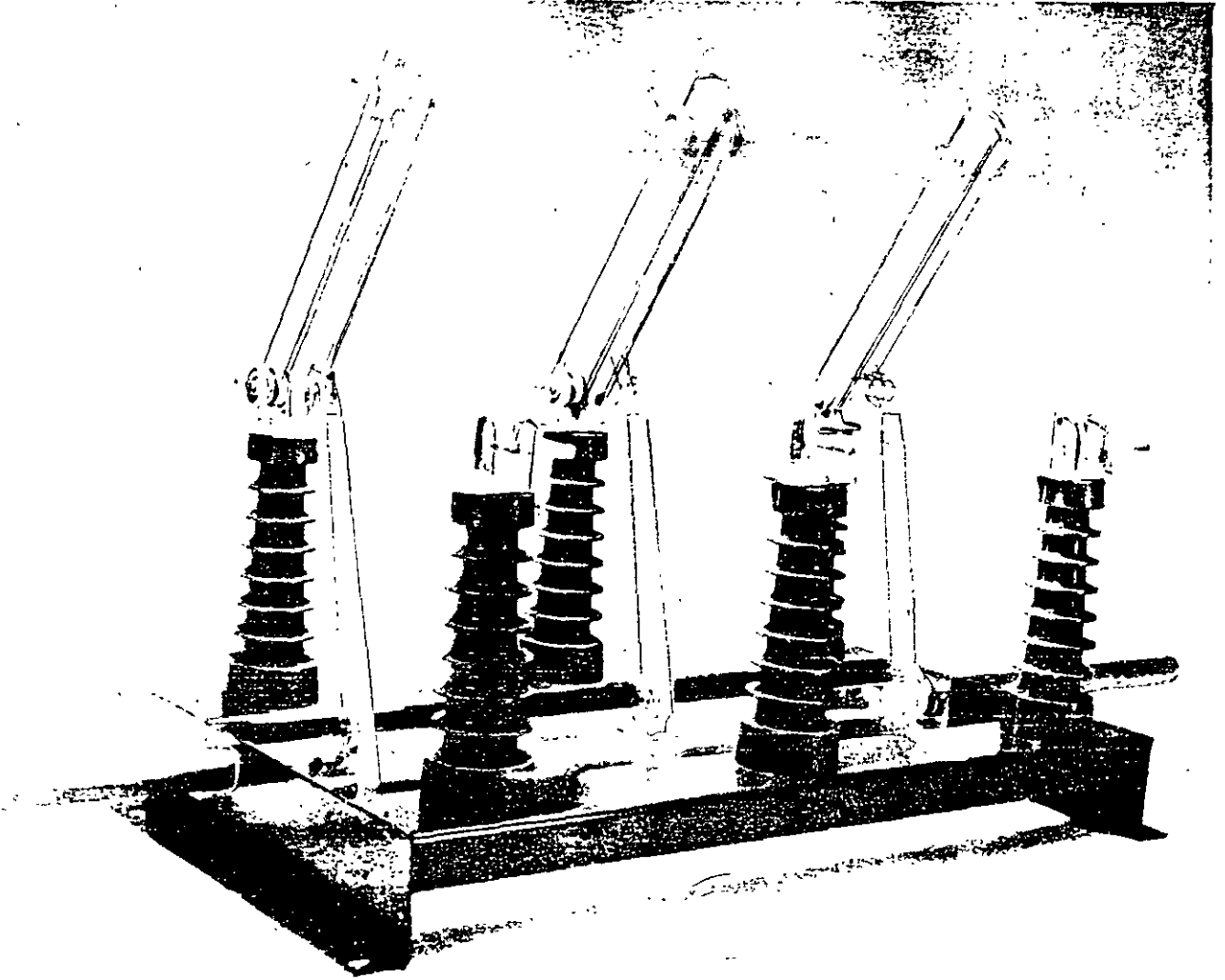
Arreglo 6 integrado



Arreglo 6 incluye:	1	Celda de medición	1
	1	Celda de cuchillas de paso	2
Ejecución	1	Celda de seccionador general con 3 Apartarrazos	3
	1	Celda de transición	4
Interior	2	Celdas de seccionador sin Apartarrazos	5
	1	Celda de acoplamiento	6

1) El transformador se cotiza a solicitud del cliente.

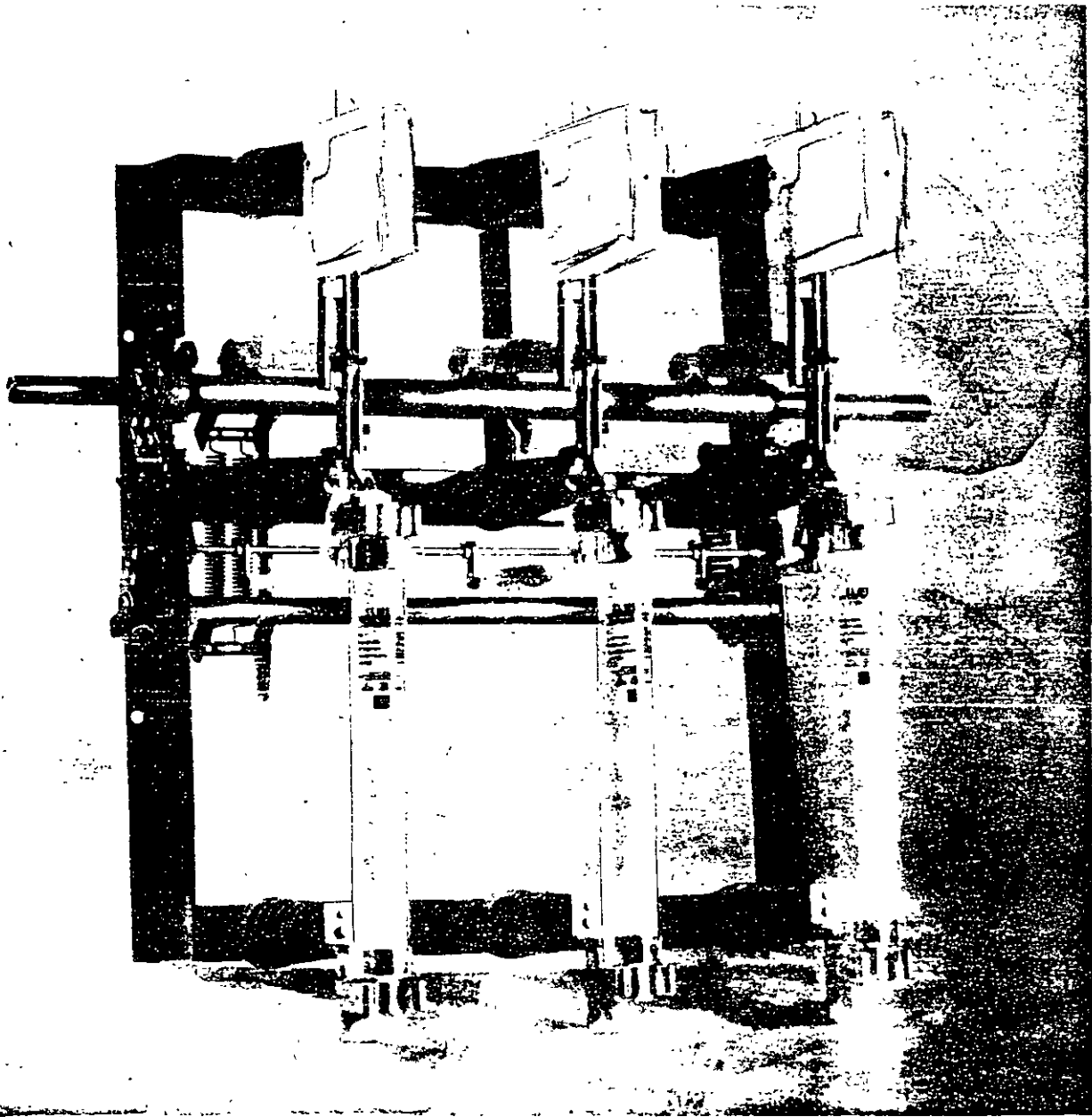
Nota: Dimensiones ver pág. 7



**cuchillas de operación  
sin carga**

**GEC ALSTHOM 15**

Productos Eléctricos Elmex, S.A. de C.V.  
Alce Blanco No. 13-A, Naucalpan, C.P. 53370, Edo. de México. Tels: 358-27-22 y 576-99-00 Fax: 358-83-93



**interruptor en aire  
para alta tensión  
tipo L-TRI-5**

**GEC ALSTHOM**

16

Productos Eléctricos Elmex, S.A. de C.V.  
Alce Blanco No. 13-A. Naucalpan, C.P. 53370, Edo de México. Tels: 358-27-22 y 576-99-00 Fax: 358-83-93

## GENERALIDADES

El interruptor en aire L-TRI-5 es un equipo automático de apertura en aire, resultado de un avanzado desarrollo de Sprecher & Schuh, cuenta con cámaras planas para la extinción del arco eléctrico y ha sido fabricado por más de 30 años.

En estos interruptores se ha puesto especial atención para reducir las dimensiones, incrementar la capacidad para soportar cortos circuitos, mejorar su operación ampliando el tiempo de mantenimiento, aunado lo anterior con una simple y robusta construcción mecánica.

Este interruptor cumple con las normas CEI No. 265 y UPE VDE 067 con holgura.

## OPERACION

El interruptor tipo L-TRI-5, está equipado con un mecanismo de disparo manual y automático por medio de energía almacenada, utilizando como medio sensor de fallas, fusibles limitadores de corriente de alta capacidad interruptiva.

El disparo automático se realiza al fundirse un fusible por corto circuito, liberando un vástago que acciona dicho mecanismo, el disparador mecánico se rearma automáticamente, pero para poder conectar el interruptor nuevamente se requiere cambiar el fusible fundido, en caso de que esto no se haya efectuado, resultará imposible reconectar el interruptor.

El disparo siempre es tripolar de modo que el sistema nunca queda operando en una fase.

## EXTINCION DEL ARCO

El corte de la corriente se realiza en las cámaras de arqueo en forma de banderas, colocadas en la parte superior del interruptor. El interruptor L-TRI-5 cuenta con unas navajas principales y auxiliares, las primeras hacen contacto con las barras conductoras de la corriente y las segundas se introducen dentro de las cámaras de arqueo. Durante el proceso de interrupción, son las navajas auxiliares las que conducen la corriente, de modo que las navajas principales pueden abrir sin producirse un arco eléctrico.

El arco eléctrico, se establece en las cámaras de arqueo, cuando las navajas auxiliares son abiertas, el arco se extingue por el efecto de gases ionizados (causados por los

efectos del arco), estos gases al salir de la cámara de arqueo no producen chisporroteos debido al efecto enfriador de las paredes de las cámaras.

A causa del mecanismo de operación de energía almacenada, y/a que el interruptor es de apertura y cierre rápidos; la velocidad de operación de las navajas auxiliares es prácticamente independiente de la velocidad de operación del interruptor.

## ACCIONAMIENTO

Los interruptores están diseñados para ser operados por medio de un accionamiento de disco y palanca, colocado al frente del tablero, su arreglo compacto y sencillo permite realizar sin grandes esfuerzos las operaciones de cierre y apertura del interruptor.

La robustez mecánica y comprobado desarrollo, permiten operar a este mecanismo prácticamente sin mantenimiento durante largos períodos.

## VENTAJAS

- OPERACION CONFIABLE.  
Apertura y cierre rápidos por medio de energía almacenada independiente de la habilidad del operador.
- ALTO NUMERO DE MANIOBRAS.  
Incluso con altas corrientes, debido al gran desarrollo de las cámaras de arqueo.
- MANTENIMIENTO REDUCIDO.  
Debido a la sencillez y robustez del propio interruptor.
- CAPACIDAD DE SOPORTAR ALTAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.  
Por medio de barras bien soportadas, alta penetración del contacto principal.
- INTERRUPCION VISIBLE.  
En aire y libre de materiales aislantes.
- COLOCACION SENCILLA.  
Fácil sujeción al tablero y ajuste sencillo del mecanismo.
- DIMENSIONES REDUCIDAS.  
Gracias a su construcción compacta, se logran instalaciones muy reducidas pudiéndose comparar ventajosamente con otros productos competitivos.

## EQUIPOS OPCIONALES

- Dispositivos de disparo por bobina en derivación (en C.D. o C.A.)
- Cuchillas de puesta a tierra.

Estas últimas permiten un alto grado de seguridad, ya que su accionamiento de acción rápida permite obtener un alto grado de confiabilidad en su operación y seguridad en el aterrizamiento del sistema.

## MANTENIMIENTO

Los interruptores L-TRI-5<sup>®</sup>, no requieren de un mantenimiento especial más allá de lo normal; todos los resortes y contactos eléctricos se encuentran lubricados permanentemente, y sólo se deberán limpiar los aisladores de depósitos durante las inspecciones regulares, especialmente si el medio ambiente es sucio. La confiabilidad mecánica del interruptor garantiza un gran número de operaciones sin mantenimiento

alguno, su duración mecánica es mayor de 2,500 operaciones de interrupción.

Se recomienda una revisión, limpieza o lubricación después de operar bajo las siguientes condiciones:

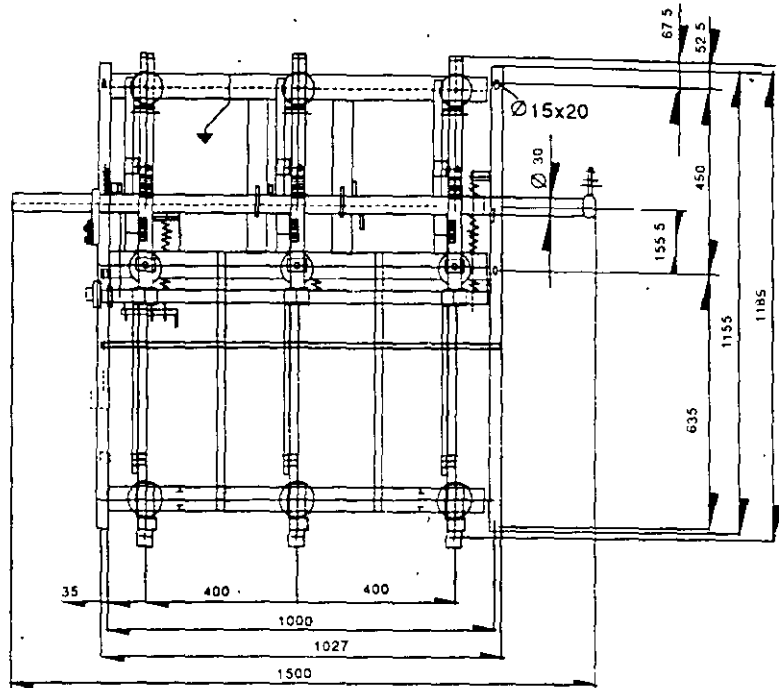
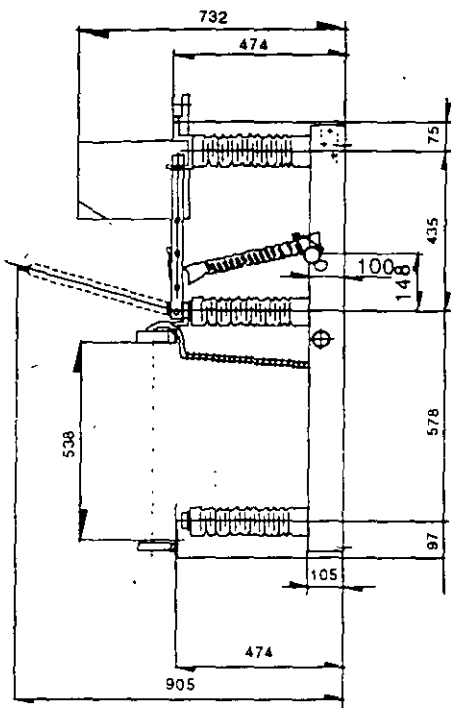
- Después de elevadas operaciones relacionadas con cortos circuitos.
- Después de aproximadamente 200 operaciones interruptoras.
- Después de 4 a 5 años, bajo condiciones ambientales normales.
- Después de 1 a 2 años, en el caso de condiciones ambientales agravadas, como por ejemplo, áreas polvosas, atmósfera agresiva, nivel permanente elevado en la humedad relativa del aire, es decir mayor del 70%, o condiciones combinadas.

		L-TRI-5/17.5/400	L-TRI-5/17.5/630	L-TRI-5/24/400	L-TRI-5/24/630	L-TRI-5/36/400	L-TRI-5/36/630
TENSION NOMINAL	KV	17.5	17.5	24	24	36	36
CORRIENTE NOMINAL	A	400	630	400	630	400	630
FRECUENCIA NOMINAL	HZ	60	60	60	60	60	60
NIVEL BASICO DE IMPULSO	KV	95	95	125	125	150	150
TENSION DE PRUEBA (A 60 HZ)KV		36	36	60	60	80	80
CORRIENTE DE TIEMPO CORTO PICO/1SEG	KA	25	25	25	25	25	25
CORRIENTE DE IMPULSO (CRESTA)	KA	63	63	63	63	63	63

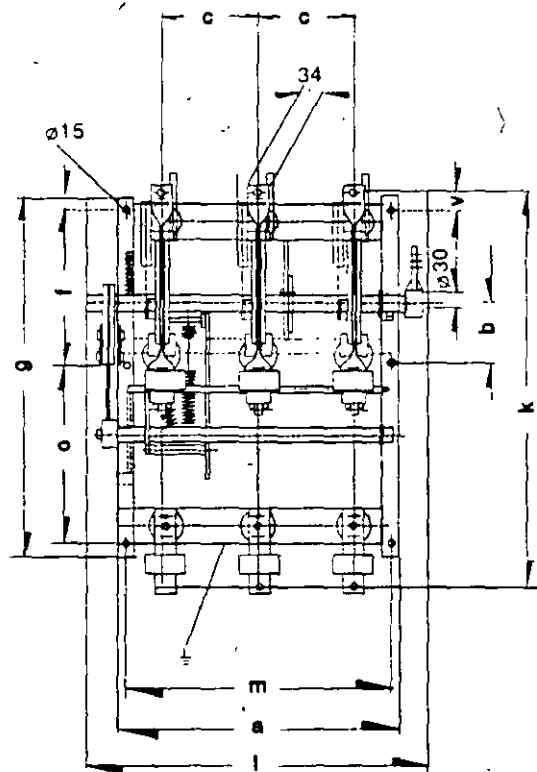
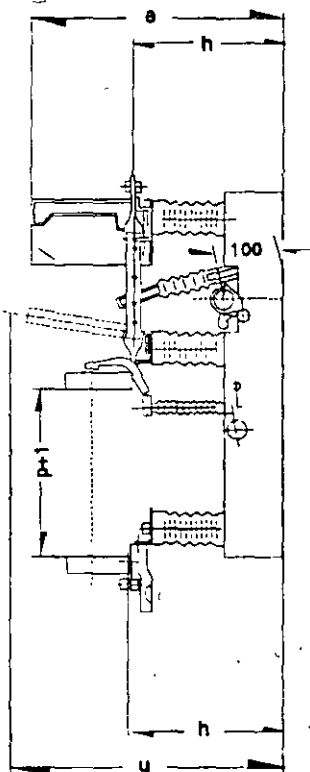
## INSTRUCCIONES DE PEDIDO

Para ordenar un interruptor tipo L-TRI-5..., es necesario especificar la siguiente información:

- 1) Tensión nominal
- 2) Corriente nominal
- 3) Si lleva bobina de disparo en derivación, el voltaje de operación
- 4) Si se necesitan cuchillas de puesta a tierra, ordenar su inclusión

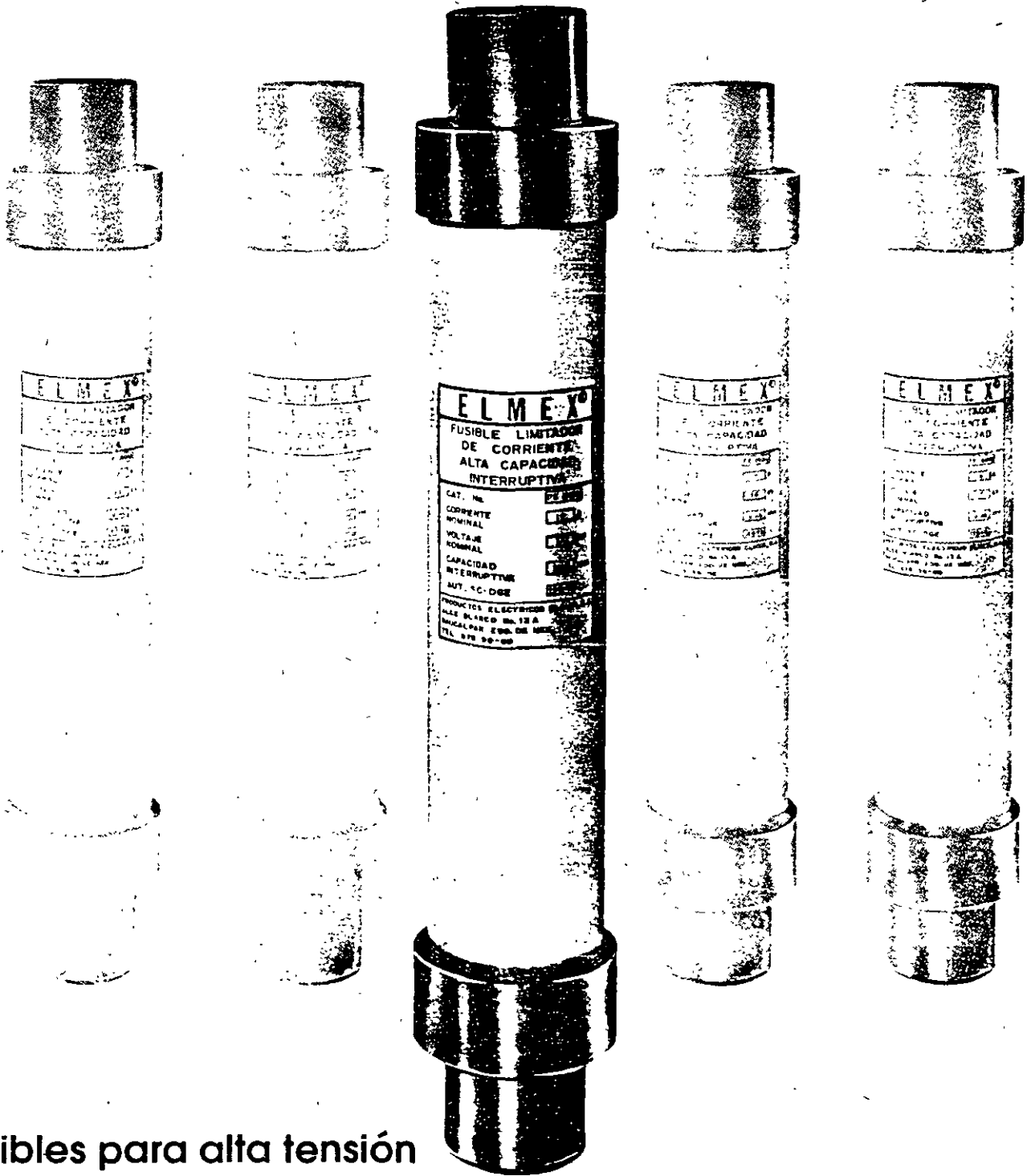


## L-TRI-5/36/400(630)



DIMENSIONES EN MM

TIPO	A	B	C	E	F	G	H	K	L	M	O	P	T	U	Y
L-TRI-5 17.5/400 (630)	625	98	210	490	280	673	306	739	890	600	315	293	40	540	47
L-TRI-5 24/400 (630)	775	115	275	565	350	910	356	957	1100	750	490	443	35	672	46



**Fusibles para alta tensión  
 alta capacidad interruptiva**

**GEC ALSTHOM**

Productos Eléctricos Eimex, S.A. de C.V.  
 Alce Blanco No. 13-A. Naucalpan, C.P. 53370, Edo. de México. Tels: 358-27-22 y 576-99-00 Fax: 358-83-93



La protección por medio de fusibles se utiliza ampliamente en todo tipo de plantas e instalaciones eléctricas, tanto en alta como en baja tensión, ya que constituyen una forma muy económica y segura de protección teniendo las siguientes ventajas sobre otros tipos de desconexión.

- Limitan el valor de la corriente de corto circuito. Esto es de gran importancia para la seguridad y economía de la planta, ya que reduce los esfuerzos mecánicos y térmicos en los aisladores, conductores, soportes, barras y equipos eléctricos durante una falla.
- La corriente de impacto de corto circuito nunca llega a alcanzarse debido a la rapidez con que opera el fusible, en tanto que siempre se alcanza cuando se utiliza protección por medio de interruptores.
- Su alta capacidad interruptiva, mayor a la de cualquier otro medio de protección.

A fin de poder seleccionar el fusible adecuado a las características y comportamiento del equipo o red a proteger, es necesario poder estimar la corriente limitadora y la calibración adecuada; esto se logra con ayuda de las gráficas, las cuales se obtuvieron en pruebas efectuadas a fusibles ELMEX que se ajustan a las normas VDE y CEI.

La gráfica Número 2, proporciona las corrientes limitadoras de los fusibles ELMEX graficadas contra las corrientes de corto circuito disponible de la red; la corriente

limitadora de un fusible, es el valor pico de la corriente efectivamente cortada; en el caso de una prueba esta se observa en el oscilograma; para el caso de una predeterminación, puede tomarse de las gráficas de características de los fusibles.

La gráfica Número 1, que corresponde a las curvas de fusión de los fusibles, es la más utilizada en práctica, pues representa la relación que existe entre el tiempo de fusión de los fusibles con respecto a la corriente de la red, tanto en condiciones normales como en caso de sobrecorrientes y cortos circuitos. Está basada en la ecuación  $I^2t = K$  (**constante**) ley que se aplica a las condiciones de calentamiento de un conductor durante intervalos muy cortos de tiempo, ya sea con corriente alterna o corriente directa.

Existen múltiples criterios para seleccionar los fusibles adecuados cuando se trata de proteger transformadores.

ELMEX considera que el criterio más reciente y mejor soportado es el siguiente:

- Calcular la corriente de carga del transformador, de acuerdo a la capacidad instalada.
- Multiplicar este valor por 12 y buscar en la gráfica Número 1 La calibración más cercana al punto de intersección de 12 (Ic.) y 0.1 seg.

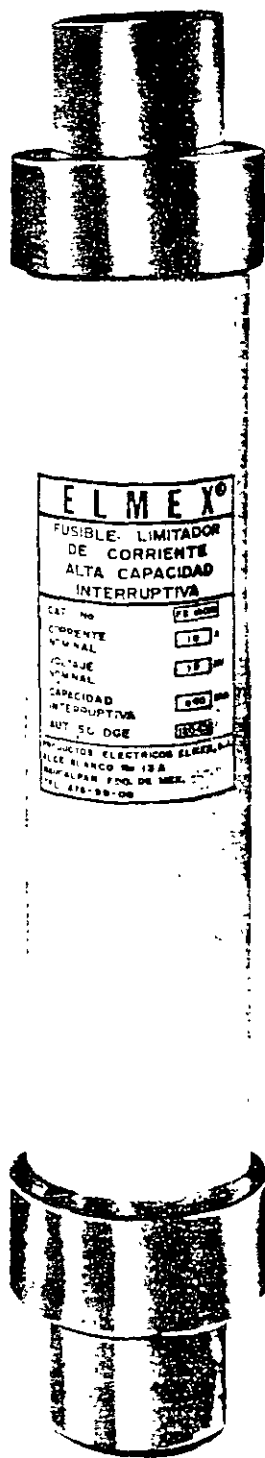
Otro medio de selección de fusibles se muestra en la tabla de calibraciones recomendadas para diferentes potencias y voltajes de transformadores.

**GEC ALSTHOM** 21

Productos Eléctricos Elmex, S.A. de C.V.

Alice Blanco No. 13-A, Naucalpan, C.P. 53370, Edo. de México. Tels: 358-27-22 y 576-99-00 Fax: 358-83-93

## CURVAS DE FUSION PARA FUSIBLES MARCA ELMEX TIPO "FE" DESDE 6-200 A.

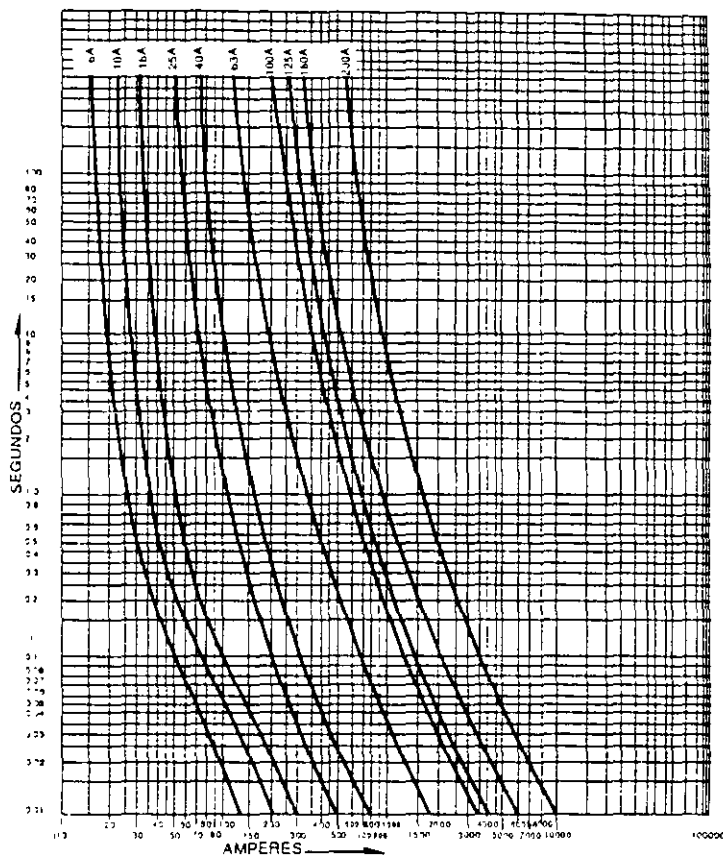


**ELMEX®**  
**FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA**

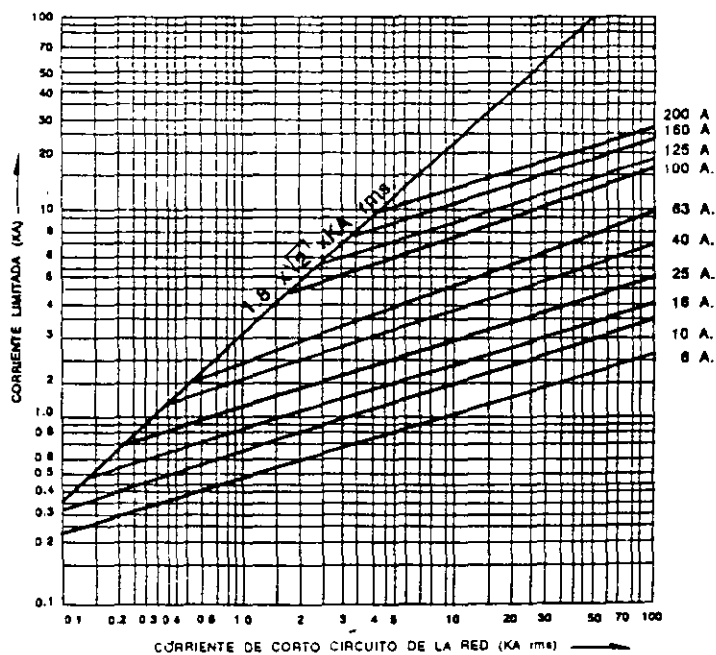
CAT. NO.	FE 6000
CORRIENTE NOMINAL	10 A
CLASE NOMINAL	FE
CAPACIDAD INTERRUPTIVA	4000 VA
AUT. S.C. DGE	1000

PRODUCTOS ELECTRICOS ELMEX S.A.  
 ALCE BLANCO No. 12A  
 NEPACAPAN P.O. DE MEX., PUE.  
 TEL. 878-88-08

AUTORIZACION NOM-I



## POTENCIA DE CORTE DE LOS FUSIBLES ELMEX TIPO "FE"





### 3.1.2. EL TRANSFORMADOR ELECTRICO

#### 3.1.2.1 GENERALIDADES

El transformador es un aparato eléctrico estático que sirve para transferir la energía de un circuito de corriente alterna a otro mediante un acoplamiento magnético.

El transformador funciona según el principio de inducción mutua entre dos (o más) bobinas o circuitos acoplados inductivamente. Dicho de otra manera, cuando se colocan dos bobinas cercanas una de la otra y a una de ellas le aplicamos una corriente alterna, esta corriente originará una imantación variable, la cual producirá en la otra bobina, una corriente alterna. Nada hay en los transformadores de distribución que represente una complicación mecánica; son aparatos sencillos; no es así para grandes transformadores o de potencia. En este caso, el problema constructivo es mucho más complejo. Su núcleo, por ejemplo, es una verdadera estructura metálica que puede adoptar formas muy distintas según el fabricante, aunque su sección casi nunca se aparte de los tipos clásicos: cuadrados, rectangulares, cruciformes y escalonados, con o sin canales de ventilación.

Es fácil comprender que el bobinado de grandes transformadores requiere técnicas especiales. Lo más usual es que la bobina perteneciente a un núcleo se construye por secciones bobinas con maquinaria especial. Estas secciones se impregnan de aislante líquido (laca, barniz, aceites, etc.) y, previa una operación de secado en unos depósitos especiales (tanques de secado al vacío), se montan en el núcleo estableciendo una separación entre cada sección del bobinado.

Pueden montarse sobre tubos de papel baquelizado y con separadores de madera secada y aceitada.

Las bobinas se construyen con hilo o pletina de cobre barnizado, aislado con cubierta textil.

Los transformadores de distribución llevan sus devanados inmersos en un baño de aceite que cumple dos funciones: Aislamiento y refrigeración. Esta circunstancia requiere rodear al transformador de una caja capaz de contener el aceite; caja que puede ser de paredes planas, onduladas, con tubos o con radiadores adicionales, según las necesidades de refrigeración que exija el tipo de transformador y el lugar de emplazamiento.

Estas cajas pueden ser de dos tipos: para ventilación natural y forzada.

Los transformadores con refrigeración forzada suelen tener lisa la caja. El sistema de ventilación es interior, en forma de canales por los que se hace circular aire impulsado por uno o más ventiladores.

Como es fácil comprender, el aceite para transformadores es un producto de notable importancia; hasta hace poco tiempo se venían usando materiales incombustibles e inexplorivos que lo sustituían. Uno de ellos es el llamado Pyranol, una patente americana. Actualmente ya no se emplea por su alto grado de toxicidad, además no es biodegradable.

En general en los transformadores intervienen muchas piezas que es difícil catalogar por modelos, puesto que su forma depende directamente de las necesidades específicas derivadas de los deseos del constructor. Entre estos elementos podemos destacar los siguientes:

NUCLEO: En la construcción de núcleos, se emplea en su mayoría láminas de acero con 4% de silicio; este tipo de láminas se emplea por las ventajas que presenta en lo referente a costo, facilidad de manipulación, pérdidas pequeñas por histéresis y por corrientes circulantes y gran permeabilidad a inducciones magnéticas relativamente altas.

DEVANADOS: Los devanados consisten en bobinas fabricadas sobre hormas y cubiertas de cinta aislante y cosidas. En los transformadores pequeños para baja tensión se emplea hilo redondo, pero en los transformadores

grandes, los conductores suelen ser barras rectangulares.

Si la longitud recta de un conductor macizo es grande o la frecuencia es alta, su resistencia a la corriente alterna puede ser considerable. Para reducir las pérdidas adicionales debidas a la distribución no uniforme de la corriente en el interior de los conductores, los de secciones grandes suelen dividirse en varios hilos aislados entre sí y traspuestos adecuadamente.

AISLAMIENTO: El aislamiento en los transformadores está formado por varios elementos que van colocados para dar un perfecto aislamiento entre las partes componentes del núcleo y los devanados; así también se prevé un aislamiento entre las partes conductoras y el tanque.

El aislamiento empleado para los elementos del núcleo depende de la capacidad del transformador; así en transformadores pequeños, la laminación está aislada entre sí únicamente por una película de óxido por cada lado de la lámina. En los mayores, la laminación tiene una capa de barniz que cubre la laminación.

Los birlos o elementos que sujetan mecánicamente la laminación van aislados del núcleo por medio de tubos de micarta.

El aislamiento que cubre las bobinas depende del voltaje que deben soportar las mismas. Así tenemos que pueden estar aisladas únicamente por una capa de papel o cinta cambray, hasta las que tienen varios elementos aislantes en su fabricación.

Los aislamientos entre bobinas y de éstas al núcleo se colocan también en forma de capas.

La buena operación y vida activa (disponibilidad) de cualquier equipo eléctrico está en función de la relación que existe entre la temperatura de diseño del equipo y la temperatura a la cual opera normalmente, siendo esta última resultante de la temperatura del medio ambiente más la que se genera en el interior del transformador durante su funcionamiento.

Para seleccionar adecuadamente la temperatura de operación (incremento nominal de temperatura permisible) debe conocerse y considerarse lo siguiente:

## INCREMENTO DE TEMPERATURA PERMISIBLE.

Es la temperatura máxima de operación normal permisible por el tipo de aislamiento y está dada por la temperatura generada en el interior del transformador y que, por tanto, excede a la del medio ambiente. Este incremento permisible va de 55° a 150°C sobre la temperatura ambiente, dependiendo de la clase de aislamiento y la altura de operación del equipo.

Sobre el nivel del mar que no excede de 1000 metros (3,300 pies), no debe hacerse ninguna corrección a la temperatura por la variación de altitud.

Para aparatos estándar enfriados por aire, probados a alturas sobre el nivel del mar mayores de 1000 metros, deben hacerse las siguientes correcciones por cada 100 metros (330 pies) arriba de los 1000;

Transformadores autoenfriados en aceite .....	0.4%
Transformadores de tipo seco .....	0.5%
Transformadores en aceite, ventilación forzada .....	0.6%
Transformadores con ventiladores .....	1.0%

**BUSHING Y TERMINALES:** Las terminales de conexión de los transformadores son generalmente zapatas terminales con conectores del tipo de placa y se emplean como terminales de conexión para baja tensión menor de 600 volts. Esta terminal remata en una zapata que une al conector que va en la parte superior de la boquilla.

En las boquillas de A. T, el hueco contiene, además de la terminal de conexiones, una lámina muy fina enrollada en torno a la terminal; con esto se tiene un condensador, lo que da lugar a un campo magnético uniforme dentro de la boquilla, reduciendo con ello los esfuerzos por el

mismo concepto.

Existen también boquillas que en su interior llevan almacenado un transformador de corriente de diseño especial que se utiliza para la protección.

**CAMBIADOR DE DERIVACIONES (TAPS):** el cambiador de derivaciones se emplea para suprimir o aumentar el número de vueltas o de bobinas de un devanado, con lo que se obtiene un nivel más o menos estable de la tensión requerida.

Los derivadores son generalmente colocados en el devanado de alta tensión, por ser éste el devanado exterior; consecuentemente, la conexión de derivadores puede hacerse fácilmente y sin dificultad por cuanto el aislamiento. Del mismo modo, como el devanado de alto voltaje tiene un gran número de vueltas, el derivador puede ajustar éstas para tener una mejor regulación en el voltaje

Los derivadores en el lado de la baja tensión no se recomienda, pues los conductores de los devanados son de mayor sección, llevando por ello una corriente considerable que podría ocasionar arcos durante el cambio.

Los cambiadores de derivaciones se clasifican en dos grupos que son:

#### A) CAMBIADOR DE DERIVACIONES SIN CARGA

Son aquellos diseñados para ajustar la relación del transformador, en forma poco frecuente, cuando el transformador puede desconectarse de la línea. Este ajuste generalmente es manual y se hace para adaptar el transformador al voltaje promedio existente en la localidad del transformador.

#### B) CAMBIADOR DE DERIVADORES CON CARGA

Estos cambiadores se diseñan para trabajar bajo carga puesto que deben alimentar continuamente la carga aun en el período cuando el derivador está cambiando. Por ese hecho, cada dos derivadores deben estar planteados en el mismo canino durante el cambio del derivador, para prevenir el excesivo flujo de corriente entre derivadores.



**TANQUE:** Los transformadores que emplean como medio refrigerante los líquidos deben tener su núcleo y devanados necesariamente encerrados en tanques que eviten las pérdidas del refrigerante. Estos tanques se construyen de láminas o placas de acero soldadas y pueden tener forma circular, ovalada o rectangular. El tanque tiene espacio suficiente para permitir la dilatación y contracción térmicas del aceite.

**MEDIO REFRIGERANTE:** En los transformadores pequeños, la superficie es relativamente grande frente al volumen. La refrigeración por radiación y por convección natural suele ser suficiente para mantener la temperatura de funcionamiento por debajo del máximo que puede soportar el aislamiento sin reducir seriamente su función. Sin embargo, al aumentar el tamaño de un objeto, el volumen crece como el cubo de sus dimensiones lineales, mientras que el área de su superficie lo hace con el cuadrado.

Con esto se ve que al aumentar el tamaño, hay que aumentar el área de la superficie, o proveer medios artificiales para facilitar la refrigeración. Esto se logra dotando de conductos de ventilación a los devanados, aumentando las dimensiones de radiación del tanque y adicionando elementos que ayuden a una rápida disipación del calor.

Los refrigerantes más empleados son: el aire, el aceite dieléctrico, líquidos dieléctricos no inflamables y el agua.

#### SISTEMAS DE DISIPACION DE CALOR DESPRENDIDO POR EL NUCLEO Y DEVANADOS:

La energía convertida en calor en el circuito magnético y en los devanados de un transformador se transmite al aceite en el cual éstos se hallan sumergidos. Este, a su vez, lo transmite a los fluidos que sirven para enfriarlo como son el aire y el agua, lográndose a través del tanque o por medio de radiadores adaptados a éste o montados por separado.

**ACCESORIOS.** Dentro de esta clasificación se encuentran los siguientes elementos:

**TAPA DE VISITA:** Esta tapa va colocada en la parte superior del transformador y se emplea para cambio de conexiones o revisión ocular de las condiciones de los elementos del circuito electromagnético.

**VALVULA AUXILIAR:** Esta válvula se emplea para obtener muestras de aceite para verificar las propiedades dieléctricas, se encuentra en la parte inferior, pues es ahí en donde se depositan los sedimentos, humedad, etc.

**CONSERVADOR DE ACEITE:** Es el dispositivo que va en la parte superior del tanque y sirve para proteger el transformador contra sobrepresiones. Cuando se pide el conservador, se solicita también un dispositivo desecador de aire, que pone al aire en contacto con la atmósfera, evitando el paso de humedad.

**OREJAS DE MANIOBRAS:** Estos dispositivos vienen soldados o vaciados en el cuerpo del tanque y se emplean para izar o transportar el transformador de un lugar a otro.

**BASES:** El tipo de éstas depende de la capacidad del transformador y están de acuerdo con la forma en que se desee desplazar. Así, tenemos base cuyo fondo descansa sobre una palanca, en viguetas, en ruedas fijas y móviles.

**BOMBA DE ACEITE:** Este dispositivo se emplea para hacer circular el líquido refrigerante en el transformador.

**CAJA DE CONEXIONES:** Esta caja va colocada en uno de los costados del transformador y sirve para instalar las tablillas de conexiones en donde llegan las terminales de los elementos de control que se encuentran dentro o fuera del transformador.

#### **DISPOSITIVOS DE PROTECCION Y CONTROL PARA TRANSFORMADORES:**

A continuación se describen algunos de los dispositivos de protección y control más usuales en cada transformador, dependiendo de su importancia y capacidad.

**DIAFRAGMA.-** Este dispositivo va colocado en la tapa superior del transformador. En sí consta de un recipiente tubular y una membrana que resiste una presión determinada, y que se fractura cuando la presión interior del tanque se torna peligrosa. Eso ocurre por ejemplo, cuando se presenta un corto circuito en el lado primario, o bien un cruzamiento entre devanados, lo que provoca una elevación de temperatura que ocasiona aumento de presión y fractura de la membrana; permite así la salida del aceite hasta equilibrar las presiones, evitando con ello que el tanque llegue a explotar.

**DETECTOR DE PRESION DE GAS.-** Este dispositivo se emplea en transformadores que tienen tanque conservador de aceite. Este relevador detecta la presión que existe en el interior del tanque y actúa conforme a ella; así por ejemplo, en caso de sobrecarga crítica o una pequeña falla que provoque un aumento de presión en el tanque, el relevador hace sonar una alarma, pero si la falla es grave y la presión es extremadamente alta el relevador manda una señal al control de interruptor de potencia para que saque de servicio al transformador, protegiéndolo así de sufrir un daño mayor.

**DESHUMIDIFICADOR.-** Este dispositivo se emplea para eliminar la humedad provocada por la condensación en el interior del tanque, debido a las variaciones de temperatura. Es un dispositivo que contiene en su interior un inhibidor de humedad-sílice gel- y está conectado al tanque del transformador por medio de tubería.

**INDICADOR DE FLUJO DE ACEITE.-** Este dispositivo se emplea en transformadores que como parte de su enfriamiento tienen circulación forzada de aceite. Su funcionamiento puede indicar cualquiera de estas situaciones:

- Existencia de flujo de aceite.
- Ausencia de flujo de aceite (motivo: bomba fuera, circulación invertida, etc.)

**INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE.-** Este dispositivo se emplea para indicar

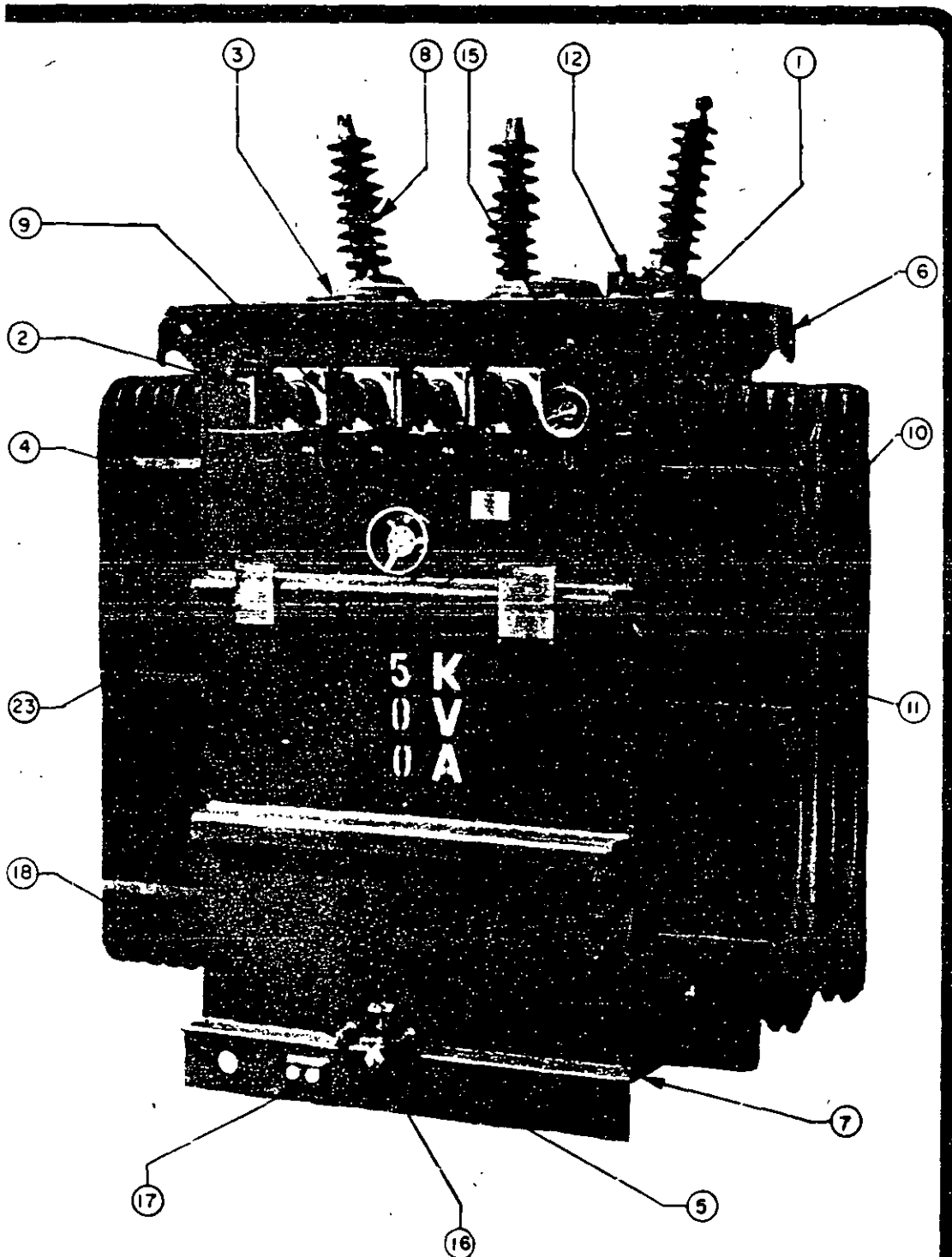
si existe cantidad suficiente de aceite para el enfriamiento del transformador, permitiendo así también la detección de una falla en el sistema de bombeo o una rotura del tanque.

TERMOMETRO.- Este dispositivo se usa para conocer la temperatura del aceite y con ella poder determinar si la máquina se encuentra trabajando en condiciones normales. Generalmente los termómetros traen consigo su aguja de arrastre, la cual indica la temperatura máxima alcanzada en un cierto período. En ocasiones también cuenta con terminales que se conectan a una alarma que indicará temperaturas anormales de operación.

DETECTORES DE TEMPERATURA.- Estos detectores se fabrican de una aleación metálica, la cual al aumentar la temperatura se dilata, lo que provoca una generación de voltaje. Estos dispositivos se emplean para detectar la temperatura de los devanados. Normalmente estos detectores se solicitan con TRO (Detector de Imagen Térmica) que tienen 3 microswitch y tienen la siguiente secuencia de operación :

- $T_1$  Cierra a temperatura más alta-conecta sistema ventilación.
- $T_2$  Cierra a una temperatura mayor a la normal-conecta alarma
- $T_3$  Temperatura peligrosa en extremo; desconecta al transformador.

INFORMACION TECNICA  
ACCESORIOS NORMALES  
Transformadores de Distribución y Potencia, Tipo Estación



Transformador de Distribución Tipo  
Estación OAT Clase 34 5 KV para  
60 Hz Modelo RTP3-500 y/u otro



**INFORMACION TECNICA**  
**ACCESORIOS NORMALES**  
**Transformadores de Distribución y Potencia Tipo Subestación**

- OAT — Enfriamiento Propio, Trifásico
- OATI — Enfriamiento Propio con cajas de boquillas para acoplar a Tablero o Bus Ducto

No.	LISTA DE ACCESORIOS NORMALES	TIPO DE DISTRIBUCION		TIPO DE POTENCIA			
		225KVA A 500KVA		750KVA A 2500KVA		2501KVA A 7500KVA	
		OAT•	OATI••	OAT•	OATI••	OAT•	OATI••
1	Termómetro con carátula de 110 mm. y escala 0°C-120°C	X	X	X	X	X	X
2	Indicador magnético de nivel del aceite con carátula de 111 mm	X	X	X	X	X	X
3	Registro de mano en la cubierta	X	X	X	X	X	X
4	Cambiador de derivaciones para operar exteriormente y desenergizado	X	X	X	X	X	X
5	Base para rolar en cualquier sentido	X	X	X	X	X	X
6	Ganchos para levantar el tanque	X	X	X	X	X	X
7	Soporte para gato	X	X	X	X	X	X
8	Boquillas de alta tensión	X	X	X	X	X	X
9	Boquillas de baja tensión	X	X	X	X	X	X
10	Panel de enfriamiento	X	X	X	X	X	X
11	Placa de datos	X	X	X	X	X	X
12	Orejas para levantar la tapa	X	X	X	X	X	X
13	Manómetro con carátula de 89 mm, rango de 10 lbs/pulg. de vacío y presión <input type="checkbox"/>	—	—	—	—	X	X
14	Cople de 25 mm. en la tapa para conexión superior del filtro prensa <input type="checkbox"/>	X	X	X	X	X	X
15	Provisión para Manómetro	X	X	X	X	—	—
16	Válvula de globo para drenaje 25 mm.	X	X	X	X	—	—
17	Terminal de tierra en la base del tanque o en la pared	X	X	X	X	X	X
18	Cople tapón de muestreo	X	X	X	X	X	X
19	Válvula de presión y vacío <input type="checkbox"/>	—	—	X	X	X	X
20	Válvula de 25 mm. para conexión Superior del filtro prensa <input type="checkbox"/>	—	—	—	—	X	X
21	Válvula de 51 mm. para Drenaje <input type="checkbox"/>	—	—	—	—	X	X
22	Agujero Hombre en la cubierta <input type="checkbox"/>	—	—	—	—	X	X
23	Placa de marca	X	X	X	X	X	X

No se muestra

### 3.1.2.1. CLASIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN:

#### 3.1.2.1.1. POR EL NUMERO DE FASES:

- **MONOFÁSICOS.-** Aquellos contruidos con un solo circuito magnético que tiene una sola fase de alimentación en el lado primario. En el lado secundario también se tendrá servicio monofásico, aunque es posible sacar un derivación en medio del devanado secundario y en tal caso se puede pensar que se tiene el voltaje secundario total entre dos midiendo entre la terminal comun y las otras dos terminales. (muy usado en E.U.A.; de ahí que se diga muchas veces monofásico a 220 volts.)

Para grandes potencias, es frecuente utilizar tres transformadores monofásicos conectarlos de tal forma que se forman bancos trifásicos.

- **TRIFÁSICOS.-** Son transformadores contruidos con núcleos formados por tres piernas cada una de las cuales se alimentará con una fase diferente. Para las potencias de que nos ocupamos, estos son los que se utilizan por el espacio que ocupan, su costo e instalacion. (Comparando con una hipotética instalacion de tres transformadores monofásicos).

#### 3.1.2.1.2. POR EL TIPO DE ENFRIAMIENTO:

- **TIPO SECO** (Por su poca capacidad, no tienen aceite como dieléctrico; utilizan simplemente aire como medio aislante y refrigerante.. Se los utiliza normalmente en control y alumbrado.
- **TIPO DE REFRIGERANTE:**
  - **TIPO AA** .- Transformadores enfriados sólo por aire.
  - **TIPO OA** .- Transformadores enfriados por aceite y aire.
  - **TIPO FA** .- Transformadores enfriados por aire forzado; (es decir que después de llegar a una determinada temperatura de operación, arrancan unos ventiladores instalados sobre el tanque del transformador que obligan a una mejor circulación del aire con un mejor enfriamiento que a su vez permitirá mayor carga en el transformador.)
  - **TIPO FOA** .- Transformadores enfriados por aire y aceite forzado

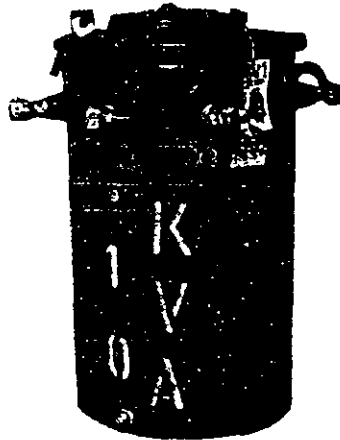
#### 3.1.2.1.3. POR SU APLICACION:

- TIPO POSTE
- TIPO SUBESTACION
- TIPO PEDESTAL
- DE POTENCIA
- PARA CONTROL Y ALUMBRADO

En las siguientes páginas se muestra alguna información técnica respecto a esta clasificación de los transformadores, sus pesos, dimensiones y características gales.

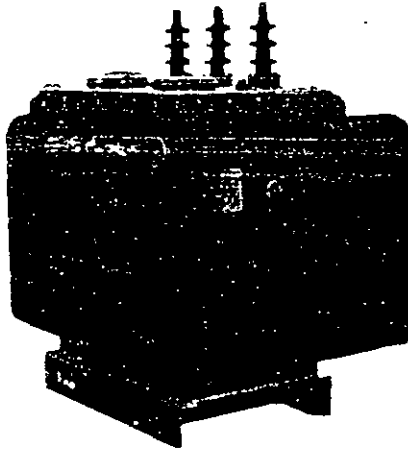


## LINEA DE PRODUCTO TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION



### TIPO POSTE

Los transformadores Tipo Poste, están diseñados específicamente para aplicaciones donde la distribución de energía eléctrica sea aérea. La aplicación convencional de este tipo de transformadores es en la distribución eléctrica citadina, rural o industrial. En unidades monofásicas, fabricamos desde 10 KVA hasta 100 KVA, en clase 15 KV; y en unidades trifásicas, en el rango de 15 KVA a 150 KVA, en clases 15, 25 y 34.5 KV.



### TIPO ESTACION

Este tipo de unidades tienen su aplicación principal en edificios comerciales, hoteles, hospitales, industrias y aquellos lugares donde la instalación del transformador sea en una subestación interior o intemperie, sobre piso. Estos transformadores se fabrican desde 225 KVA a 500 KVA, en clases 15, 25 y 34.5 KV.

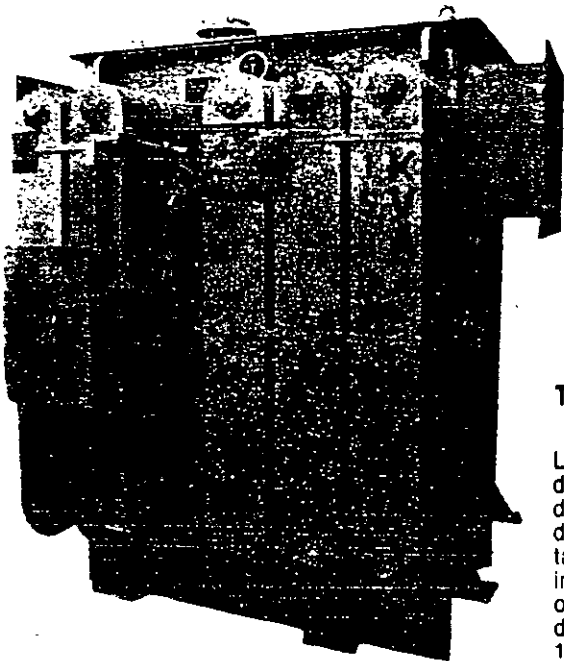


### TIPO PEDESTAL

Los transformadores Tipo Pedestal, son unidades diseñadas para la distribución subterránea comercial o residencial de energía eléctrica, que por su aspecto armonizan plenamente con la arquitectura moderna en fraccionamientos residenciales, centros comerciales, condominios, industrias, etc. Se fabrican en unidades monofásicas desde 15 KVA hasta 75 KVA, en clases 15 Y 25 KV y en unidades trifásicas desde 45 KVA hasta 500 KVA, en clases 15 y 25 KV.

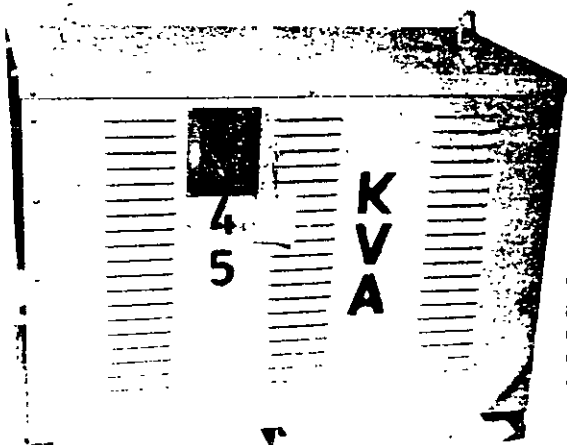


**LINEA DE PRODUCTO  
TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y  
TRANSFORMADORES PARA CONTROL Y ALUMBRADO**



**TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

Los transformadores de potencia están diseñados para llenar los requerimientos de energía eléctrica para la alimentación de edificios comerciales, hoteles, hospitales, plantas industriales, etc., donde la instalación de la subestación sea interior o intemperie y sobre piso. Se fabrican desde 750 KVA hasta 7500 KVA, en clases 15, 25 y 34.5 KV.

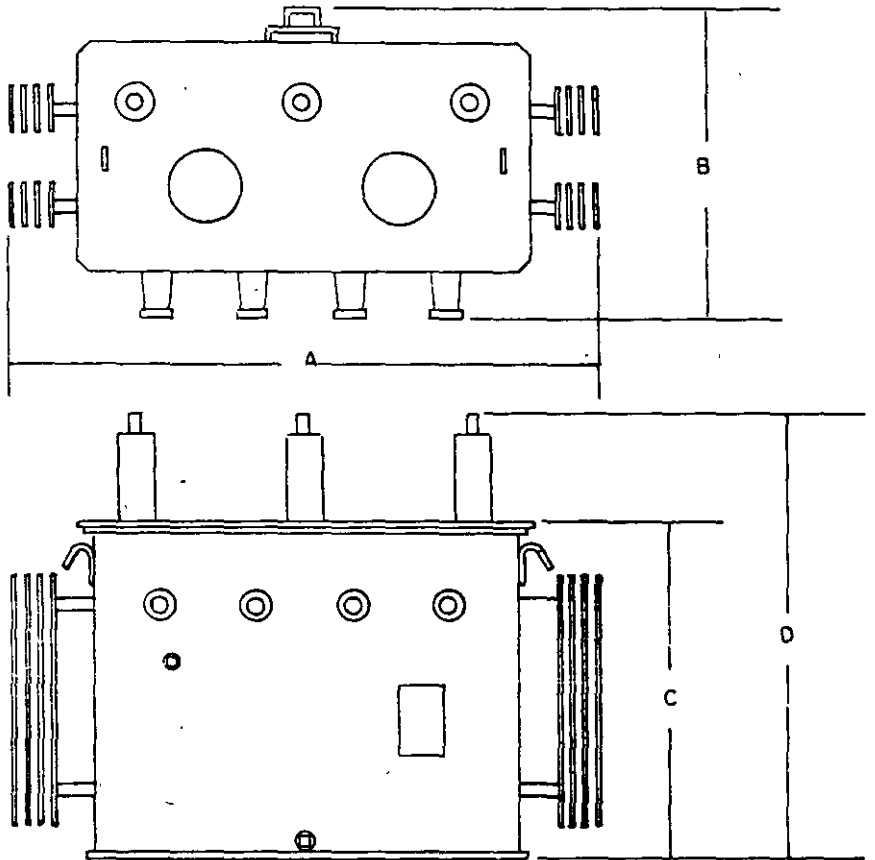


**TRANSFORMADORES PARA  
CONTROL Y ALUMBRADO**

Los transformadores para control y alumbrado Tipo Seco, tienen su aplicación en centros de estación de alumbrado o circuitos de control. Se fabrican en unidades monofásicas desde 10 KVA a 167 KVA, en clases 1.2, 2.4 y 5 KV; y en unidades trifásicas, de 15 KVA a 500 KVA, en clases 1.2, 2.4 y 5KV.



**INFORMACION TECNICA**  
**DIMENSIONES Y PESOS**  
**Transformadores de Distribución, Tipo Poste**



**3 (tres) Fases 60 Hz, 25 KV - 85°C**

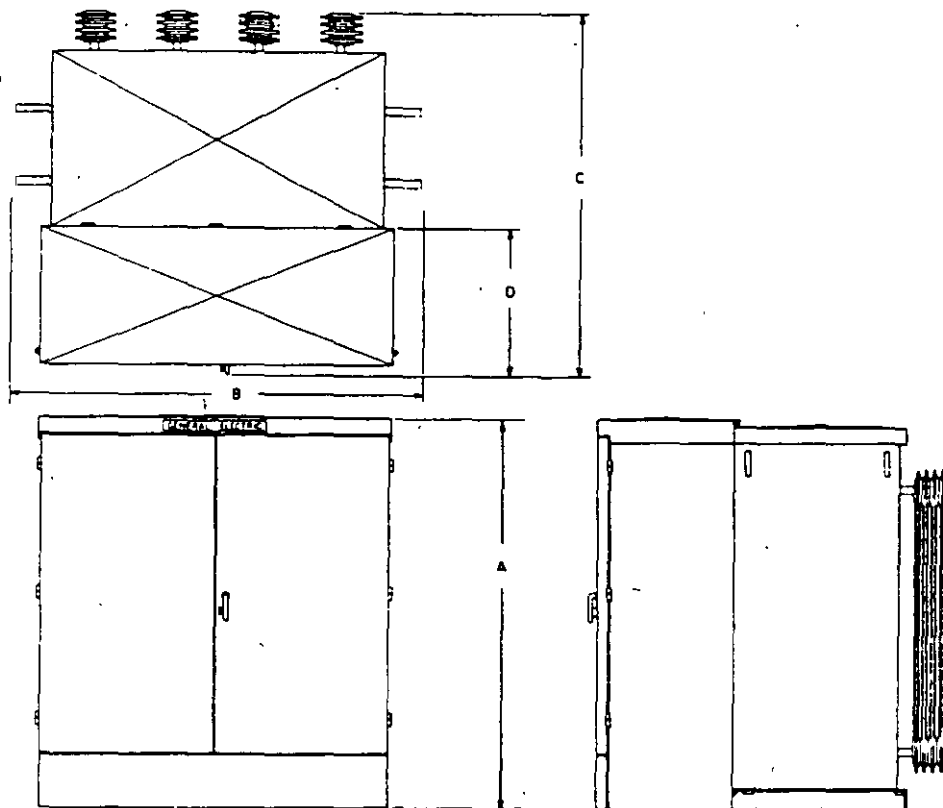
KVA	A	B	C	D	Peso total Kgs.	Aceite Lts.
15	843	546	511	737	216	82
30	871	646	614	885	327	111
45	904	675	613	930	388	130
75	1070	679	711	980	527	169
112.5	1180	624	646	905	586	152
150	1284	659	864	1139	763	220

**3 (tres) Fases, 60 Hz, 15 KV - 85°C**

45	1010	660	610	965	464	188
75	1048	654	813	1162	638	255
112.5	1149	698	813	1181	670	259
150	1378	698	914	1282	846	267



**INFORMACION TECNICA**  
**DIMENSIONES Y PESOS**  
**Transformadores de Distribución, Tipo Pedestal**



Trifásicos, 60 HZ, 15 KV y 25 KV-65°C

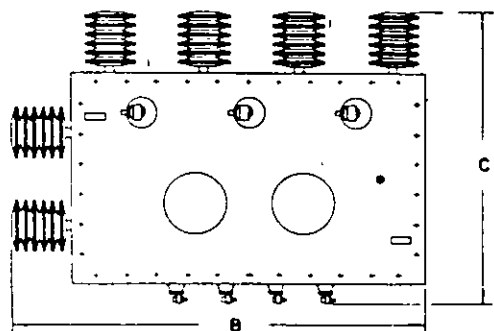
Acotaciones en mm.

Las dimensiones, pesos y volúmenes son aproximados y sujetos a cambio sin previo aviso

KVA	A	B	C	D	Peso total Kgs.	Aceite Lts.
45	1345	1380	1194	495	1503	848
75	1345	1380	1194	495	1524	780
112.5	1345	1380	1194	495	1581	766
150	1345	1380	1194	495	1581	765
225	1480	1689	1244	495	2237	848
300	1480	1689	1244	495	2402	898
500	1480	1689	1244	495	2603	767

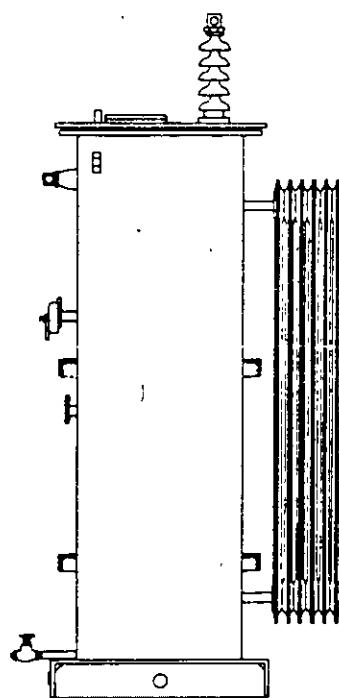
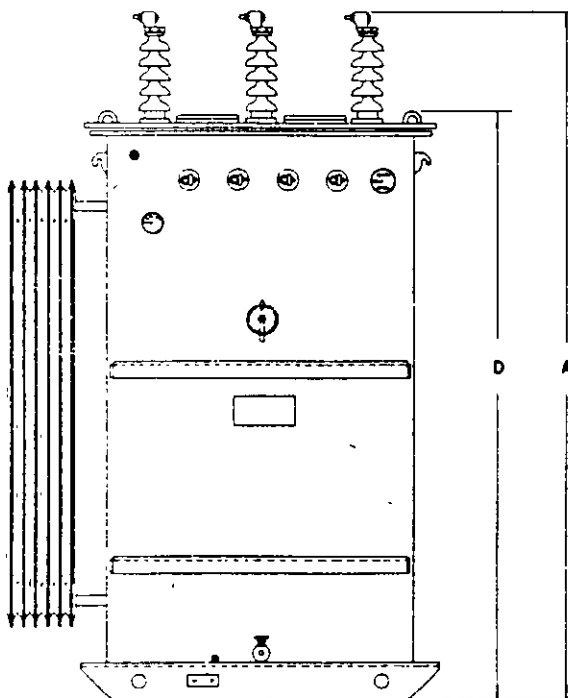


**INFORMACION TECNICA**  
**DIMENSIONES Y PESOS**  
**Transformadores de Distribución, Tipo Estación**



Acotaciones en mm.

Las dimensiones, pesos y volúmenes son aproximados y sujetos a cambio sin previo aviso



**3 (tres) Fases, 60 Hz, 25 KV - 65°C**

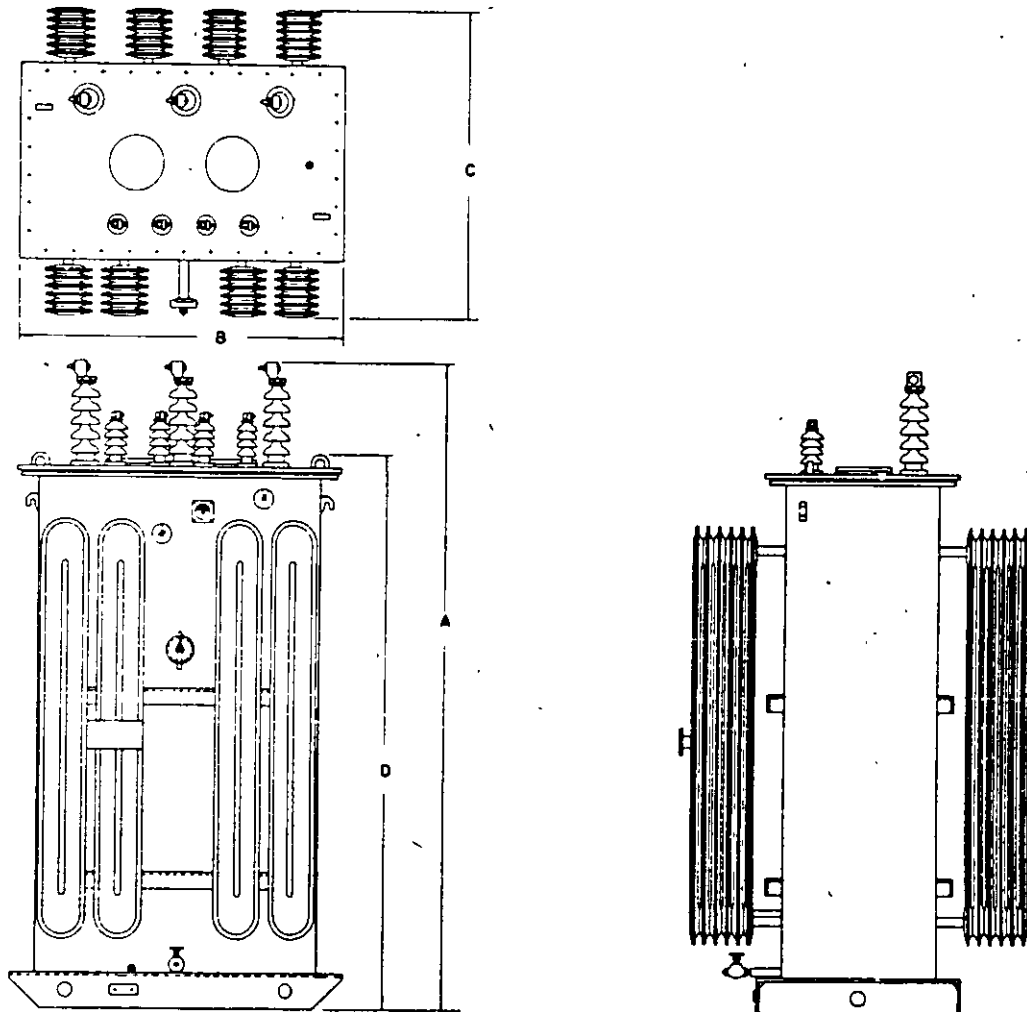
KVA	A	B	C	D	Peso total Kgs.	Acelite Lts.
225	1435	1280	1140	1162	1391	464
300	1556	1254	1241	1238	1635	562
500	1632	1867	1238	1365	2139	676

**3 (tres) Fases, 60 Hz, 34.5 KV - 95°C**

KVA	A	B	C	D	Peso total Kgs.	Acelite Lts.
225	1680	1229	1089	1289	1516	562
300	1680	1229	1191	1289	1611	540
500	1791	1854	1289	1416	2292	682



**INFORMACION TECNICA  
DIMENSIONES Y PESOS  
Transformadores de Potencia, Tipo Subestación**



**3 (tres) Fases, 60 Hz, 15 KV - 65°C**

KVA	A	B	C	D	Peso total Kgs.	Acelite Lts.
1000	2232	1346	1867	2010	3450	990
1500	2283	1537	1892	2060	4500	1180
2000	2359	1588	2146	2137	5180	1300
2500	2511	1689	2172	2289	6110	1580

**3 (tres) Fases, 60 Hz, 25 KV - 65°C**

750	2283	1232	1613	2010	3040	815
1000	2283	1346	1964	2010	3980	1070
1500	2334	1537	1994	2061	5010	1300
2000	2410	1588	2248	2137	5450	1430
2500	2562	1689	2352	2289	6480	1580

3.1.2.2. DIAGRAMA ELECTRICO DE LOS TRANSFORMADORES Y CARACTERISTICAS ELECTRICAS.

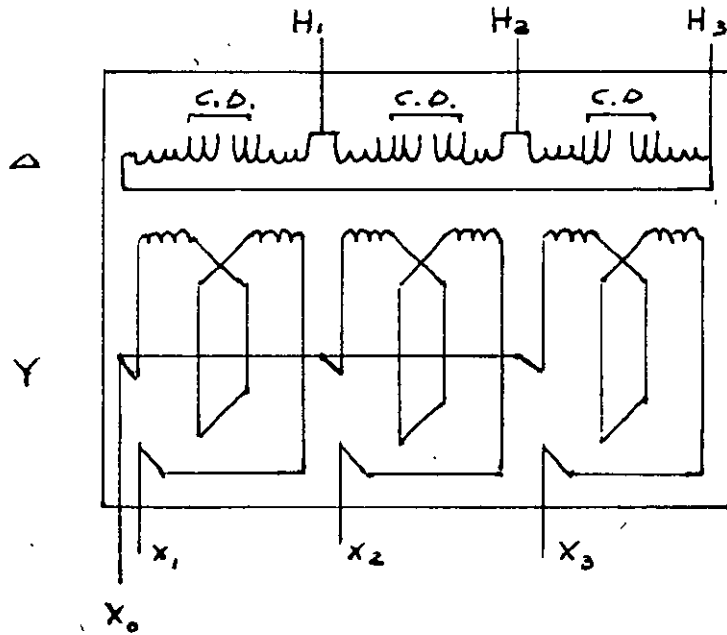
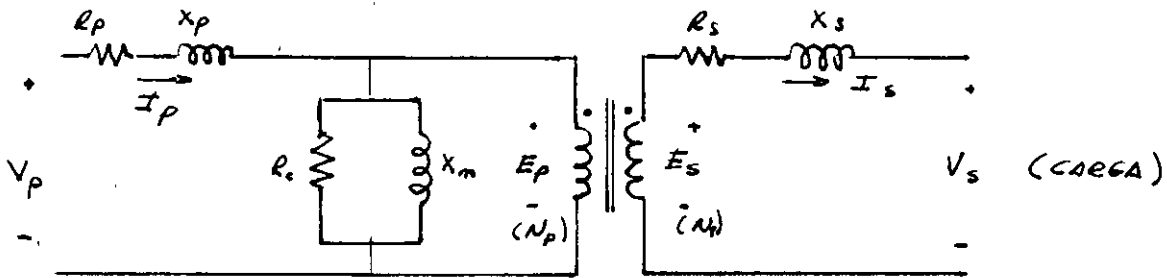


DIAGRAMA DE CONEXIONES



CIRCUITO EQUIVALENTE

Despreciando las impedancias propias del transformador, tanto del lado de alta como de baja, (esto significa despreciar las pérdidas en él), se acostumbra tomar como validas las siguientes relaciones:

$$\text{RELACION DE TRANSFORMACION } (a) = \frac{N_p}{N_s} \approx \frac{V_p}{V_s} \approx \frac{I_s}{I_p}$$

DE ESTA FORMA  $V_p = a \times V_s$  (i)

$I_p = I_s / a$  (ii)

$Z_p = a^2 \times Z_s$  (iii)

$S_p = S_s$  (iv)

## 4.4.9 transformadores para control y alumbrado

### a.— TIPO SECO

Los transformadores para control y alumbrado Tipo Seco, hallan su aplicación en cualquier estación de alumbrado o circuitos de control. Se fabrican en unidades monofásicas hasta 50 KVA, clase 1.2 KV y trifásicas hasta 150 KVA, clase 1.2 KV.

## 4.4.10 mantenimiento de transformadores en aceite

### a.— INTRODUCCION

El transformador es el equipo eléctrico con el cual el usuario comete mayores abusos, lo trabajan a sobrecargas continuas, se le protege inadecuadamente y si se le dedica un periodo de mantenimiento, éste por lo general es pobre.

Por supuesto que estos abusos se cometen a título de que el transformador es un aparato estático y que construido correctamente, sus posibilidades de fallas son mínimas. Sin embargo, tales abusos se reflejan en una disminución considerable de la vida útil del aparato.

En este tema revisaremos los tipos de fallas más comunes, su manifestación general, y la secuela de operaciones que permiten al hombre de mantenimiento el evitar o detectar las fallas. Y el mantenimiento preventivo adecuado para evitarlas.

### b.— TIPO DE FALLAS

Las fallas en el transformador, pueden ser clasificadas como

- a) Fallas en el aceite aislante y equipo auxiliar.
- b) Fallas en el devanado.

**Fallas en el aceite:** El aceite aislante se deteriora por la acción de la humedad, del oxígeno, por la presencia de catalizadores (cobre) y por temperatura.

La combinación de estos elementos, efectúan una acción química en el aceite, que da como resultado, entre otros, la generación de ácidos que atacan intensamente a los aislamientos y a las partes mecánicas del transformador. De esta acción química resultan los lodos que se precipitan en el transformador y que impiden la correcta disipación del calor, acelerando por lo tanto el envejecimiento de los aislamientos y su distribución.

La humedad presente en el aceite, se puede originar por el aire que inhala el transformador durante su proceso de trabajo, por fallas en sus juntas y fugas en general. También se genera por descomposición propia del aceite y de los aislamientos

El contenido de agua en el aceite, se define en partes por millón. 1,000 partes por millón (ppm) = 1% humedad.

Se dice que un aceite está en equilibrio, cuando su contenido de humedad es igual a 40 ppm. (0.04% de humedad). Bajo esta condición, ni el aceite cede su humedad a los aislamientos, ni éstos la ceden al aceite.

Al romperse la condición de equilibrio, es decir, aumentarse el valor de contenido de humedad en el aceite, se obtienen los siguientes resultados:

1. El aceite cede su humedad a los aislamientos, lo cual da por resultado que se incremente su valor de factor de potencia y sus pérdidas, lo que se traduce en envejecimiento y destrucción.

2. El incremento de humedad del aceite, da por resultado una disminución en su valor de voltaje de ruptura o rigidez dieléctrica. Con valores de contenido de agua de 60 ppm., el valor de rigidez dieléctrica se disminuye en un 13%.

El aceite se satura, cuando su contenido de humedad es de 100 ppm. (0.1%) - Bajo esta situación, cualquier adición en humedad será absorbida por los materiales fibrosos del transformador, como son: cartones, papeles aislantes y maderas.

De lo antes expuesto, concluimos que la inspección de un aceite aislante, debe abarcar al menos:

#### **Contenido de humedad.**

#### **Acidez.**

#### **Rigidez dieléctrica.**

#### **Presencia de lodos.**

Un aceite muy contaminado es aquél que presenta los siguientes valores:

- Contenido de humedad igual o mayor que 80 ppm.
- Acidez igual o mayor que 0.2 mg del número de neutralización de la potasa cáustica.
- Rigidez dieléctrica, menor o igual a 22 KV
- Se reporta presencia de lodos.

Bajo tal condición de contaminación, es recomendable sustituir el aceite, para lo cual se debe disponer lo siguiente:

- a) Sacar la parte viva
- b) Desechar el aceite
- c) Limpiar tanque, en su interior.
- d) Limpiar parte viva y secarla
- e) Sellar y llenar a vacío con aceite nuevo.

**Fallas en el equipo auxiliar:** Se debe tener la certeza que el equipo auxiliar de protección y medición funcione correctamente. Debe repasarse la tornillería

Los aisladores o bushings deben estar limpios y al menor signo de deterioro, deben reponerse

El tanque debe estar limpio, sus juntas no deben presentar signos de envejecimiento y se debe corregir de inmediato cualquier fuga. Sobre este particular, conviene hacer notar que en el caso de fuga y debido a que en el interior del tanque se tiende hacia una presión negativa, la humedad y el aire serán atraídos al interior del transformador.

Se debe revisar que no existan rastros de carbón en el interior del tanque y que tampoco presente señales de "abombamiento". Si notamos rastros de carbón, o señales de "abombamiento", debemos desconectar el transformador y tratar de determinar las causas que lo hayan generado.

**Fallas en los devanados:** Este tipo de fallas pueden ser ocasionadas por:

- Falsos contactos.
- Corto circuito externo.
- Corto circuito entre espiras.
- Sobretensiones por descargas atmosféricas.
- Sobretensiones por transitorios.
- Sobrecargas.

**Falsos contactos:** De no detectarse a tiempo, este tipo de falla deteriora el aislamiento y contamina el aceite produciendo gasificación, carbono y "abombamiento" del transformador.

Esta falla se manifiesta por presencia de carbón en las terminales o por terminales carcomidas o de una coloración intensa en aislamientos y conductor

Como los falsos contactos se originan por terminales sueltas, es recomendable apretar periódicamente las terminales externas e internas del transformador.

**Corto circuito externo:** Esta falla, como su nombre lo indica, es producida por un corto externo al transformador. El daño que produzca al transformador dependerá de su intensidad y del tiempo de duración.

La alta corriente que circula durante el corto, se traduce en esfuerzos mecánicos que distorsionan los devanados y hasta los ponen fuera de su lugar. Si el corto es intenso y prolongado, su efecto se reflejará en una degradación del aceite, sobrepresión, arqueos y "abombamiento" del tanque.

Después de una falla de este tipo y antes de poner en servicio el transformador, se debe tener la certeza de que se ha eliminado el corto y revisar exhaustivamente el transformador para determinar si está o no dañado.

**Corto circuito entre espiras:** Este tipo de fallas, son el resultado de aislamientos que pierden sus características por exceso de humedad, por sobrecalentamientos continuados, por exceso de voltaje, etc.

Estas fallas tardan tiempo en poner fuera de servicio al transformador y se manifiestan por un devanado regular, excepto en el punto de falla. Su ionización degrada al aceite y debe haber rastros de carbón en el tanque y posiblemente "abombamientos".

**Sobretensiones por descargas atmosféricas:** Para prevenir, en lo que cabe, este tipo de falla, se recomienda el uso de apartarrayos lo más cercano al transformador

Si la subestación es convencional y de instalación exterior, se disminuye la incidencia de descargas atmosféricas con el uso de hilo de guarda.

En caso de que la sobretensión resultante de la descarga atmosférica rebase los límites de nivel de impulso del transformador, el devanado sujeto a este esfuerzo fallará.

La manifestación de este tipo de fallas, son bobinas deterioradas en la parte más cercana al transformador, o sea, a los herrajes. Como el tiempo de duración de la falla es mucho muy corto, no se produce deterioro en el aceite, ni gasificación del mismo y por lo tanto no se observan por regla general, fallas o "abombamientos" en el tanque.

**Sobretensiones por transitorios:** Este tipo de sobretensiones son producidas por falsas operaciones de switcheo, por puesta de servicio y desconexión de bancos capacitores, etc. Los sobrevoltajes que se producen son del orden de hasta dos veces el voltaje de operación, su resultado de daño es a largo plazo y se define en algunas ocasiones como un corto circuito entre espiras.



Si ya el aislamiento estaba deteriorado, se manifiesta la falla como por un "disparo de bala expansiva". La ionización generada contamina el aceite, lo gasifica y se observa un "abombamiento" en el tanque.

**Sobrecargas:** Si las sobrecargas a que se sujeta el transformador no han sido tomadas en cuenta durante el diseño del aparato, éste se sujetará a un envejecimiento acelerado que destruirá sus aislamientos y su falla se definirá por un corto circuito entre espiras.

### c.— RESULTADOS

Del análisis de fallas en transformadores, podemos determinar que salvo en el caso de sobretensiones ocasionadas por rayos, todas las demás fallas se pueden prever con un buen mantenimiento de nuestro transformador y si la falla está en proceso, un buen registro de mantenimiento y estudio del mismo podrá detectarla a tiempo.

Lo eficiente del servicio dependerá de la periodicidad del mismo. Si bien es reconocido que un mantenimiento preventivo realizado en plazo de cada seis meses, es un buen servicio para el transformador en aceite, creemos que éste será mejor si disminuimos el tiempo transcurrido entre uno y otro, y el éxito del mismo dependerá de si se lleva o no un registro de operaciones y resultados. En nuestra operación de mantenimiento, debemos verificar lo siguiente

- 1.- **Relación de transformación**
- 2.- **Resistencia de aislamiento**
- 3.- **Factor de potencia del aislamiento.**
- 4.- **Resistencia óhmica de los devanados.**
- 5.- **Rigidez dieléctrica del aceite**

- 6.- **Revisar termómetro**
- 7.- **Verificar nivel de aceite.**
- 8.- **Limpiar tanque y bushings.**
- 9.- **Verificar que no hay fugas.**
- 10.- **Verificar que las juntas sellen bien y estén en buen estado.**
- 11.- **Apriete general de tornillería y conexiones.**
- 12.- **Verificar que sigue bien ventilado el cuarto en el que se aloja el transformador**
- 13.- **Verificar que no hay trazos de carbón, ni desprendimiento de gases o humos.**
- 14.- **Tomar una muestra adecuada de aceite para verificar sus características.**

Por supuesto que nuestra labor de mantenimiento preventivo, basada en una periodicidad adecuada y del análisis de sus resultados, contribuirá a lograr que nuestro transformador obtenga su vida útil, y a prevenir fallas en éste. Esto último es muy importante, pues el tener un transformador fuera de servicio se traduce al menos en una paralización parcial de operaciones y por lo tanto en pérdidas de producción.

### d.— RECOMENDACIONES PARA LA INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES

En vista de que los transformadores son los eslabones vitales para la operación de las grandes empresas industriales y comerciales, es necesario que para su funcionamiento continuo y confiable deba proporcionárseles una atención adecuada. Esto se logra solamente a través de un programa regular de inspecciones, pruebas y mantenimiento de rutina. A continuación presentamos una serie de recomendaciones hechas para un transformador crítico en su operación y que una falla de él ocasionará problemas de alto costo a la empresa.

**e.- PROGRAMA DE INSPECCION  
RECOMENDADO EN TRANSFORMADORES  
QUE MUESTRAN PROBLEMAS EN SU  
FUNCIONAMIENTO**

No.	RENGLONES A INSPECCIONAR	PROGRAMA RECOMENDADO
1.	Corriente de carga (amperes)	Cada hora o usar amperímetro registrador.
2.	Voltaje	Cada hora.
3.	Temperatura ambiente	Cada hora.
4.	Temperatura de los devanados	Cada hora.
5.	Temperatura del líquido	Cada hora.
6.	Presión del gas (tanque)	Cada hora.
7.	Nivel del líquido	Diario.
8.	Equipo de sellado automático de gas	
	a. Indicador de presión de gas del transformador.	Diario
	b. Contenido de gas del cilindro	Diario
	c. Circuito de alarma de baja presión	Trimestral
	d. Equipo externo de gas y herrajes	Semestral
9.	Equipo de enfriamiento por agua	
	a. Temperatura del agua dentro y fuera	Semanal.
	b. Velocidad del gasto de agua	Semestral.
	c. Bombas de agua	Mensual.
	d. Bombas de circulación de aceite	Mensual.
10.	Equipo de enfriamiento FOA o FA	
	a. Ventiladores-aspas y motores por acumulación de suciedad	Mensual
	b. Cojinetes de ventiladores Lubricación	Cada dos años o después de 6,000 horas de operación, lo primero que ocurra.
	c. Intercambiador de calor (núcleo del radiador)	Anual.
11.	Transformadores tipo seco (enfriados con aire torzado) Temperatura del aire dentro y fuera	Cada hora.

**f.- PROGRAMA DE INSPECCION  
RECOMENDADO PARA LOS ACCESORIOS  
AUXILIARES QUE REQUIEREN QUE EL  
TRANSFORMADOR SEA DESCONECTADO**

No.	RENGLONES A INSPECCIONAR	PROGRAMA RECOMENDADO
1.	Tanque, accesorios y empaques por fugas, herrumbre, etc.	Semestral
2.	Dispositivos de liberación de presión	Trimestral
3.	Boquillas	Semestral
4.	Apartarrayos	Semestral
5.	Cambiadores de derivación	Semestral
6.	Equipo de Control, Relevadores y Circuitos	Mensual
7.	Conexiones de tierra	Semestral
8.	Alarmas de protección	Mensual
9.	Análisis de gas	Mensual
10.	Prueba de presión de bobinas de enfriamiento o intercambiador de calor externo	Anual

**g.- PROGRAMA RECOMENDADO DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO**

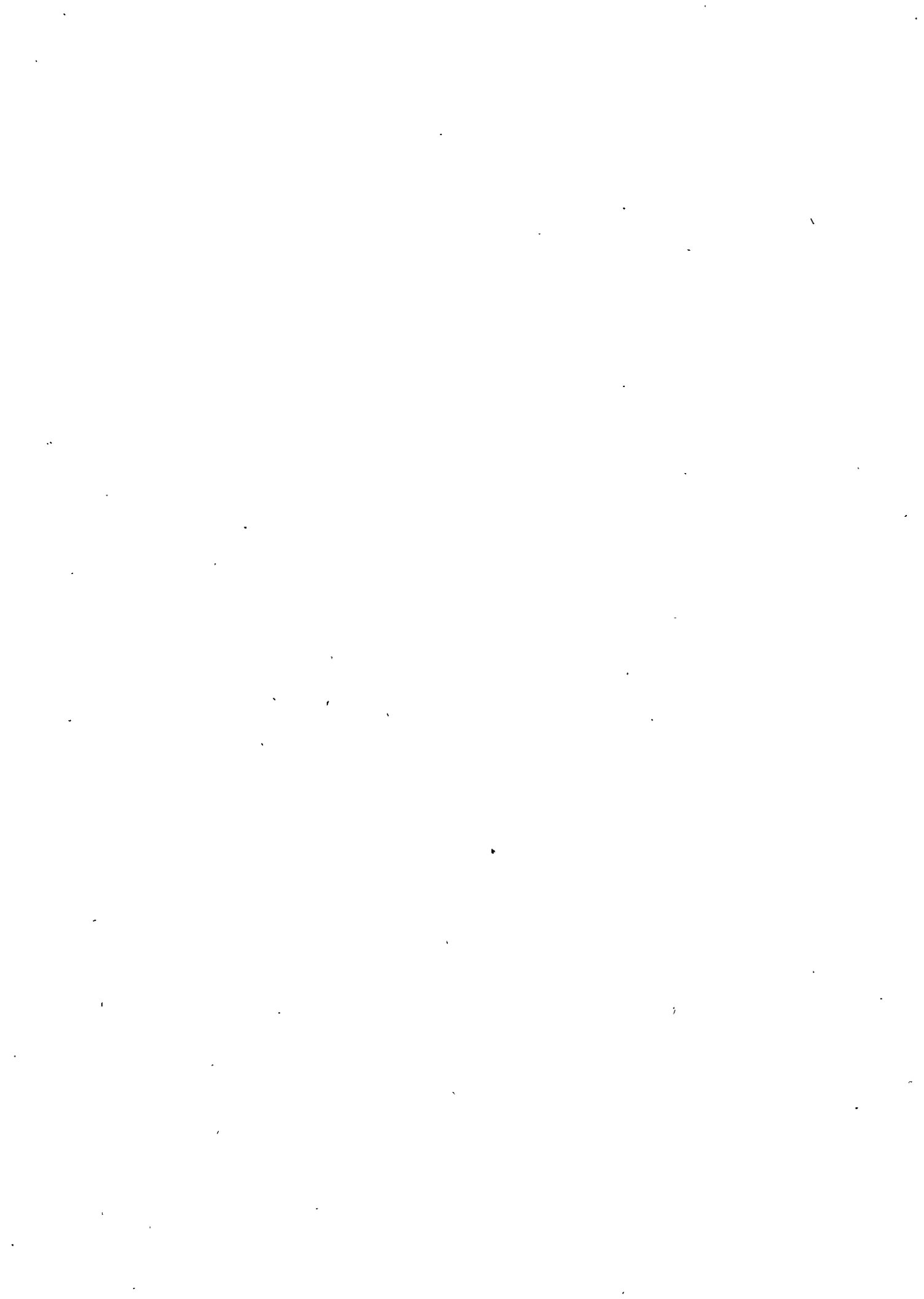
No.	PRUEBA DE MANTENIMIENTO	PROGRAMA
1.	Líquido aislante	
	a Resistencia dieléctrica	Anual
	b Número de neutralización	Anual
	c. Color	Anual
2.	Resistencia de aislamiento	Anual
3.	Indice de polarización	Anual
4.	Factor de Potencia	Anual
5.	Alto potencial de CA (Hi-Pot)	Cada 5 años
6.	Prueba de voltaje inducido	Cada 5 años

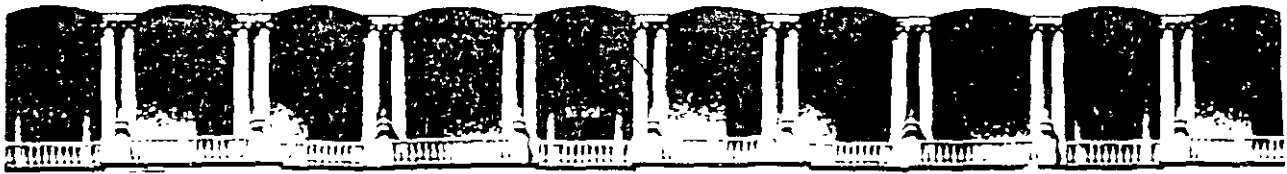
**h.- VALORES LIMITE DE PRUEBA PARA ACEITE TIPO MINERAL**

PRUEBA	SATISFACTORIO	DEBE SER FILTRADO	DESCARTESE Y REEMPLACESE
Resistencia dieléctrica (ASTM D-899)	23 KV	Menos de 22 KV	-
Número de neutralización	0.4 Máx.	0.4 a 1.0	Mayor de 1.0
Color	3½ Máx.	Arriba de 3½	-

**i.- VALORES LIMITE DE PRUEBA PARA LIQUIDOS TIPO ASKAREL**

PRUEBA	SATISFACTORIO	DEBE SER FILTRADO	DESCARTESE Y REEMPLACESE
Resistencia dieléctrica (ASTM D-899)	26 KV	Menos de 25 KV	-
Número de neutralización	0.05	Mayor de 0.05	-
Color	2.0	Arriba de 2.0	-





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

**CURSOS INSTITUCIONALES**

**INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS**

Del 8 al 19 de abril de 1996

**DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**

**M A T E R I A L      C O M P L E M E N T A R I O**

**MEXICO, D.F.**

**1996**

## **8. ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS QUE CONSTITUYEN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .**

Para su identificación, recurriremos a los diagramas de la misma.

### **8.1. DIAGRAMA GENERAL**

Se entiende como tal, a un dibujo esquemático, donde se desglosa la representación a través de símbolos normalizados que representan a toda la instalación eléctrica, mostrando además la interconexión de los diferentes equipos que las componen.

#### **8.1.1. DIAGRAMA A BLOQUES (fig. No.1)**

Es la representación a bloques de los componentes.

#### **8.1.2. DIAGRAMA UNIFILAR (fig. No. 2)**

Es la representación de la instalación con una sola línea que simboliza a una de las fases de los sistemas, (independientemente del número de fases que tengan). En estos diagramas en las leyendas de los equipos se indican sus características y a través de estos datos se podrá identificar, entre otras cosas, el número de fases de nuestra instalación.

#### **8.1.3. DIAGRAMAS O CORTES ISOMETRICOS.**

Estos diagramas son muy útiles para ilustrar la trayectoria de las canalizaciones y ubicación de los equipos. Normalmente son requeridos en las estimaciones para cuantificar el volumen de la obra. También son de mucha utilidad para mejor comprensión de los planos durante la obra.

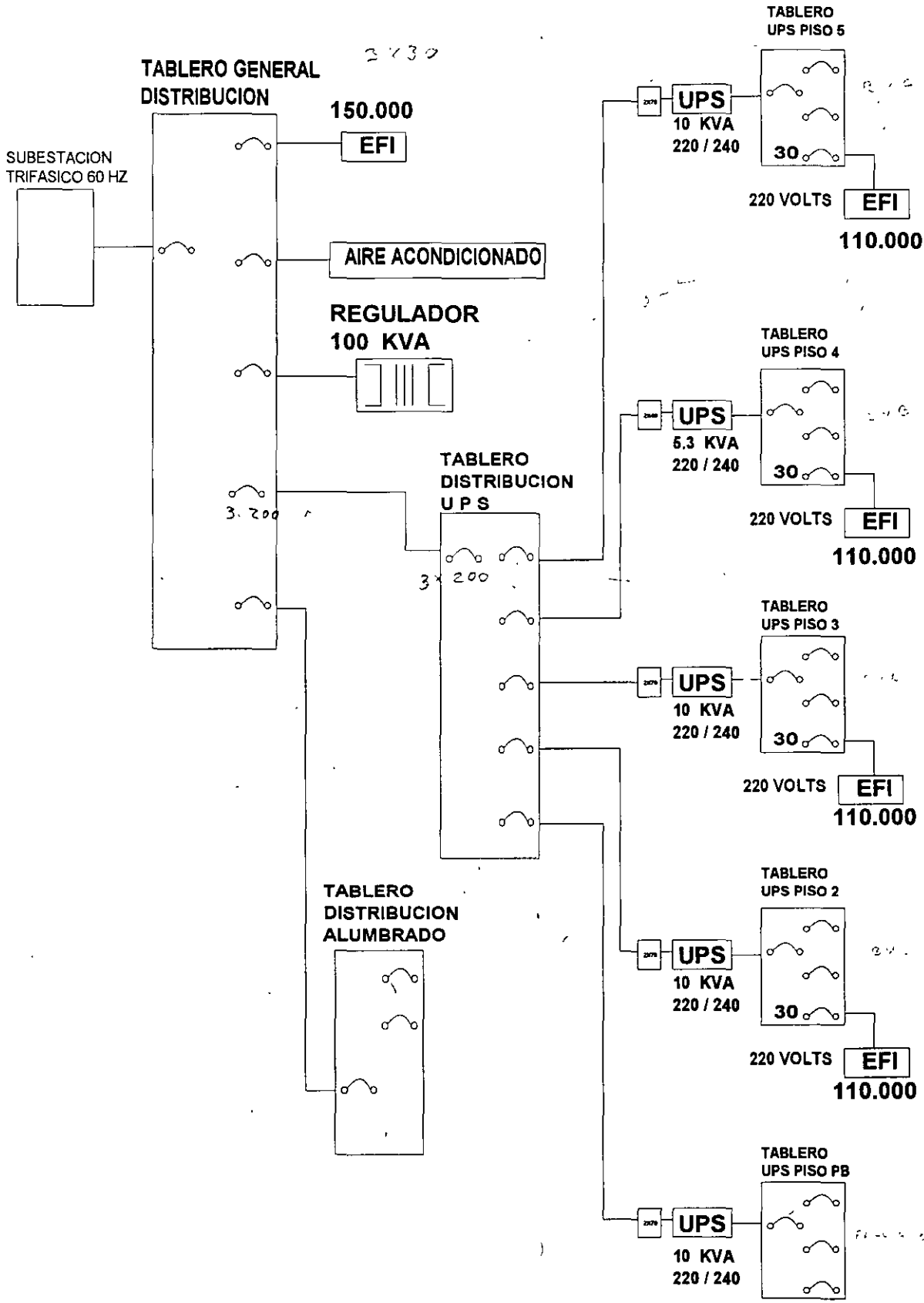
## **8.2. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA INSTALACION TIPICA PARA EDIFICIOS: (fig. No. 2)**

### **8.2.1. ACOMETIDA ELECTRICA (No 1)**

Se entiende como tal a los conductores y equipo necesario para llevar la energía de suministro (red de distribución) al sistema de alambreado de la propiedad alimentada. (dispositivo principal de protección)

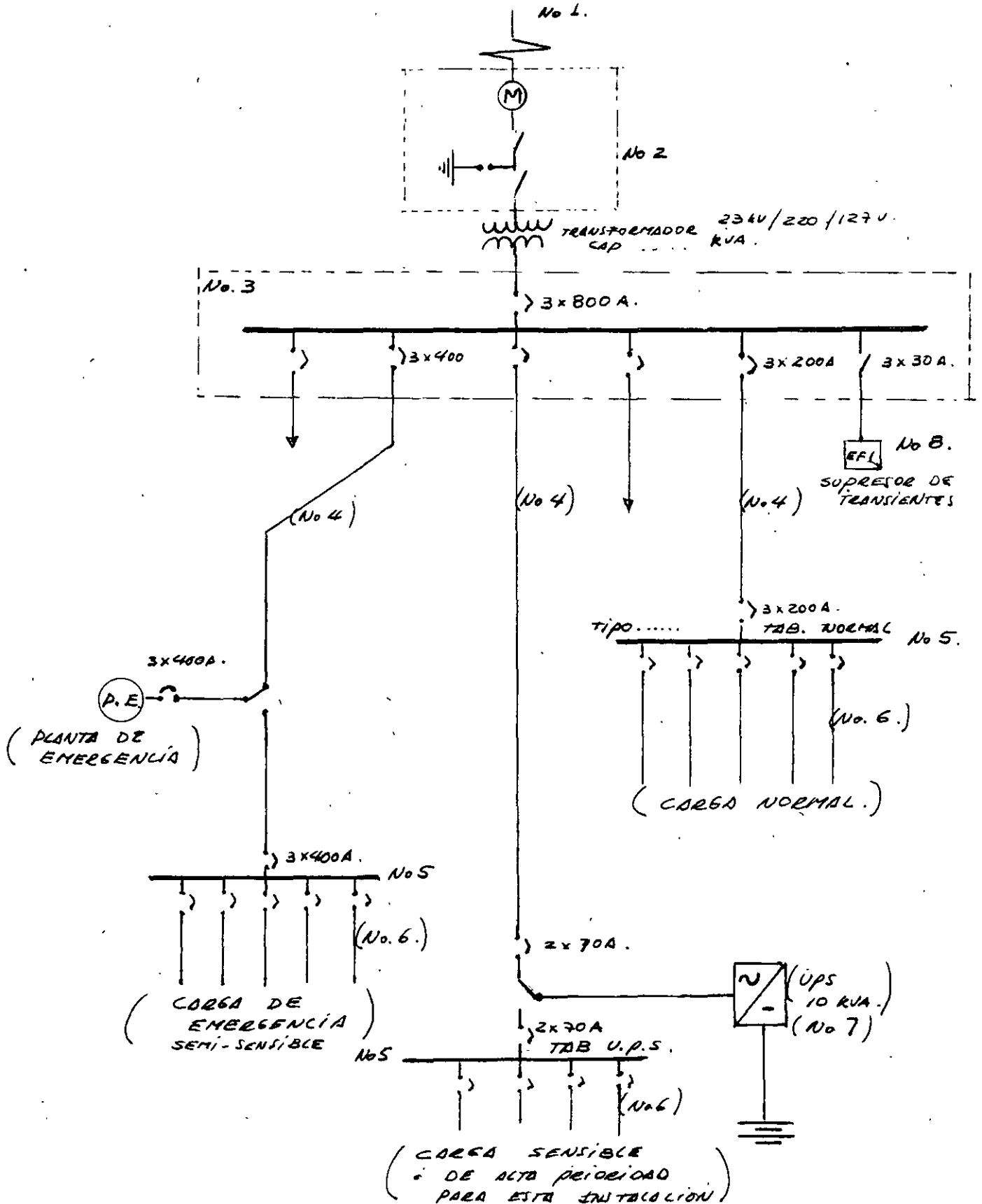
La acometida podrá ser aérea ó subterránea, dependiendo de la red de distribución de que se trate.

Conforme a la definición anterior, el equipo de medición se puede considerar como parte constitutiva de la acometida eléctrica. Esta medición podrá ser a su vez con medición en alta tensión a través de los transformadores de potencial (TP) y los de corriente (TC) ó en baja tensión. Cuando la demanda es grande, aún en baja tensión se utilizan TC's para reducir la corriente a valores tolerados por los equipos de medición. (Normalmente 5 Amp. De esta forma en TARIFA O-M, es muy común hablar de equipos de medición con relación 300/5, 150/5, etc.) La elección de una u otra dependerá de la tarifa contratada que a su vez esta ligada a la magnitud de la demanda del usuario.



2 x 30 UPS  
 1 x 5.3 KVA UPS  
 3 x 10 KVA UPS

DIAGRAMA UNIFILAR ILUSTRATIVO DE UN EDIFICIO (Fig. No. 2)





## 8.2.2. SUBESTACION ELECTRICA (No. 2)

Cuando nuestra instalación requiere una acometida en alta tensión, necesitaremos de la instalación de una subestación eléctrica.

### 8.2.2.1. SUBESTACION ELECTRICA RECEPTORA.

En caso de que vayamos a contar con una red primaria de distribución ( alta tensión ), se utilizará este tipo de subestación para recibir la acometida, efectuar la medición y distribuir a nuestros alimentadores de alta tensión con la protección adecuada.

### 8.2.2.2. SUBESTACION ELECTRICA DE DISTRIBUCION ( DE TRANSFORMACION DE VOLTAJE)

Normalmente es la que se conoce simplemente como subestación eléctrica y corresponde a la tradicional subestación que recibe la acometida en alta tensión y reduce el voltaje al valor de utilización final. (Normalmente 220v/127v)

## 8.2.3. DISPOSITIVOS DE DESCONEXION Y PROTECCION PRINCIPAL. (No 2)

Están integrados normalmente en un solo dispositivo, ya que de acuerdo con las normas técnicas indica que la entrada de servicio debe tener un elemento que permita desconectar a todos los conductores de la instalación alimentada, así como un medio de protección contra sobrecorriente.

En caso de contar con una subestación eléctrica, este dispositivo es parte de la misma y se lo conoce como INTERRUPTOR PRINCIPAL DE ALTA TENSION.

## 8.2.4. SISTEMA DE DISTRIBUCION.

Se acostumbra dividir en primario y secundario, dependiendo de la tensión de utilización en nuestra instalación y del arreglo de distribución que elijamos. En instalaciones grandes ó donde se requieren diferentes voltajes de operación, será necesaria la inclusión de redes primarias de distribución.

El sistema secundario ó de baja tensión, se compone básicamente por:

- Tableros de potencia ó generales.(No. 3)
- Circuitos Alimentadores (No.4)
- Tableros de distribución (No.5)
- Circuitos derivados (No.6)

También se puede considerar ocasional como equipo constitutivo del sistema de distribución a Equipo especial como ser:

- Plantas de emergencia
- Fuentes ininterrumpibles de poder (UPS) (No.7)
- Protecciones especiales para el suministro adecuado (No.8, No.9).

## 8.2.5. DISPOSITIVOS DE UTILIZACION O CARGAS No. 10)

En nuestro sistema representará al conjunto de elementos que usarán la energía eléctrica del sistema. Se define como cualquier dispositivo adecuado para absorber o transformar la energía eléctrica, ya sea en energía luminosa (lámparas), energía mecánica (motores), energía térmica (calefactores), o cualquier otra forma de energía.

Si consideramos que el objetivo final de nuestros servicios se limita a suministrar eléctricamente a las cargas o dispositivos de utilización, nos daremos cuenta de la importancia de su análisis.

### 8.2.5.1. CLASIFICACION:

#### 8.2.5.1.1. POR SU COMPORTAMIENTO CON LAS INTERRUPCIONES:

- SENSIBLES

Cargas en las que una interrupción de alimentación de energía eléctrica, aunque sea muy breve puede causar perjuicios importantes al consumidor. Ej. estaciones de televisión, pérdida de información en centros de cómputo, quirófanos de hospitales, etc.

- SEMI-SENSIBLES

Cargas o equipos en las que interrupciones de pocos minutos no causa grandes problemas al consumidor. Ej. Industria de la refrigeración.

- NORMALES

Cargas o equipos cuya falta de suministro obviamente ocasiona un malestar pero que por su fabricación o importancia no tiene mayores repercusiones.

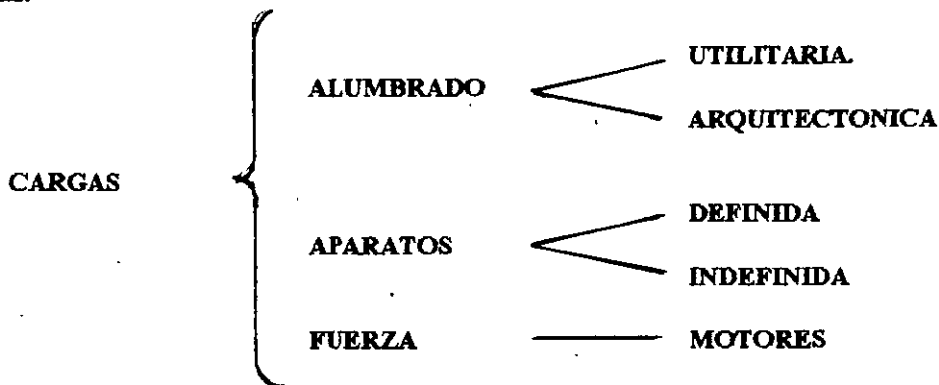
#### 8.2.5.1.2. DE ACUERDO A SU FUENTE DE ALIMENTACION:

- CARGAS DEL SISTEMA NORMAL

- CARGAS DEL 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 manera siguiente:



**CARGAS DE ALUMBRADO UTILITARIAS.**

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

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

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

**CARGAS DE ALUMBRADO ARQUITECTONICAS.**

Se entiende como tales a las que se utilizan básicamente para realizar la estética arquitectónica de los edificios ó como complemento para la ornamentación.

**CARGAS DE APARATOS DEFINIDAS.-**

Son aquellas cuyas características y localización ya se encuentran determinadas, por ejemplo: calefactores, acondicionadores de aire, aparatos domésticos, equipos telefónicos, equipos de sonido, alarmas, rayos X, etc. 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 típicos son las siguientes:

	WATTS TÍPICOS	VOLTAJE USUAL
PLANCHADORA	1600	127
LAVADORA ROPA	1200	127
SECADORA	5000	127-220
PLANCHA	1000	127
CALENTADOR DE AGUA	3000	127-220
CALEFACTOR	1000-2500	127-220
TELEVISOR	300	127
ACONDICIONADOR	1200-2400	127-220
ESTUFA	1200	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

### **CARGAS DE APARATOS INDEFINIDAS.-**

Son aquellas que no se encuentran perfectamente determinadas pero que sabemos serán requeridas en su momento, con ellas se prevé el uso de aparatos pequeños o de alumbrado suplementario en una zona determinada. Su uso implica utilizar elementos de conexión, conocidos con el nombre de contactos.

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

### **CARGAS DE FUERZA**

Las cargas de fuerza básicamente están constituidas por los motores eléctricos. Se definen por las características de placa de estos dispositivos.

La localización de estas cargas deberá ser accesible para su montaje, servicio y 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 como los de desconexión deberán estar visibles desde el motor, con objeto de tener una mayor seguridad. Al considerarse la corriente de un motor, se deberá tener presente que durante el arranque ésta aumenta de 5 a 7 veces, dependiendo del tamaño y tipo del motor.

Para motores mayores de 10 C:P: es necesario utilizar arrancadores con voltaje reducido.

**(TODO LO REFERENTE A MOTORES ENCONTRARÁ EN EL ARTICULO 430 DE LAS NOM-001-SEMP-1994.)**

### 8.2.5.1.3. DE ACUERDO A SU COMPORTAMIENTO ELECTRICO

- RESISTIVAS.

Aquellas compuestas básicamente por resistencias y cuyo consumo prácticamente sea puramente de potencia activa. (WATTS Y SUS MULTIPLOS)

- REACTIVAS INDUCTIVAS

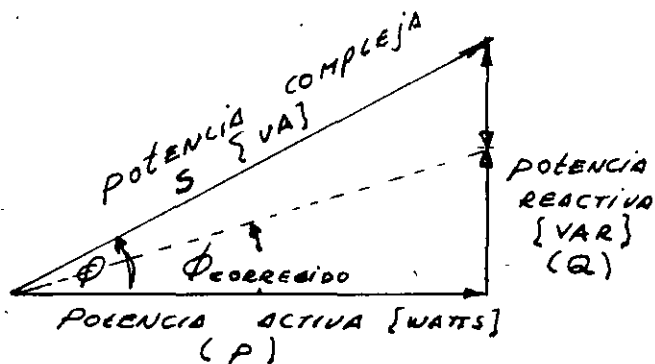
Cargas formadas por bobinas, cuyo consumo de potencia reactiva inductiva ocasiona un desfase de la corriente compleja de atrasado respecto a la corriente resistida.

En esta clasificación se encuentran los motores, balastos inductivos, etc.

- REACTIVAS CAPACITAS

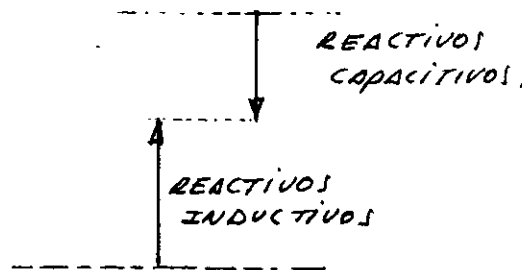
Cargas formadas por capacitores ó generadores muy especiales llamados sincros. Estas cargas ocasionan un desfase en adelante de su corriente respecto a la reactiva. Estas cargas, a nivel potencia, estan representadas por los bancos de capacitores, que se utilizan para inyectar a la línea potencia capacitiva y mejorar el factor de potencia a un valor mayor o igual a 0.9.

\* El factor de potencia se define en el TRIANGULO DE POTENCIAS como el coseno del ángulo formado por la potencia aparente o compleja, medida en VA y la potencia activa o resistida medida en WATTS.



TRIANGULO DE POTENCIAS.

$$F.P. = \cos \phi = \frac{P}{S}$$



### 8.2.5.1.4. DE ACUERDO A SU COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA (EMC)

Se entiende como tal a la aptitud de una carga para funcionar satisfactoriamente en su ambiente electromagnético, sin introducir perturbaciones intolerables en ese ambiente o en otros equipos soportar las producidas por otros equipos. Este concepto va muy ligado a las interferencias electromagnéticas (EMI) y a la susceptibilidad electromagnética (EMS)

En algunos países ya se esta regulando la EMC a través de reglamentos que se remiten a las Normas técnicas.



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

**CURSOS INSTITUCIONALES**

**INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS**

del 8 al 19 de abril de 1996

**DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**

**SISTEMAS DE TIERRAS FISICAS**

**Ing. Percy Sarmiento N.  
México, D.F.  
1996**

## SISTEMA DE TIERRAS FÍSICAS

### 1. GENERALIDADES E IMPORTANCIA:

La conducción de altas corrientes a tierra en instalaciones eléctricas, debidas a disturbios atmosféricos o fallas del equipo obliga a tomar precauciones para que los gradientes eléctricos o las tensiones resultantes no ofrezcan un peligro a operadores o en gral. al usuario. El hecho de preferir en fechas recientes sistemas sólidamente conectados a tierra, ha aumentado la magnitud de las corrientes a tierra y eso obliga a un diseño meticuloso de redes de tierra para evitar accidentes ya que fácilmente se llega a intensidades de algunos miles de amp.

Intensidades de este orden de magnitud, producen gradientes eléctricos elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra y si se da la circunstancia de que algún ser viviente puentee dos regiones a la distancia de un paso normal, puede sufrir una descarga de magnitud que sobrepase el límite de su engarrotamiento muscular y que provoque su caída, abarcando superficies de mayor potencial y haciendo que la corriente que circule por su cuerpo aumente. Si por desgracia ésta pasa por algún órgano vital como el corazón, puede resultar en fibrilación ventricular y la muerte. Lo que regula el engarrotamiento muscular que no permite soltar el objeto electrizado, es la intensidad de la corriente; pero la tensión aplicada está relacionada con ésta a través de la resistencia óhmica de la parte del cuerpo que queda en contacto con los potenciales diferentes. Esta resistencia es muy variable y depende de si el contacto es húmedo ó en piel seca, si es a través de zapatos o ropa, de la parte del cuerpo que se inserte en el circuito y de circunstancias momentáneas como estados del cuerpo. La digestión o el estado de ánimo (como ser miedo), influyen notablemente a abatir la resistencia del cuerpo humano. Por otra parte, el tejido humano tiene una característica negativa de resistencia, es decir la resistencia del cuerpo disminuye al aumentar la corriente y el tiempo de contacto, con el resultado de que al doblar la tensión aplicada, la corriente sube a más del doble. En los diseños se trata de limitar las tensiones a valores que puedan ser soportadas por las personas, aunque no se puede excluir que a pesar de todo se presente algún caso fatal.

Independientemente al aspecto de seguridad y de la operación rápida de las protecciones, el sistema de tierras se utiliza en los equipos, como voltaje de referencia y en la actualidad esta tomando mayor realce debido a que el uso generalizado de los sistemas de cómputo, comunicaciones y que tengan componentes electrónicos en general, no permiten elevaciones de potencial ya que este tipo de elementos pueden sufrir daños con potenciales del orden de 300 volts. Peor aún, en los sistemas de cómputo, con un impulso de sobretensión se puede introducir un dato erróneo, lo cual puede ser más nocivo que el daño físico.

### 2. CORRIENTES Y POTENCIALES PELIGROSOS

Es frecuente creer erróneamente que un equipo aterrizado puede ser tocado con seguridad cuando la resistencia a tierra es baja, sin embargo, no es fácil determinar la relación entre la resistencia del sistema de tierras y la corriente máxima en la cual una persona puede ser dañada. Incluso una subestación con baja resistencia a tierra puede ser peligrosa bajo determinadas circunstancias.

Puede ocurrir algún accidente cuando:

- Corriente de falla a tierra muy elevada en relación con el área que ocupa el sistema de tierras y su resistencia a una tierra remota.
- La resistividad del suelo y la distribución de la corriente que puede generar gradientes de potencial elevados en la superficie.
- La posición de un individuo entre dos puntos con una alta diferencia de potencial.
- Duración excesiva de la falla; el flujo de corriente a través del cuerpo humano por un tiempo suficiente puede causar quemaduras y hasta la muerte.

## 2.1. CORRIENTE DE FIBRILACION

Es aquella que se produce al existir una diferencia de potencial entre dos partes del organismo. El potencial tolerable del cuerpo humano esta en funcion de esta corriente, que al circular por el corazón, primeramente le produce una arritmia cardiaca, procediendo a detenerlo por completo causándole la muerte.

El umbral de percepción se acepta generalmente de 1 mA. Si el camino de la corriente incluye la mano y el antebrazo, las contracciones musculares, el malestar y el dolor aumentan al crecer la corriente y bastan intensidades de algunos mA para producir el engarrotamiento de los músculos y evitar que el sujeto pueda soltar el electrodo agarrado por la mano.

Los efectos mas comunes de la circulación de la corriente eléctrica por el cuerpo humano pueden enumerarse en el orden que corresponde al aumento de la corriente: percepción (1 mA), contracciones musculares o engarrotamiento (6 mA), inconsciencia, fibrilación ventricular, bloqueo de los nervios respiratorios y quemaduras.

Todas las autoridades en la materia están de acuerdo que pueden ser toleradas intensidades de corriente superiores, siempre y cuando la duración sea muy corta. Las ecuaciones empíricas que ligán estos parámetros son:

$$I = 0.116 / (\sqrt{t}) \quad \text{para personas de 50 kg de peso}$$

$$I = 0.157 / (\sqrt{t}) \quad \text{para personas de 70 kg de peso.}$$

I..... corriente de fibrilación  
t..... tiempo que circula la corriente.

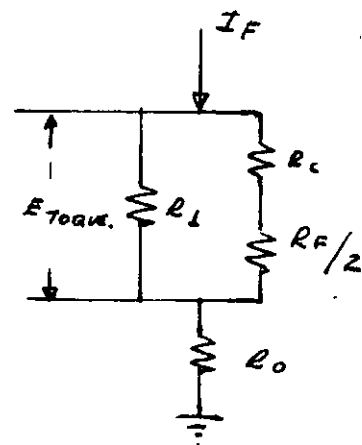
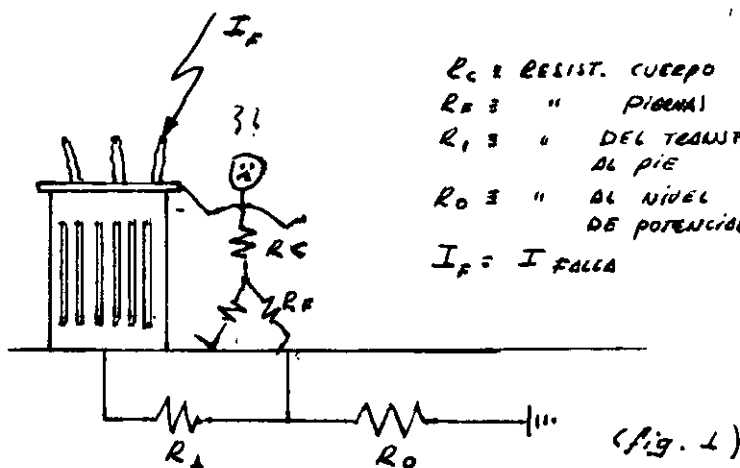
Esta ecuación no es válida para tiempos grandes ni muy cortos. Se basa en pruebas hasta 3 segundos. Respaldados en esta ecuación, cuando no se especifica el tiempo se han fijado umbrales de 100 mA, aunque para mayor seguridad, mejor tomar el valor de 25 mA.

## 2.2. POTENCIAL DE TOQUE:

Este potencial se presenta cuando se toca una estructura por la cual circula una corriente de falla. Tomando las consideraciones de corriente de fibrilación y de resistencia del cuerpo ( de 1000 Ohms como promedio entre: brazo y brazo, pierna y pierna, brazo y pierna), el potencial que podemos soportar esta dado por las siguientes ecuaciones:

POTENCIAL DE TOQUE =  $(116 + 0.17\sqrt{\rho_s}) / (\sqrt{t})$  para 50 kg.  
=  $(157 + 0.24\sqrt{\rho_s}) / (\sqrt{t})$  para 70 kg

$\rho_s$  = Resistividad de la superficie del suelo en Ohms - metro  
t = Duración de la falla en segundos..

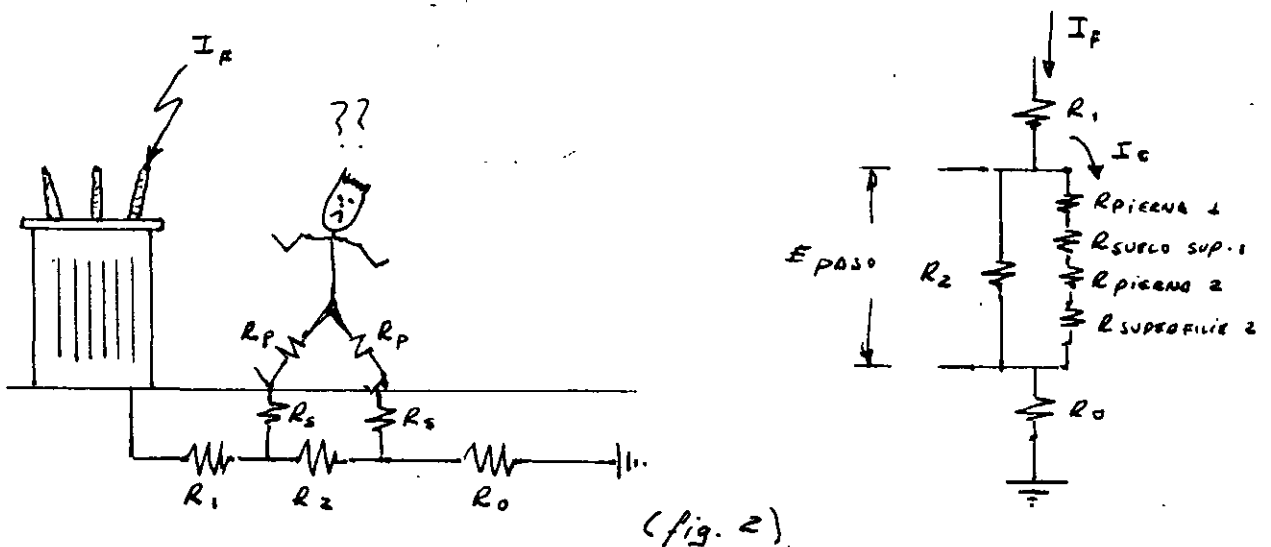




### 2.3. POTENCIAL DE PASO:

Es el potencial que puede soportar un individuo que se encuentra parado o caminando cerca del lugar de la falla, si se rebasa este potencial, se produce una contracción muscular en las piernas, es decir no responden a los impulsos del cerebro y el individuo cae al piso; ahí queda expuesto a las corrientes que circulan por el corazón.

$$\begin{aligned} \text{POTENCIAL DE PASO} &= (116 + 0.7 I_f) / (\sqrt{t}) \quad \text{PARA 50 kg.} \\ &= (157 + I_f) / (\sqrt{t}) \quad \text{PARA 70 kg.} \end{aligned}$$



### 2.4. POTENCIAL TRANSFERIDO:

Se producen cuando existen elementos metálicos que salen del lugar de la falla como ser: rieles, hilo de guarda, tuberías, etc.

Bajo condiciones normales, el equipo aterrizado opera a nivel voltaje cero o cercano a cero y este voltaje es idéntico al de una red remota. En el caso de existir una falla, se eleva el potencial con respecto a la red remota, existiendo una diferencia de potencial que es proporcional a la magnitud de la corriente en la malla de tierras y a su resistencia.

No es práctico e incluso casi imposible diseñar un sistema de tierras en base a los potenciales transferidos, es más práctico aislar las tuberías o elementos metálicos que salen de las subestaciones.

### 2.5. DURACION DE LA FALLA (t)

Analizando lo dicho anteriormente y las ecuaciones de potenciales tolerables, vemos la necesidad de reducir el tiempo de falla al mínimo. La experiencia muestra que las muertes por electrocución son por lo general exposiciones a fallas de larga duración. El tiempo típico para apertura de interruptores es de medio segundo, sin embargo se ha demostrado que para tiempos de falla de un tercio de segundo, el peligro de fibrilación ventricular disminuye.

Es muy importante la coordinación de aislamiento ó mejor entendido como la coordinaciones de las protecciones que indirectamente dependen de un buen sistema de aterrizamiento para su correcta y pronta operación.

**EJEMPLOS DE APLICACION DE LAS ECUACIONES:**

- En una subestación, un trabajador esta dando mantenimiento a un tablero y ocurre una falla, presentándose una tensión máxima de 3000 v. El piso donde se encuentra tiene resistividad de  $3000 \Omega \cdot m$ , la protección opera la protección en 0.5 seg. Determinar si el trabajador sufre algún daño.

reemplazando datos..... $P_T = (157 + 0.24(3000))/(0.5) = 1253$  volts.  
 como 1253 volts es menor que 3000 volts el trabajador si es dañado.

- Un niño inserta un tenedor a un contacto durante aproximadamente un seg. La protección no opera. El niño se encuentra sobre la alfombra. ( $f_s = 5000 \Omega \cdot m$ )

reemplazando datos.... $P_T = (116 + 0.7(5000))/1 = 966$  volts.  
 como el niño recibe 127 volts y es menor que 966 volts, no sufre ningún daño.

**3. CARACTERISTICAS ELECTRICAS DEL SUELO:****3.1 RESISTIVIDAD DEL SUELO.**

La resistividad, también conocida como resistencia específica, es la propiedad que tiene el suelo para conducir electricidad, la cual esta determinada por el tipo de suelo, el contenido de humedad del mismo, su composición química y la temperatura entre otros factores.

La resistividad se mide en ohms-metro, ohms- centimetro, etc. Existen dos formas de determinarla, una es empírica mediante tablas y conocimiento del terreno y la otra, efectuando la medición directamente en el terreno.

**TABLA 1 TABLA CON LA RESISTIVIDAD DE LOS DIFERENTES TIPOS DE TERRENO:**

TIERRA ORGANICA HUMEDA	10	Ohms - metro
TIERRA HUMEDA	100	Ohms - metro
TIERRA SECA	1000	Ohms - metro
ROCA	5700	Ohms - metro

Una otra tabulación sugerida por el Manual de Cálculos en Ingeniería Eléctrica:

Suelo	Mínimo	Resistividad $\Omega \cdot m$ .	
		Promedio	Máxima
Cenizas, salmuera, desperdicios	5.9	23.70	70
Arcilla,	3.4	40.6	163
Mismos con proporciones variables de arena y grava.	10.2	158	1350
Grava, arena, piedras con poca arcilla o greda.	590	940	4580

\* El suelo en México es muy heterogéneo roca en el Sur, tepetate y arena en el Poniente, tierra húmeda en el Oriente, roca o tepetate en el Norte, etc. Lamentablemente no se cuenta con un mapa bien definido con el tipo de terreno.

### 3.2 CONTENIDO DE HUMEDAD Y SALES

Este aspecto es el más importante para que un suelo sea conductor de la electricidad. El porcentaje de agua del suelo dependerá del contenido de arcilla, materia orgánica, clima, lugar, época del año, etc. La arena no retiene la humedad y como resultado tiene una resistividad muy alta, las arcillas retienen la humedad y son conductoras de la electricidad, por ej. el caso de la bentonita, que es una arcilla que retiene agua varias veces su volumen.

TABLA 3. Efecto del contenido de humedad en la resistividad del suelo.

Contenido de humedad en % por peso	Resistividad $\Omega \cdot \text{cm.}$	
	Suelo superior > $10^9$ ( $10^9$ )	Greda o arcilla arenosa > $10^9$ ( $10^9$ )
0	250,000	150,000
2.5	165,000	43,000
5	53,000	18,500
10	19,000	10,500
15	12,000	6,300
20	6,400	4,200
30		

El agua con alto contenido de sales es buena conductora de la electricidad por el contrario, el agua sin sales es poco conductora, por lo que podemos decir que entre mayor contenido de sales tenga el suelo húmedo, mayor conductor de la electricidad será.

### 3.3 EFECTO DE LA TEMPERATURA:

El agua a temperaturas bajas es mala conductora y como la resistividad del terreno esta en función de la humedad, en zonas frías puede tener valores elevados. En la siguiente tabla se ilustra la influencia de la temperatura para un terreno en particular.

TABLA 4. Efecto de la temperatura en la Resistividad de la greda arenosa, 15.2 % de humedad.

Temperatura		Resistividad $\Omega \cdot \text{cm.}$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	
20	68	7,200
10	50	9,900
0 (agua)	32	13,800
0 (hielo)	32	30,000
-5	23	79,000
-15	14	330,000

## 4. DISEÑO DE SISTEMAS DE TIERRAS PARA DISTRIBUCION.

En sistemas de distribución se utilizan diferentes diseños de redes de tierra pero podemos hacer la siguiente diferenciación:

### 4.1. DISEÑO PARA MEDIA TENSION

El criterio básico que se utiliza en estos casos es evitar potenciales peligrosos a través de mallas ó redes que se instalan enterradas al pie de las subestaciones eléctricas.

Las NORMAS ELECTRICAS NOM-001-SEMP-1994 en su ARTICULO 2403 estipula todos los requisitos que deben reunir estas mallas: sugerimos se lean dichos requisitos, sin embargo para el caso de las subestaciones que nos ocupan, podemos hacer las siguientes anotaciones básicas:

- La malla debe estar compuesta por cable desnudo de cobre cuando menos de calibre 4/0 AWG.
- Enterrada a una profundidad de 0.3 m a 1.0 m.
- El cable de la periferia de la malla debe ser continuo de tal forma que encierre todos los equipos de la subestacion.
- Coloquense reticulas cables colocados paralela y perpendicularmente, formando reticulas preferentemente cuadradas. El espaciamiento entre estas reticulas estará conforme a la resistividad del terreno pero la idea es siempre minimizar la resistencia a tierra.
- En cada cruce conectar rigidamente los conductores entre sí; colocando en los cruces adecuados electrodos de varilla de 2.4 m como mínimo.
- De ser posible dejar pozos de inspeccion para estos electrodos para poder dar mantenimiento al sistema de tierras. (Humedecer el terreno y efectuar mediciones)

La máxima resistencia eléctrica total del sistema de tierra, (incluyendo todos los elementos que la conforman) debe ser:

- 25  $\Omega$  PARA SUBESTACIONES MENORES O IGUAL A 250 KVA Y 34.5 kV
- 10  $\Omega$  PARA SUBESTACIONES MAYORES DE 250 KVA Y HASTA 34.5 kV
- 5  $\Omega$  PARA SUBESTACIONES QUE OPERAN A TENSIONES MAYORES A 34.5 kV.

PARA TERRENOS CON ALTA RESISTIVIDAD (MAYOR A 3,000  $\Omega \cdot m$ ), SE PERMITE QUE EL VALOR DE RESISTENCIA EN CADA CASO SEA EL DOBLE.

#### 4.1.1. METODOS DE CALCULO DE MALLAS DE TIERRAS:

Existen muchos métodos para calcular la resistencia de las mallas de tierra, prácticamente todos se basan en un sistema de prueba y error; se propone una determinada red, con una cierta cantidad de conductor y se procede a calcular ya sea la resistencia de la malla y/o el potencial que se origina debido a las corrientes de falla. Luego se compara con la resistencia requerida y los potenciales esperados. Si este valor es menor que el tolerado por el cuerpo humano, (conforme a las fórmulas dadas), la malla es adecuada, en caso contrario se procede a rediseñar la malla. En la referencia No. 3, encontrarán al detalle este método, (incluso propuesto para implementar en computadora).

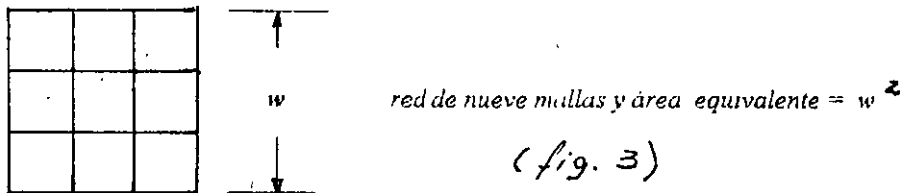
No desarrollamos aquí ese método porque consideramos que es más aplicable para subestaciones de gran capacidad, para el caso de los edificios, consideramos bastante aceptable seguir las recomendaciones de la normas, detalladas anteriormente. Sin embargo, en caso de requerirse un diseño más específico, presentamos otro método de cálculo más simple pero que para nuestras instalaciones es por demás de aceptable:

**METODO PROPUESTO EN EL MANUAL DE CALCULOS DE INGENIERIA ELECTRICA (EDITORIAL MCGRAW HILL)**

**1. DEFINA UN DISEÑO INICIAL**

Elija un conductor con radio (" r " en metros), una profundidad del conductor por debajo de la superficie del terreno (" s " en metros), el cuadrado equivalente de toda la red, con un reticulado que nos dara el número de mallas ó retículas interiores.

De acuerdo al tipo de terreno, considere la resistividad del mismo (" ρ " en Ω·cm).



**2. CALCULE LOS PARAMETROS DE LA ABSCISA DE LA fig. 4.**

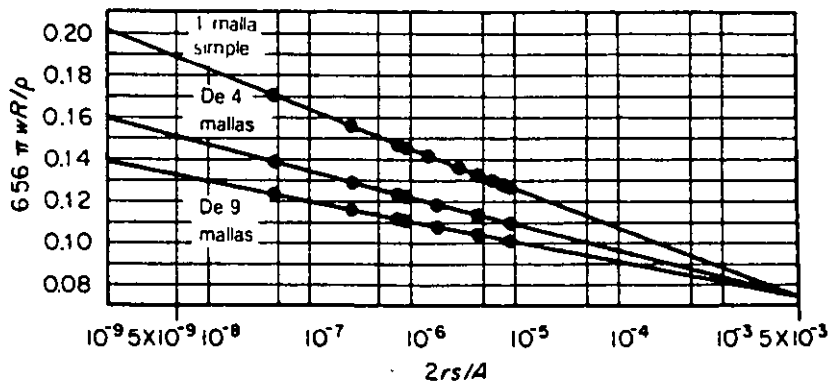
- $A = w^2$
- valor calculado para leer en la abscisa  $= 2 \times (r) \times (s) / A$

**3. LEASE EL VALOR EN LA ORDENADA DE LA fig. 4.**

**4. CON EL VALOR LEIDO DE LA ORDENADA, CALCULE LA RESISTENCIA DESPEJANDO DE LA ECUACION:**

**5. VALOR LEIDO =  $6.56 \times \rho \times (w) \times (R) / \rho$**

Si el valor de la resistencia está por debajo del valor requerido, el diseño es satisfactorio en caso contrario, rediseñar la malla y proceder a un nuevo cálculo.



**Fig. 4** Parámetros de la red de conexión a tierra.

EJEMPLO: sean:  $r$  del conductor = 0.0064 m  
 $s$  = 0.3 m  
 $w$  = 6.1 m  
 = 10,000  $\Omega$  cm  
 sea un diseño con cuatro rejillas o retículas.

SOLUCION:

$$A = w^2 = 6.1 \times 6.1 = 37.2 \text{ m}$$

$$\text{reemplazando datos valor abscisa} = 2 \times 0.0064 \times 0.3 / 37.2 = 1.03 \times 10^{-4}$$

la ordenada leída en la fig. 4 es 0.097

$$\text{despejando } R = 0.097 \times 10,000 / (6.56 \times 3.1416 \times 6.1) = 7.7 \Omega$$

## 4.2. DISEÑOS DE BAJA TENSION

Denominados normalmente como tierra física, basan su criterio en la resistencia a tierra para protección no solo de las personas, sino para satisfacer las exigencias de los equipos de utilización. Su instalación prácticamente esta enfocada a la utilización de electrodos artificiales cuya disposición varia hasta lograr satisfacer un valor de resistencia aceptable.

En la fig. No. 5 se ilustra el corte lateral de un pozo típico para un sistema de tierra de cómputo. Esta tierra física esta constituida por un solo electrodo de varilla con ayuda de compuestos químicos para bajar la resistencia del terreno.

En la Tabla No. 5, se presentan las fórmulas con las que se puede determinar la resistencia de los electrodos artificiales con el arreglo escogido.

Los electrodos artificiales más comúnmente utilizados en estos sistemas, consisten en una varilla de acero revestida de cobre de 3.0 m de longitud, enterrada verticalmente, dos de ellas dispuestas en línea, ó tres de ellas, ya sea en línea recta o en forma de delta. En todos estos casos las varillas se encuentran interconectadas y se consideran como un solo sistema de tierra.

### 4.2.1. ELECTRODOS QUIMICOS

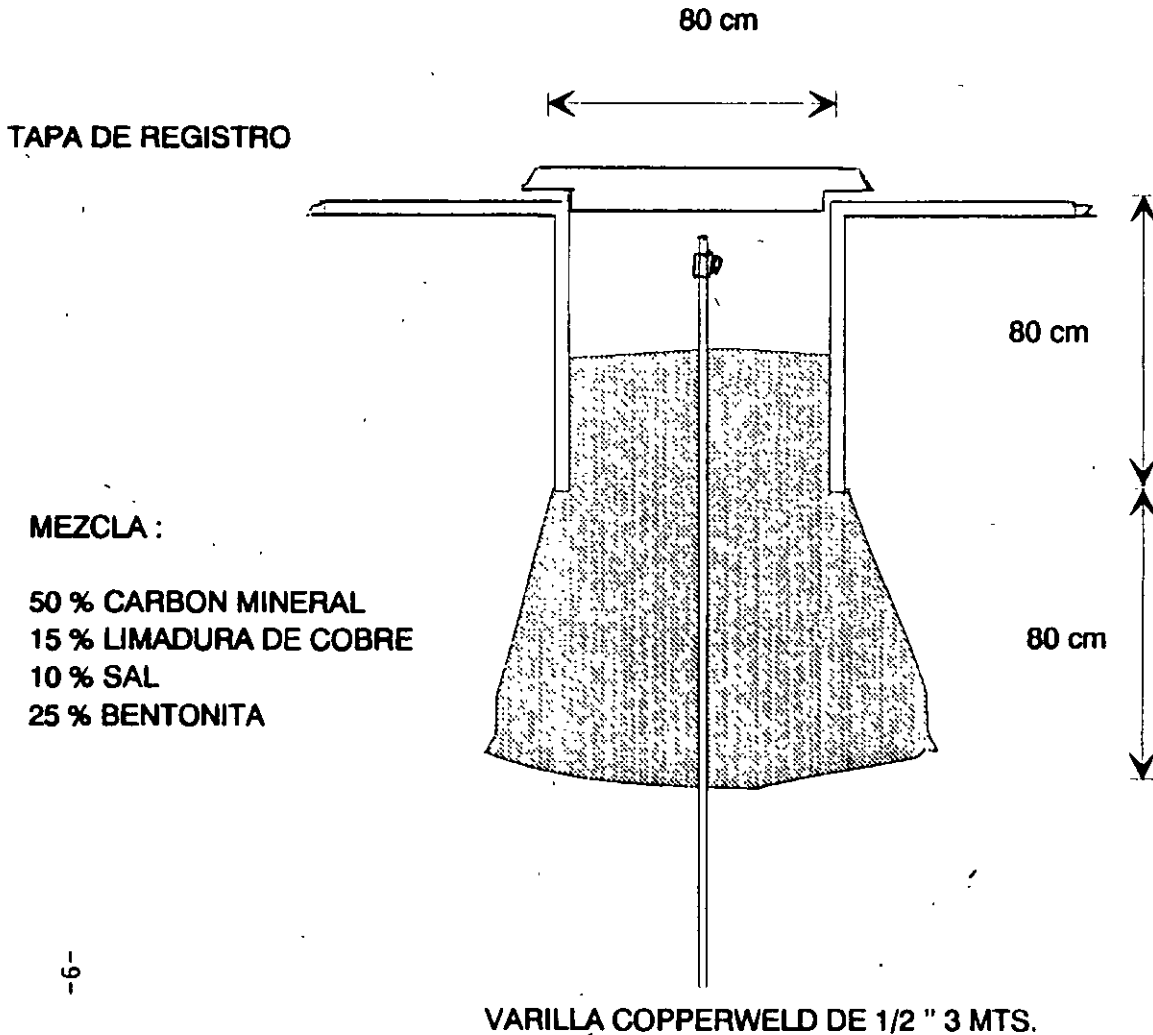
Prácticamente son compuestos químicos que modifican el medio que rodea al electrodo, bajando la resistividad del suelo. Entre los más usuales podemos citar:

#### CARBON MINERAL (COKE)

Sustituye al carbón vegetal que se utilizaba antes, debido a sus mejores cualidades aunque en cierta medida requiere de la humedad.

En 1980 se instalo un electrodo con coke en un terreno rocoso y se logró disminuir la resistencia de 34 Ohms a 21 Ohms.

( fig No 5) DETALLE TIERRA FISICA



NOTAS :

- La tierra debe ser registrable para revisar el nivel de humedad , dren y amarre de la zapata.
- El cable debe ser de calibre No.6 y llegar directo al toma-corriente del regulador o UPS y debe ser forrado
- La varrilla podrá ser de 2 mts. como mínimo
- En ningún caso se utilizará electrodo preconstruido de tierra física.

## SULFATOS

Ya no se los utiliza porque se ha demostrado que son perjudiciales por su acción corrosiva sobre los metales, en particular el cobre.

## SALES

También están empezando a desecharse debido a su actividad corrosiva y además porque se ha comprobado que en el subsuelo existen pequeñas corrientes de agua que van diluyendo las sales y llega un momento en que el suelo carece nuevamente de la resistividad deseada.

## BENTONITA

La bentonita es una arcilla con características higroscópicas, es decir tiene la propiedad de absorber y retener agua. Ocupa las grietas, aberturas y huecos que existen en el terreno, mediante una masa que envuelve las partículas del mismo y los une eléctricamente, formando una gran superficie de contacto con un buen camino para el dren de las corrientes a tierra.

## 5. VALORES DE LA RESISTENCIA DE LOS SISTEMAS DE TIERRAS E INTERCONEXION DE ELLOS.

EL concepto de la resistencia a tierra y de la interconexión de los sistemas de tierras, no está muy claro y se siguen muchas corrientes..

### 5.1. VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA:

En el ART. 250-84, las normas marcan  $25 \Omega$  como máximo para casa habitación, oficinas, comercios, etc. Aunque en el caso de las subestaciones se solicitan  $10 \Omega$  para determinados servicios al igual que para los sistemas de pararrayos.

Los fabricantes de computadoras exigen muchas veces  $1 \Omega$  como máximo y los fabricantes de conmutadores de  $3 \Omega$  ó  $5 \Omega$ . Es decir, no existe un criterio unificado al respecto pero lo ideal es tener una resistencia lo más baja posible.

### 5.2. INTERCONEXION DE LOS SISTEMAS:

Respecto a la interconexión de los sistemas de tierras, en el artículo 250-81 sugiere la instalación de un sistema de tierras interconectado, respaldado por el ART. 250-88 que dice claramente "los electrodos de pararrayos no se deben usar como puesta a tierra de sistemas y equipos. Esta prohibición no está en contra de la unión de los diferentes sistemas de puesta a tierra."

Sin embargo, en el ART. 250-83 (d), nos pide que cuando se usan sistemas de electrodos para diferentes fines, como comunicaciones, pararrayos, etc. cada electrodo de un sistema debe estar por lo menos 1.8 m de los otros sistemas. Apoyando esta opinión de tener sistemas separados, TELMEX por ejemplo y la gran mayoría de los fabricantes de computo solicitan entre sus especificaciones tierras físicas con determinada resistencia totalmente aisladas de otros sistemas.



**TABLA 5 Fórmulas para el cálculo de resistencias a tierra\***

☐ Hemisferio, radio $a$	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
• Una varilla de tierra, longitud $L$ , radio $a$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
•• Dos varillas de tierra, $s > L$ ; espaciamiento $s$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right)$
••• Dos varillas de tierra, $s < L$ ; espaciamiento $s$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
— Alambre horizontal enterrado, longitud $2L$ , profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
⌋ Vuelta de alambre en ángulo recto, longitud del brazo $L$ , profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^4}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L} \dots \right)$
⋈ Estrella de tres puntas, longitud de brazo $L$ , profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^3}{L^3} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
+ Estrella de cuatro puntas, longitud de brazo $L$ , profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
* Estrella de seis puntas, longitud de brazo $L$ , profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^2} - 0.409 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
* Estrella de ocho puntas, longitud de brazo $L$ , profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^3}{L^3} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
○ Anillo de alambre, diámetro del anillo $D$ , diámetro del alambre $d$ , profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left( \ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
— Tira horizontal enterrada, longitud $2L$ , sección $a$ por $b$ , profundidad $s/2$ , $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ \ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right]$
⊗ Placa redonda horizontal enterrada de radio $a$ , profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 - \frac{7}{12} \frac{a^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$
Placa redonda vertical enterrada de radio $a$ , profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 + \frac{7}{24} \frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320} + \frac{a^4}{s^4} + \dots \right)$

\*Fórmulas aproximadas. Las dimensiones deben estar en centímetros para dar la resistencia en Ω-cm.

Fuente: H.B. Wright, AIEE, vol. 55, 1936, pp. 1319-1328

Finalmente, aunque todavía no es demostrable, los "sistemas de tierra " de una instalación deben tener un valor similar para evitar arcos.

Como un comentario personal, de lo expuesto anteriormente, es indudable que se deben revisar mejor estos conceptos a través de una mejor investigación y se deben efectuar las modificaciones de las normas en este rubro con el objeto de unificar criterios y tener tanto valores de resistencia como recomendaciones para la interconexión de los sistemas.

### **5.3. TENDENCIA GENERALIZADA SOLICITADA POR LA GENTE DE COMUNICACIONES Y SISTEMAS PARA LA INSTALACION DE SISTEMAS DE TIERRAS.**

La política actual respecto a la interconexión de los sistemas de tierras es la siguiente:

Cuando no se interconectan los sistemas de tierras, dejar una separación razonable entre ellos: (3 m cuando menos).

- Las partes no metálicas conductoras de los equipos de la instalación como ser: interruptores, tableros, etc. se conectan a la red de tierras de la subestación. A esta misma malla se aterrizan los apartarrayos de la subestación.
- Para teléfonos y comunicaciones normalmente solicitan una tierra aislada con un bus cuyas características hay que satisfacerlas (Por ejemplo sistema RDI)
- Para el resto de los equipos de cómputo y sistemas, se coloca un otro sistema de tierras aislado.
- En caso de instalarse pararrayos, se tendrá un sistema de tierras independiente.

Si no es posible lograr esta separación entre los diferentes sistemas de tierras, recomendamos interconectarlas en una tierra común con cables de unión cuyo calibre se marcan en las normas; de esta forma se uniformiza el gradiente de potencial en toda la instalación.

### **BIBLIOGRAFIA**

**SISTEMAS DE TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCION  
MANUAL DE CALCULOS DE INGENIERIA ELECTRICA  
DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS  
CALCULO DE REDES DE TIERRA**

*Guillermo Lopez Monroy  
Seidman, Mahrous.Hicks  
José Raúl Martín  
LyF*



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

**CURSOS INSTITUCIONALES**

**INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS**

del 8 al 19 de abril de 1996

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

**SISTEMAS DE EMERGENCIA**

Ing. Percy Sarmiento N.  
México, D.F.  
1996

## **SISTEMAS DE EMERGENCIA:**

### **GENERALIDADES:**

Los Sistemas de Emergencia de una instalación eléctrica, están constituidos por circuito y equipos destinados a alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica de iluminación y/o fuerza cuando es interrumpido el suministro normal de energía eléctrica.

Generalmente se los instala en lugares de reuniones donde la iluminación artificial es necesaria para vías de escape o para controlar el pánico en edificios sujetos a gran concentración de personas, tales como hoteles, teatros, canchas deportivas, centros comerciales, servicios de asistencia médica e instituciones similares. Los sistemas de emergencia deben proveer también de energía a los equipo como ventilación, cuando sea indispensable para preservar vidas, sistemas de alarmas y detección de incendios, ascensores, bombas para equipo contra incendio, sistemas de comunicación, procesos industriales donde la interrupción de la energía eléctrica podría producir riesgos y/o pérdidas económicas que justifiquen su instalación.

Se deben sujetar a las Leyes, Reglamentos , decretos o Legislaciones Federales y obviamente a las Normas Eléctricas vigentes.

### **LO REFERENTE A LA REGLAMENTACION...**

Del REGLAMENTO DE LA LEY DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA DE 1993, actualmente en vigencia, a la letra indica:

ARTICULO 65.- La Secretaria, en coordinación con las dependencias ó entidades competentes, promoverá que las instalaciones en lugares de concentración pública cuenten accesoriamente con alumbrado para casos de emergencia en escaleras, pasillos, túneles y elevadores, conectado a baterías o a plantas de autoabastecimiento y que en todos los lugares en que sea indispensable la continuidad del uso de la energía eléctrica los usuarios de las instalaciones cuenten, además con una planta de autoabastecimiento específicamente destinada para uso de emergencia.

### **CLASIFICACION DE ACUERDO A LAS NOM-001-SEMP-1994**

Las Normas NOM-001-SEMP-1994, hacen la siguiente clasificación y para cada uno de estos sistemas emiten los parámetros a cuidar:

**ART. 700 SISTEMAS DE EMERGENCIA** ( catalogados como tales, prácticamente los ligados a la seguridad y cuyo tiempo máximo de transferencia NO DEBE EXCEDER LOS 10 SEGUNDOS).

Estos sistemas deben estar perfectamente identificados y NO SE PERMITE QUE EL ALAMBRADO SE MEZCLE O VAYA POR LA MISMA CANALIZACION QUE LOS OTROS ALAMBRADOS.

**ART.701. SISTEMAS DE RESERVA LEGALMENTE REQUERIDOS** ( Catalogados como tales a los sistemas típicamente instalados para servir cargas tales como: sistemas de refrigeración y calefacción, comunicaciones, ventilación y extracción de humo, sistemas de drenaje, alumbrado y procesos industriales que en el caso de falla del suministro normal de corriente, pueden ocasionar peligros o dificultar las operaciones de extinción de incendios y de rescate. La energía eléctrica del sistema de reserva legalmente requerida DEBE ESTAR DISPONIBLE PARA SU USO EN UN TIEMPO NO MENOR DE 60 SEGUNDOS).

ESTOS SISTEMAS, SE PERMITE QUE OCUPEN LA MISMAS CANALIZACIONES, CABLES, CAJAS Y GABINETES DEL ALAMBRADO GENERAL.

#### **ART. 702. SISTEMAS OPCIONALES DE RESERVA**

El propósito de los sistemas opcionales de reserva, es el de proteger negocios, operaciones industriales o propiedades privadas, donde la seguridad de la vida de las personas no depende del funcionamiento de estos sistemas.

Se instalan típicamente para proveer una fuente alterna de energía eléctrica para aplicaciones en edificios comerciales e industriales, granjas, residencias, para abastecer cargas tales como sistemas de calefacción y refrigeración, sistemas de procesamiento de datos y comunicaciones y procesos industriales, en los cuales una falla en el suministro de energía eléctrica, puede ocasionar interrupciones graves de procesos, daños a productos, equipos, etc.

Estos sistemas se pueden instalar en las mismas canalizaciones del alambrado general y no se marca un tiempo máximo de transferencia porque en este caso prácticamente dependerá de los requerimiento del servicio de los equipos del usuario.

*Independientemente a la clasificación anteriormente nombrada, llamaremos genéricamente "sistemas de emergencia" a los tres sistemas citados.*

### **FUENTES DE ENERGÍA UTILIZADAS EN EDIFICIOS**

- Las fuentes de energía autorizadas por las Normas y los requisitos que deben satisfacer se pueden resumir de la siguiente manera:

#### **BATERIAS**

Las baterías usadas como fuente de potencia para sistemas de emergencia y los de reserva legalmente establecidos, deben ser de régimen y capacidad adecuados para suministrar y mantener la carga total de los circuitos que alimentan durante un periodo de por lo menos una hora y media, sin que la tensión aplicada a la carga caiga por debajo del 87.5 % de lo normal.

Pueden ser de tipo ácido o alcalino pero de diseño especial para servicio de emergencia. Las que requieren que se agregue agua, deben estar provistas de envases transparentes. No se deben utilizar baterías de uso automotriz y deben contar además con un sistema de carga eléctrica.

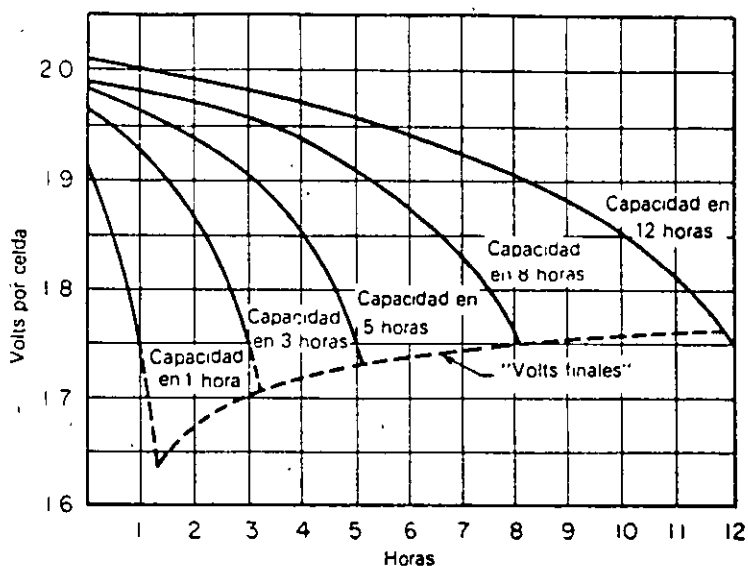
No existe una regla definida para elegir el tipo de baterías a utilizar, así como el número de celdas que deben de tener, en la *Tabla bat-1*, presentamos algunas ventajas y desventajas de ellas que puede servir como un parámetro de elección.

La tensión tolerada por celda está en función de muchos parámetros que escapan a los alcances del curso ) como por ejemplo la gravedad específica, sin embargo podemos tomar como un voltaje nominal de 2 volts. y un mínimo de 1.75 volts. El proceso de descarga, estará en función de la capacidad horaria como se ilustra en la curva *Bat- 2..*

# TIPOS DE BATERIAS

	ACIDO PLOMO (ACIDAS)		NIQUEL - CADMIO
	PLOMO/CALCIO	PLOMO/ANTIMONIO	'ALCALINAS'
COMPONENTE: PLACA POSITIVO PLACA NEGATIVO ELECTROLITO	PLOMO-CALCIO PLOMO ACIDO SULFURICO	PLOMO ANTIMONIO PLOMO ACIDO SULFURICO	NIQUEL CADMIO HIDROXIDO DE POTASIO EN AGUA
OPERACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>- POBRE A ALTAS TEMPERATURAS</li> <li>- ALTAS DESCARGAS PROPIAS</li> <li>- POLO CONFIABLE EN OPERACIONES CICLICAS</li> <li>- POBRE EN DESCARGAS RAPIDAS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BUENA PARA OPERACIONES CICLICAS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SATISFACTORIA A CUALQUIER TEMPERATURA</li> <li>- SIN DESCARGAS PROPIAS</li> <li>- LA MEJOR EN OPERACIONES CICLICAS</li> <li>- BUENO EN DESCARGAS RAPIDAS</li> </ul>
COSTO	BAJO	MEDIANO	ALTO
VIDA UTIL	12-15 AÑOS	10-A 12 AÑOS	MAYOR TIEMPO DE VIDA UTIL 20 A 23 AÑOS
VOLTAJE NOMINAL P/UN SISTEMA DE 120V	2 V / CELDA * 60 CELDAS	2 V / CELDA * 60 CELDAS	1.2 V / CELDA * 92 CELDAS
VOLTAJE DE RECARGA * PARA UN SISTEMA DE 120V.	120 % DEL VOLTAJE NOMINAL * 143 V		
VOLTAJE DE FLOTACION * PARA UN SISTEMA DE 120V	107.5 % DEL VOLTAJE NOMINAL * 129 V		
VOLTAJE FINAL * PARA UN SISTEMA DE 120V	87.5 % DEL VOLTAJE NOMINAL * 105 V		

TABLA (BAT-1)



(BAT-2) CURVAS DE DESCARGA DE BATERIAS DE PLOMO-ACIDO A DIFERENTES CAPACIDADES HORARIAS.

Lo que se maneja normalmente es que los fabricantes catalogan su equipo por capacidad, tiempo de respaldo y aplicaciones recomendadas.

Para un estudio más profundo es necesario solicitar las curvas de operación específicas y efectuar un análisis en función de las condiciones de nuestra carga e instalación.

## 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 ó dañe una producción determinada ó 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 sólo a la buena selección, adquisición e instalación de la misma, sino también en su a operación.

Una planta de emergencia está diseñada para operar durante periodos relativamente cortos, ya que se supone que el suministro general de energía eléctrica, se hace cargo de la demanda normal y solamente, al fallar está, se requiere un sustituto para algunas cargas. En lugares con un 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.

Las Normas NOM-001-SEMP- 1994, aconsejan al respecto:

ART. 700-12 (b) (2)... Donde se utilice como fuerza motriz de combustión interna, debe proveerse en el sitio una cantidad predeterminada de combustible para hacer funcionar la unidad un tiempo no menor de 2 horas a plena carga.

Una planta eléctrica en buenas condiciones debe arrancar en aproximadamente 5 a 10 segundos, incluyendo los movimientos del interruptor de transferencia. Para casos en que se requiera de un menor tiempo de transferencia, se deberá combinar con otros tipos de fuentes de energía para soportar la carga crítica mientras se da tiempo a la planta a vencer la inercia y alcanzar sus valores nominales de operación.

## COMPONENTES DE UNA PLANTA ELECTRICA:

### EL PRIMO MOTOR

Puede ser cualquier elemento que entregue energía mecánica adecuada al generador, pero para nuestras instalaciones prácticamente se reducen a:

- motor de combustión interna a gasolina
- motor de combustión interna diesel
- motor de combustión interna a gas

De éstos, los dos primeros son los más utilizados en edificios y la selección de uno u otro dependerá básicamente de la magnitud de la carga por alimentar y de los cantidad a invertir.

En la *fig. No.1* se ilustra una tabla comparativa de estas opciones.

### EL GENERADOR ELECTRICO

Generalmente es un alternador de 2, 4, ó 6 polos, dependiendo de la velocidad escogida para la mejor operación del primo motor.

En motores de gasolina, con potencias relativamente bajas, se usa comunmente una velocidad de operación de 3,600 r.p.m. Para la frecuencia nominal = 60 Hz., se tienen 2 polos.

La fórmula que las relaciona está dada por: ..... $N = 120 \times (f) / p$

donde N ..... velocidad del motor ó generador en este caso (r.p.m.)  
f.....frecuencia del sistema ( Hz )  
p.....número de polos.

Para los motores diesel, cuya velocidad de operación es más baja, ( 1,800 r.p.m.), se tienen generadores de 4 polos. Para potencias grandes y preveyendo un menor desgaste de sus elementos con un aumento de la vida útil del motor, se construyen motores que trabajan a menores velocidades, con generadores de 6 u 8 polos. Esto, sin embargo repercute en una pérdida casi linealmente proporcional de la potencia del motor. (Los fabricantes proveen de estas curvas características de los motores que manejan), pero diremos que nuestro trabajo prácticamente se reduce a seleccionar la planta conforme a la capacidad requerida, tomando en cuenta algunas pérdidas o eficiencias propias de las condiciones en que operará nuestra planta.

### CONTROLES

Compuestos principalmente por el Control Maestro, el Circuito de Control de Transferencia y los sensores de protección (*VER PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE P.E.*).



Fig # 1. COMPARACION ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE MOTORES COMBUSTION INTERNA

		<b>GASOLINA</b>	<b>DIESEL</b>	<b>GAS</b>
<b>V E N T A J A S</b>	1	* SATISFACTORIO EN INSTALACIONES PEQUEÑAS * BAJO COSTO INICIAL	* MAS COSTOSO PERO MAS ROBUSTO Y CONFIABLE	* COSTOS SIMILARES AL MOTOR DE GASOLINA
	2	* ARRANQUE RAPIDO	* MENOR COSTO DE OPERACION * EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE SU COMBUSTIBLEES MENOS PELIGROSO	* ARRANQUE RAPIDO DESPUES DE UN PERIODO DE PARO PROLONGADO * MAYOR TIEMPO DE VIDA QUE EL DE GASOLINA
	3	* BAJO COSTO DE PIEZAS DE REPUESTO		* REQUIERE MENOS MANTENIMIENTO QUE EL MOTOR DE GASOLINA
	4		* DISPONIBLE EN CAPACIDADES DE 2.5 A 1000 KVA.	* DISPONIBLE EN CAPACIDADES HASTA 600 KVA.
<b>D E S V E N T A J A S</b>	1		* ALTO COSTO EN TAMAÑOS PEQUEÑOS	
	2	* ALTO COSTO DE OPERACION * GRANDES PELIGROS ASOCIADOS CON EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LA GASOLINA		* LA SELECCION DE ESTE MOTOR DEPENDE DE LA DISPONIBILIDAD DE SU COMBUSTIBLE
	3	* INSPECCION Y MANTENIMIENTO FRECUENTES		
	4	* DISPONIBLES SOLO HASTA 150 KVA.		

1. COSTO INICIAL 2. OPERACION 3. MANTENIMIENTO 4. TAMAÑOS DISPONIBLES

## INTERRUPTOR PRINCIPAL

A la salida del generador normalmente las plantas de emergencia tienen un interruptor termomagnético (cuando la carga lo permite), como medio de protección y de desconexión para servicios en el interruptor de transferencia.

## INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA

Dependiendo de la capacidad de la planta, se usan contactores magnéticos, interruptores termomagnéticos o arreglos con interruptores electromagnéticos dispuestos de tal forma que cuentan con un interlok mecánico y/o eléctrico para evitar la simultaneidad de los servicios NORMAL Y DE EMERGENCIA.

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

## ACCESORIOS

Dependiendo de la capacidad de la planta y lo complejo de la instalación se tendrán los accesorios, sin embargo en forma general podemos citar:

- Radiador o intercambiador de calor
- Silenciador que absorba el máximo de ruido, pero que no resuene a la velocidad normal ni provoque una contrapresión (tubo de 4" a 6")
- Tubo flexible, rígido y codos, utilizados para absorber las vibraciones y canalizar el escape a la salida del inmueble.
- Cargador de baterías
- Batería de la capacidad y características adecuadas.
- Amortiguadores para instalación en la base y absorber la vibración de la máquina.
- Tanque de combustible.
- Precalentador de agua y aceite para disminuir la viscosidad del aceite y facilitar el arranque.
- Reloj programador para ejercitación semanal automática.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE EMERGENCIA

En la *fig. No.P-1* se esquematizan los componentes típicos de las plantas de emergencia de combustión interna con los controles principales.

## OPERACION NORMAL, HAY ENERGIA ELECTRICA EN EL SUMINISTRO.

La planta se encuentra apagada, el control energizado, el interruptor de transferencia se encuentra en posición normal, el cargador de baterías mantiene la carga adecuada de batería para el arranque y el precalentador mantiene la máquina a una temperatura adecuada.

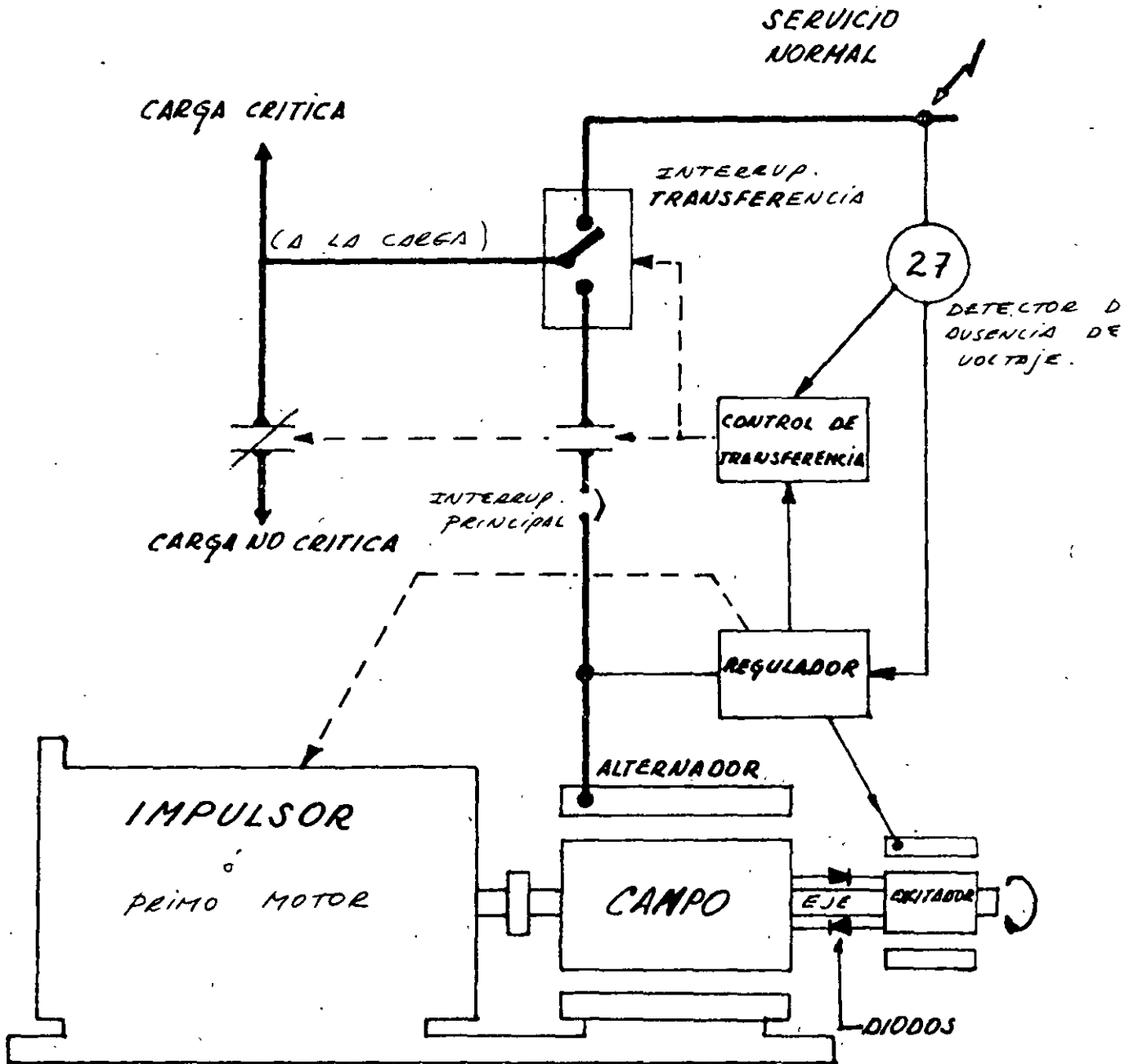
## FALLA LA ALIMENTACION NORMAL

El sensor de ausencia de potencial ordena al control maestro para que mande la señal de arranque a la máquina, la proteja contra falla de arranque, se activen las otras protecciones y en algunos equipos (tipo contactor magnético con transferencia electromecánica, ) se prepara la transferencia a la posición fuera en espera de la generación.

Después de un tiempo ( 3 seg. ), la planta genera a toda su capacidad y el interruptor de transferencia pasa a la posición de emergencia.

Durante todo este tiempo, hay retroalimentación de los parámetros de la energía eléctrica generado para controlar la velocidad de la máquina y la corriente excitatriz del generador.

# P.1. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE EMERGENCIA



## SE REESTABLECE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SUMINISTRO

Después de un tiempo (unos 4 min) de que el control recibe la presencia de potencial del suministro, manda la señal para la transferencia.

El motor continúa trabajando sin carga otro tiempo ajustable y luego manda la señal de paro del motor.

## **MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADO**

1. Verificar diariamente:
  - a) Nivel de agua en el radiador (o en el intercambiador de calor).
  - b) Nivel de aceite en el cárter y en el gobernador hidráulico, si lo tiene.
  - c) Nivel de combustible en el tanque.
  - d) Válvulas de combustible abiertas.
  - e) Nivel de agua en las baterías y limpieza de los bornes.
  - f) Limpieza y buen estado del filtro de aire.
  - g) Que el precalentador eléctrico del agua opere correctamente (130°F).
  - h) Que no haya fugas de agua, aceite y/o combustible.
  - i) Que se purgue el tanque de combustible y filtros (si se puede).
  - j) Observar si hay tornillos flojos, elementos caídos, sucios o faltantes en el motor y tablero.
  - k) Que no haya elementos extraños sobre el motor, generador y tableros.
  
2. Semanalmente, además de lo anterior:
  - a) Operar la planta en vacío y si se puede, con carga para comprobar que todos sus elementos operan satisfactoriamente, durante unos 30 minutos por lo menos.
  - b) Limpiar el polvo que se haya acumulado sobre la planta o en los pasos de aire de enfriamiento.
  
3. Mensualmente: comprobar todos los puntos anteriores, además:
  - a) Comprobar la tensión correcta y el buen estado de las bandas del ventilador, generador, etc.
  - b) Limpiar los tableros y contactos de reveladores, en caso necesario.
  - c) Observe cuidadosamente todos los elementos de la planta y tableros para corregir posibles fallas.
  
4. Cada 100 horas, (además de lo anterior):
  - a) Cambiar filtro de aceite.
  - b) Cambiar filtro de combustible.
  - c) Si el motor está equipado con filtro tipo húmedo (de aire), cambiarle el aceite.
  
5. Si el filtro de aire es tipo seco, cambiarlo cada 200 horas.
  
6. Cada 250 horas, (además de lo anterior):
  - a) Cambiar el elemento anticorrosivo del agua.

## SISTEMAS DE SERVICIO ININTERRUMPIBLE (DE POTENCIA ( UPS )

Como se antepuso, existen cargas críticas, cuya interrupción eléctrica ( aún de fracción de segundos), es muy perjudicial y no toleran los 6 a 10 seg. que tardan las plantas de emergencia para el suministro de energía. En esos casos se recurre a los sistemas ininterrumpibles de potencia (UPS, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo principal es disminuir y/o eliminar el tiempo de transferencia.

Estos requerimientos de alta prioridad generalmente se presentan en cargas muy especiales como: Instrumental médico, aeropuertos, computadoras, planta químicas, comunicaciones, etc.

### CLASIFICACION

#### 1. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MECÁNICA.

Estos sistemas entregan energía ininterrumpible mediante la conversión de energía cinética (E ) de una masa rotatoria en energía eléctrica.

$$E = k \times w \times r^2 \cdot \omega^2 \quad (1)$$

E      energía cinética  
 k      constante  
 w      peso de la masa giratoria  
 r      radio de giro  
 $\omega$       VELOCIDAD ANGULAR

##### 1.1. SISTEMA INERCIAL SIMPLE

(Sistema de Motor Generador con volante como elemento de inercia) Constituyó la primera generación de Sistema (UPS). El volante acumulaba la inercia suficiente durante 3 a 5 seg. para permitir que una Planta Eléctrica arrancara y así recuperara la alimentación faltante, sin embargo la pérdida de velocidad y por lo tanto de frecuencia eléctrica en la corriente alterna, constituyó el mayor inconveniente para equipos tan delicados como computadoras, que no toleran una caída de frecuencia de más de 1 % y esto, siempre que la planta de emergencia arrancara con seguridad al primer intento.

Con el objeto de tratar de mantener la frecuencia lo más estable posible y durante el lapso de tiempo mayor, se introdujeron muchas modificaciones muy ingeniosas para su tiempo, pero que cada vez incluían mas equipo expuesto a fallas, mayor costo de inversión, mantenimiento, etc. En la actualidad, estos equipos ya prácticamente no se utilizan en las instalaciones de edificios.

Las modificaciones que se introdujeron dieron lugar a sistemas como:

##### 1.2. SISTEMA INERCIAL SOPORTADO POR BATERÍAS

Este sistema está constituido por un motor de inducción, un generador de C:D:, un banco de baterías y un generador de C:A: .

En operación normal, el motor de inducción mueve al generador de C:A: para alimentar la carga. En este arreglo el generador de C:D: se utiliza para recargar las baterías. Cuando falla el suministro, se cierra un contacto de C:D: y las baterías energizan la máquina de C:D: y ésta opera como motor para mover el generador de C:A:. La inercia del volante y del grupo de máquinas rotatorias, amortigua la transición entre operación normal y de emergencia.

### 1.3. SISTEMAS CON PRIMO MOTOR Y VOLANTES DE INERCIA.

Básicamente se trataba de sistemas que se enfocaban a arrancar rápidamente el motor con ayuda de volantes o sistemas inerciales: Podemos hacer la siguiente diferenciación:

- En una primera versión se utilizaba un embrague para traducir el movimiento de la flecha al motor diesel para su arranque.
- En otra versión el Grupo Motor-Generador-Volante, al producirse la falla impulsa eléctricamente la marcha de una planta de emergencia, evitándose la secuencia de operación de los relés detectores y sin depender de una batería.

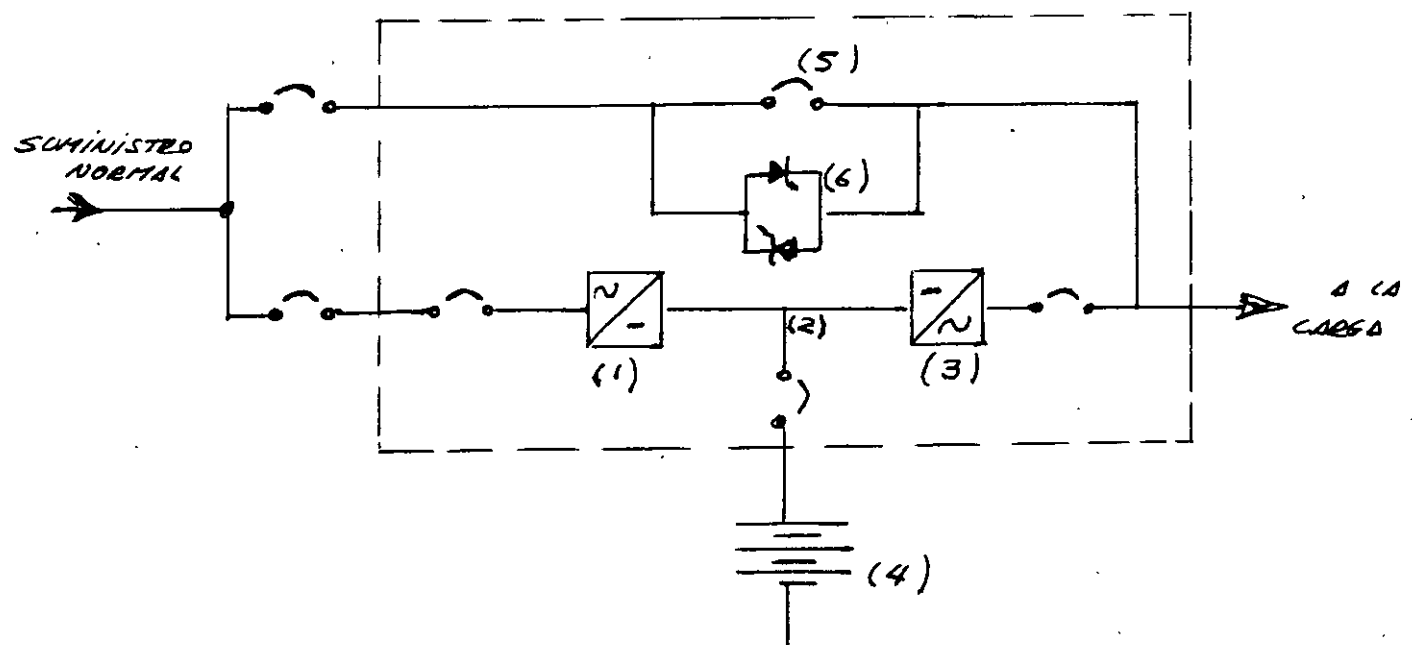
### 1.4. SISTEMAS ININTERRUMPIBLES ESTÁTICOS O ELECTRÓNICOS

El increíble desarrollo de la electrónica en los últimos años, ha permitido la conquista del mercado de las fuentes ininterrumpibles por este tipo de dispositivos. Estos equipos compuestos por componentes de estado sólido (transistores, circuitos integrados a pequeña y gran escala, tiristores de potencia, etc.) y por un banco de baterías, no solamente suministran energía eléctrica en forma continua, sino que adicionalmente, por su principio de operación la mejoran.

En estas unidades también hubo modificaciones y se encuentran muchas versiones; sin embargo nos referiremos a los U.P.S. "ON LINE" y a características generales de estos equipos.

En la fig. No. 6 se ilustra una representación esquemática típica de la configuración básica de un U.P.S. ON LINE. (Se denomina así porque no tiene tiempo de transferencia. Esta permanentemente en línea)

Fig. No. 6. UPS "ON LINE"



### 1.4.1. COMPONENTES Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (fig. 6)

#### RECTIFICADOR (1)

Convierte la corriente alterna de la línea de suministro y la convierte en corriente directa para formar el bus de corriente directa (2). Este dispositivo debe ser capaz de suministrar tanto la corriente a plena carga del inversor (que será función de la corriente de la carga del usuario) más la corriente de flotación del banco de baterías. (corriente necesaria para recargar las baterías y tenerlas a su máximo voltaje)

#### INVERSOR. (3)

Dispositivo que convierte la corriente directa proveniente del rectificador y la convierte en corriente alterna. Este es uno de los elementos que más atención merece porque cuanto más eficiente, confiable y limpia sea la señal de salida, mayor será la calidad del U.P.S.

#### BANCO DE BATERÍAS (4)

Se trata del conjunto de baterías conectadas en serie y paralelo para suministrar el voltaje y el tiempo de respaldo que caracterizan al equipo. Las baterías utilizadas son las que proveen de corriente directa cuando hay ausencia de la energía del suministro y eventualmente en un caso de falla del rectificador.

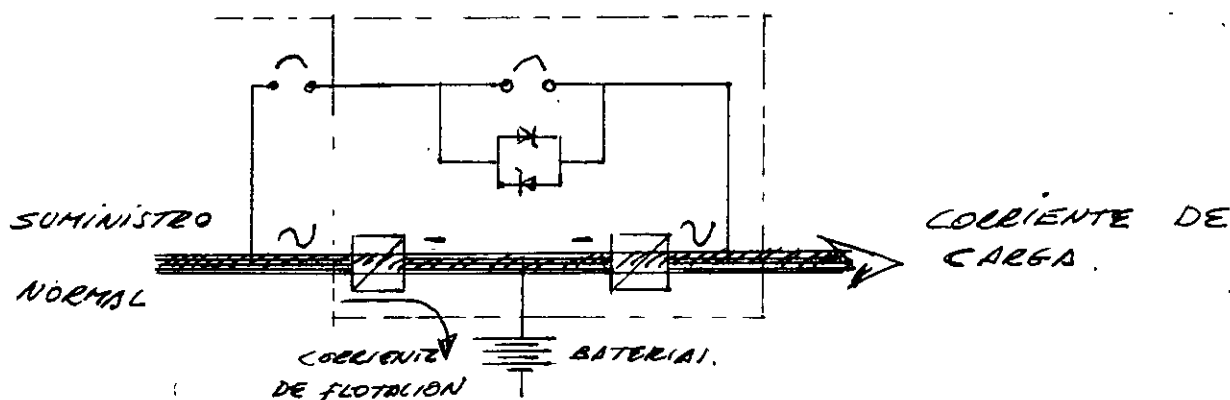
#### INTERRUPTOR ESTÁTICO. (6)

Bajo condiciones de falla del inversor (3), transfiere la energía eléctrica del U.P.S. a la línea de alimentación con la que está permanentemente sincronizada. El tiempo que emplea es prácticamente instantáneo (5 a 10 mseg.); con lo cual la carga se puede decir que no se ve afectada.

#### INTERRUPTOR DE BYPASS (5)

Cierra en forma automática después de que la carga crítica ha sido transferida del sistema ininterrumpible a la línea de suministro por el interruptor estático, sustituyéndolo de forma permanente. Desde ese momento, se convierte en un puente que deja afuera al U.P.S. (de ahí su nombre).

### 1.4.2. FUNCIONAMIENTO EN OPERACION NORMAL. (fig. 7)



Como se ilustra en la fig. 7, la energía de suministro sigue las flechas, convirtiéndose de corriente alterna en directa, una parte se va a las baterías, y finalmente se vuelve a convertir de directa a alterna.

Debido a este principio de operación, el U.P.S. actúa como un excelente regulador, amortigua considerablemente las sobretensiones producidas en la línea de suministro por "switches" y produce una señal con tensión eléctrica limpia, constante y frecuencia estable libre de algunos transitorios.

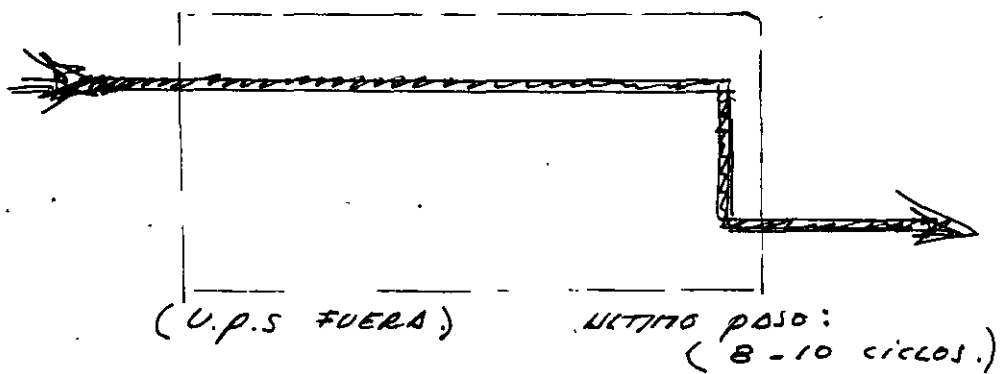
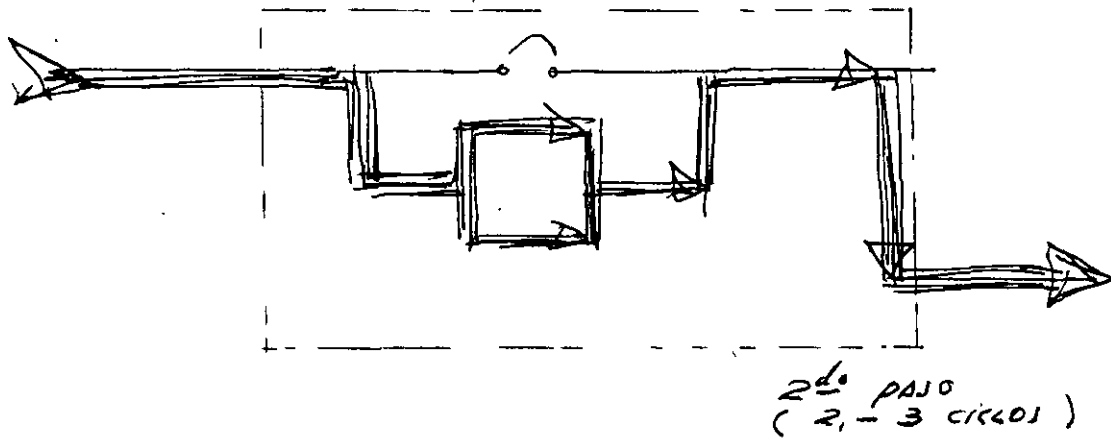
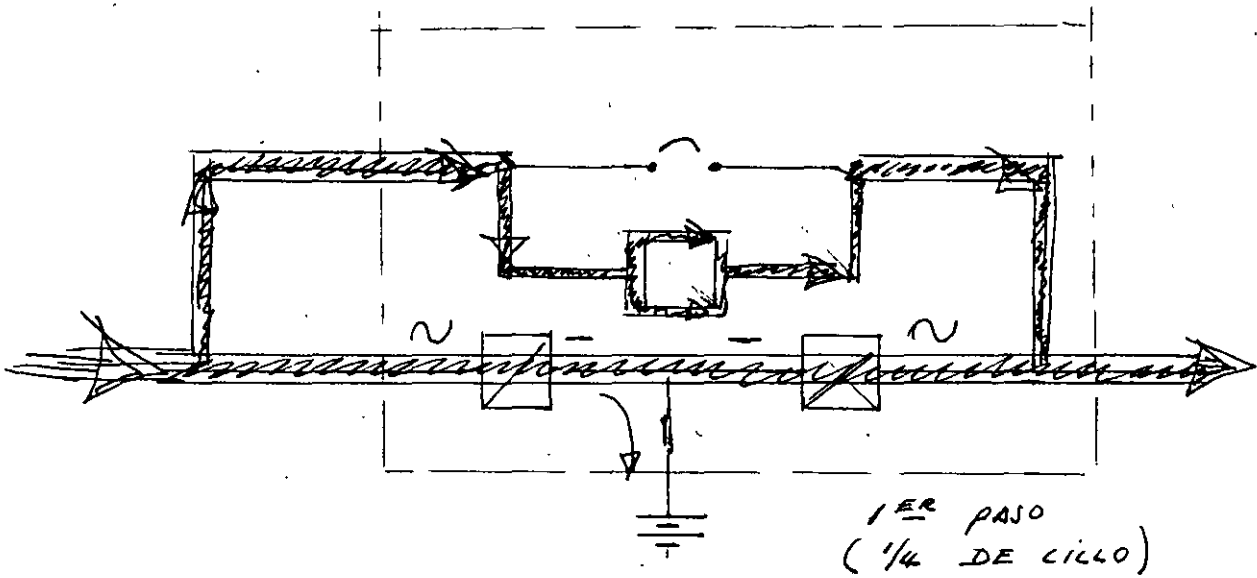


Fig. 8. PROCESO "MAKE-BEFORE-BREAK"



### 1.4.3. FUNCIONAMIENTO CON BATERÍAS.

El rectificador se apaga y se desconecta. Las baterías proporcionan la energía al inversor. Cabe mencionar que en ningún momento se pierde el flujo de energía hacia la carga debido a que las baterías están permanentemente conectadas al bus de corriente directa.

El tiempo de respaldo dependerá de la capacidad de las baterías y de curvas características de ellas. Estos datos los da el fabricante del equipo.

Una vez que regresa el suministro, el rectificador nuevamente entra en operación sincronizándose y comienza a recargar las baterías al tiempo que alimenta el rectificador. (operación normal).

### 1.4.4. OPERACION DE TRANSFERENCIA O BYPASS A LA LINEA

En los equipos que cuentan con este dispositivo de transferencia, se utiliza para mantenimiento de la unidad o en casos de falla que obligan dejar fuera de servicio el U:P:S. sin desconectar la carga crítica.

Este proceso se ilustra en la fig. 8. donde se realiza la transferencia por pasos con el objeto de sincronizar la señal de entrada y salida, permitiendo el puenteo.

- En primer término, el interruptor estático que consiste en 3 interruptores de estado sólido (tiristores), uno para cada fase, después de aprox. 1/4 de ciclo de haber recibido en sus compuertas la señal de disparo se conecta entre la carga y la línea de suministro.
- Aproximadamente 2 ó 3 ciclos después se abre el interruptor de salida del inversor y la carga se soporta ahora por el interruptor estático.
- Finalmente en aprox 8 o 10 ciclos se cierra el bypass o puente para alimentar por ahí la carga.
- La secuencia descrita anteriormente se conoce con el nombre de "make- before -break" , que en síntesis es un proceso de sincronización para dejar afuera el U:P:S: prácticamente sin interrumpir el servicio.

### BIBLIOGRAFÍA

- *SISTEMAS UPS BEST*
- *SISTEMAS DE EMERGENCIA DEC UNAM 1987*
- *SISTEMAS DE GENERACIÓN DEC UNAM 1995*
- *MANUAL DE CÁLCULOS INGENIERÍA ELÉCTRICA (Mc GRAW Hill)*
- *MANUAL DE PLANTAS DE EMERGENCIA SELMEC*
- *MANUAL DE PLANTAS DE EMERGENCIA OTTO MOTORES*
- *REGLAMENTO VIGENTE Y NORMAS NOM-001-SEMP-1994*

## INTERFERENCIAS ELECTROMAGNETICAS Y PROTECCION

### 1. GENERALIDADES

Conforme va desarrollándose la electrónica y se populariza su utilización, los ingenieros en diseño de Sistemas Eléctricos de Potencia están comenzando a tropezarse con problemas cada vez más complejos sobre las denominadas interferencias electromagnéticas (EMI).

Resulta común que se "disparen por sí solas" algunas alarmas, que haya interferencias en la comunicación, que haya ruido en las líneas y en casos más extremos hasta daños físicos o pérdida de información en sistemas tan complicados como costosos.

Estos aparente problemas sin solución tienen muchos de ellos sus orígenes en las interferencias que requieren de blindajes y protecciones cada vez más sofisticados. Pretender abarcar y analizar en este curso un tema tan complejo como extenso, resulta imposible: es por esto que nos limitaremos a hacer algunas observaciones y exponer la problemática invitando a los interesados a detenerse a estudiar estos fenómenos pues es indudable que la tendencia de nuestra tecnología nos llevará a la necesidad de modificar nuestros diseños de tal forma que el tomar en cuenta estos fenómenos se consideren como de prioridad en los proyectos.

### 2. DEFINICION DE ALGUNOS TERMINOS EN ESTE MEDIO

#### EMI ....(ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE)

Se pueden definir como las señales de tipo electromagnético que perturban no intencionalmente el normal funcionamiento de un sistema eléctrico o electrónico, afectando a las magnitudes o magnéticas de sus circuitos, aunque no se lleguen a apreciar sus efectos externamente.

#### EMC ..(ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY)

La compatibilidad electromagnética es la capacidad de un equipo para funcionar satisfactoriamente en un ambiente electromagnético, sin introducir perturbaciones intolerables en ese ambiente o en otros equipos y soportar las producidas por otros equipos.

En algunos países adelantados ya se está comenzando a reglamentar y emitir normas para prever estas fallas y aunque es casi imposible eliminar erradicar las EMI, se pretende controlarlas a través de diseños adecuados de equipos e instalaciones con los dispositivos de protección adecuados.

#### EMS...(ELECTROMAGNETIC SUSCEPTIBILITY)

Este término y su opuesto (inmunidad), se emplean para indicar la mayor o menor propensión de un dispositivo o equipo a ser afectado por las EMI. El nivel de susceptibilidad de un equipo es la propiedad de funcionar correctamente en un ambiente con EMI. Así pues resulta imposible hablar de susceptibilidad, protección, etc. generalizadas, casi se debe referir a cada equipo y bajo determinadas interferencias.

### 3. FUENTES, ACOPLAMIENTOS Y RECEPTORES DE EMI

Para facilitar la comprensión del análisis de estos problemas, es básico entender que se requieren de tres elementos principales:

- UNA FUENTE, ORIGEN O GENERADOR DE LAS INTERFERENCIAS
- UN MEDIO DE PROPAGACION O ACOPLAMIENTO DE LAS INTERFERENCIAS
- RECEPTORES AFECTADOS POR LAS INTERFERENCIAS.

Desde este punto de vista, el análisis se enfoca a identificar cada uno de los elementos de nuestro problema y después de estudiarlo a fondo, aplicar medidas que atiendan los efectos o los eliminen no necesariamente en forma aislada, sino más bien en conjunto.

Como un ejemplo de las interferencias que se presentan en un sistema tan simple como el control de potencia de un motor trifásico, se ilustra la fig. No. 10

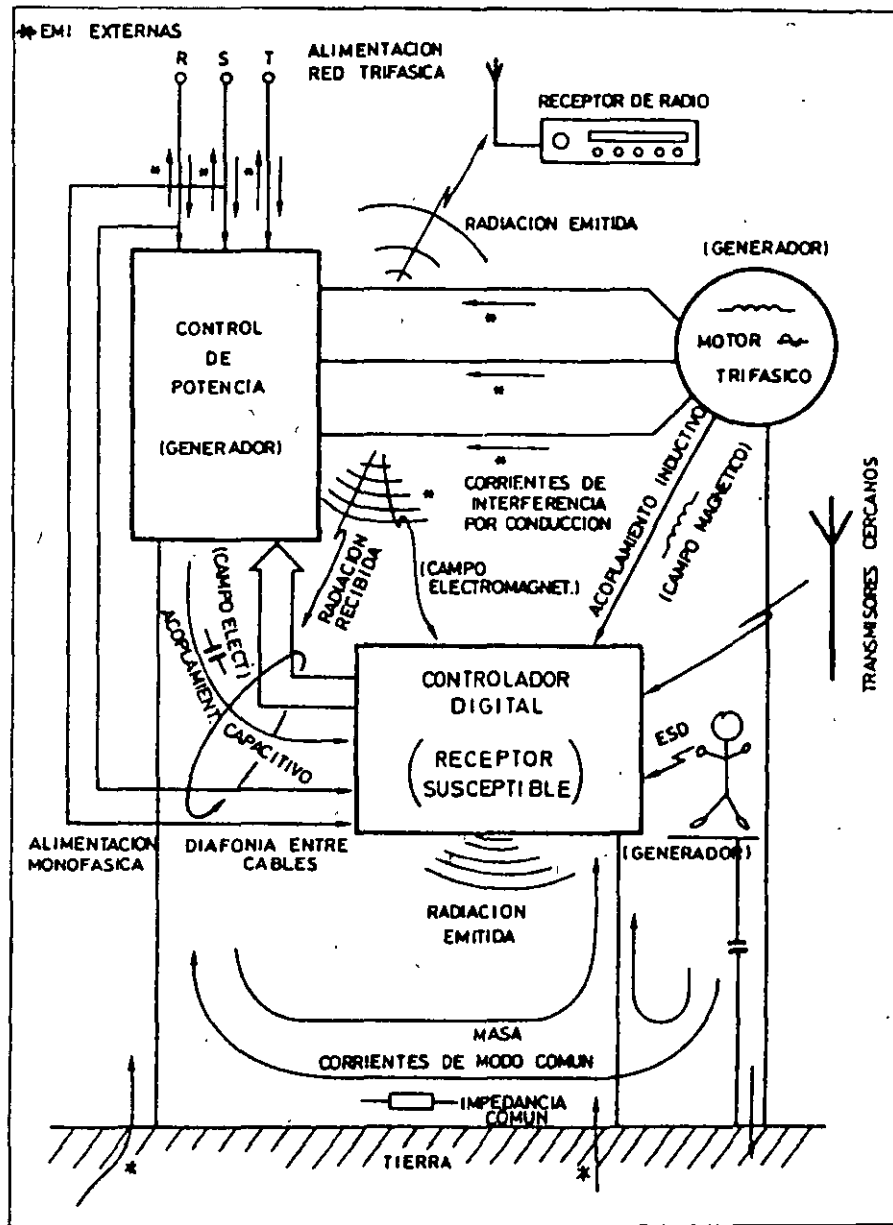


Figura 1.0. Esquema general de un sistema de control de potencia de un motor trifásico como ejemplo para mostrar los distintos fenómenos debidos a las interferencias electromagnéticas.

#### 4. CLASIFICACION POR CLASES DE EFECTOS PERTURBADORES

En general, las normas y recomendaciones sobre interferencias distinguen las siguientes Categorías o Clases de efectos:

CLASE 0	NO SE PRODUCE MAL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO O DISPOSITIVO. LA PERTURBACION NO INFLUYE
CLASE A	LA PERTURBACION PRODUCE EFECTOS ACEPTABLES, PERO NO ALTERA EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO O DISPOSITIVO
CLASE B	LA PERTURBACION ALTERA TEMPORALMENTE EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO PERO NO SUFRE AVERÍAS IRREVERSIBLES QUE NECESITEN DE UN TECNICO PARA SU REPARACION
CLASE C	LA PERTURBACION AFECTARA EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO, NECESITANDOSE LA PRESENCIA TECNICA PARA SU COMPOSTURA.
CLASE D	LA PERTURBACION PRODUCE DAÑOS IRREVERSIBLES EN EL EQUIPO, QUEDANDO IRRECUPERABLE.

#### 5. CLASIFICACION DE SEÑALES SEGUN SU SUSCEPTIBILIDAD

CLASE	CARACTERÍSTICAS.
I	Señales de tipo TTL o similar, de baja tensión y con frecuencias de 1 a 20 MHz.
II	Señales analógicas con niveles del orden de 10 mV y frecuencias hasta 1 kHz (Sensores) y señales digitales de frecuencias hasta 100 kHz.
III	Señales analógicas de instrumentación y regulación con valores de 1 a 10 V o 4 a 20 mA con frecuencias menores de 1 kHz, y señales digitales con tensiones mayores de 10 V y corrientes entre 5 y 10 mA. Se incluyen también señales analógicas del orden de 10 mV si éstas pueden ser filtradas con rechazo a partir de unos pocos hercios.
IV	Señales analógicas de baja frecuencia con niveles de 10 V y 100 mA, tales como las procedentes de transformadores de medida o de tipo digital procedentes de relés, contactos, etc.
V	Señales asociadas a equipos de comunicaciones a larga distancia con niveles de potencia en torno a 1 W y frecuencias entre 20 y 500 kHz (Modems).

## 6. CLASIFICACION DE AMBIENTES SEGUN NIVEL DE PERTURBACION

TIPO DE AMBIENTE	CARACTERISTICAS
A	PARTES DE LA INSTALACION CON SEÑALES DE TIPO DIGITAL, QUE GENERAN BAJOS NIVELES DE INTERFERENCIA Y, EN CAMBIO, SON SUSCEPTIBLES DE SER DISTORSIONADOS
B	PARTES DE LA INSTALACION, CON SEÑALES ANALOGICAS SENSIBLES CLASE II, TALES COMO, EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL.
C	PARTES DE LA INSTALACION CON SEÑALES DE CLASE III, QUE GENERAN BAJOS NIVELES DE INTERFERENCIA Y CON NIVEL MEDIO DE SENSIBILIDAD (INSTRUMENTACION)
D	PARTES DE INSTALACION CON SEÑALES CLASE IV, QUE GENERAN NIVELES DE INTERFERENCIA RELATIVAMENTE ALTOS Y SON POCO SENSIBLES A PERTURBACIONES EXTERNAS, (RELES, INTERRUPTORES, MOTORES, ETC.)
E	PARTES DE LA INSTALACION QUE MANEJAN SEÑALES DE CONTROL REMOTO O COMUNICACIONES, CLASE V, QUE DEBEN SER TRANSMITIDAS A LARGAS DISTANCIAS.

## 7. CLASIFICACION DE LAS PERTURBACIONES POR SU NATURALEZA

- NATURALES
- ARTIFICIALES

## 8. CLASIFICACION POR SU MEDIO DE PROPAGACION

**CONDUCIDAS:** Cuando el medio de propagación es un conductor eléctrico que une la fuente con el receptor afectado. (Cables de alimentación, de señal, de protección, pantallas, chasis metálicos, etc.)

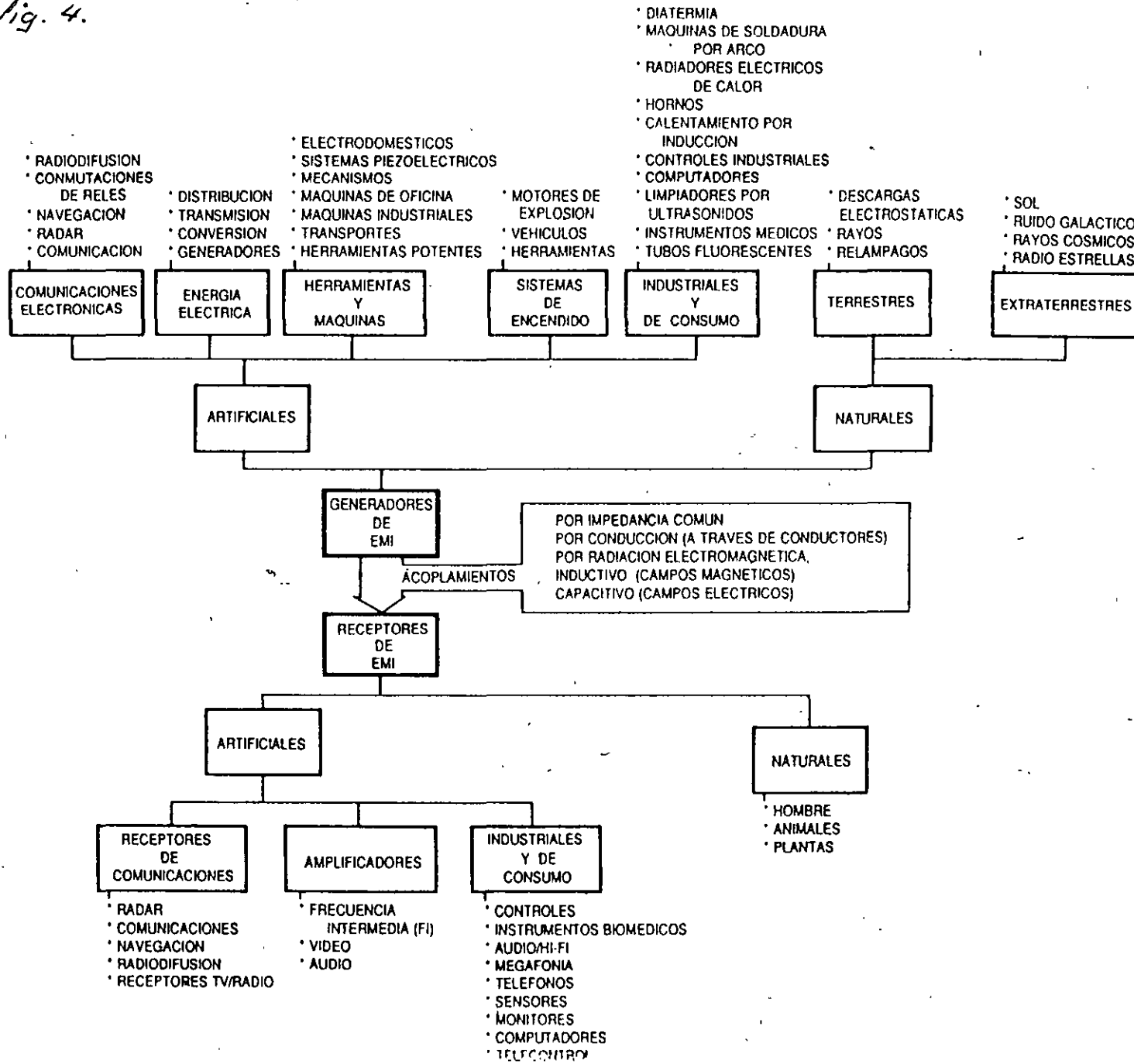
**RADIADAS:** Cuando la propagación se efectúa a través de campos electrostático o electromagnéticos.

**ACOPLADAS.** De alguna forma también son una forma de radiación a través de campo eléctrico o magnético, pero se las diferencia por la distancia, cuando se trata de campos cercanos se llama acoplamiento. En otras palabras, cuando la distancia de propagación  $< \text{long. de onda} / 2 \text{ PHI}$

EXISTEN MUCHAS OTRAS FORMAS DE CLASIFICARLAS. PARA ESTUDIARLAS Y PROTEGERLAS ADECUADAMENTE, en la fig.4, se presenta en forma resumida un diagrama general de los generadores y receptores de interferencias electromagnéticas con sus caminos de acoplamiento. Tanto en los generadores como en los receptores, se hace una división entre su vertiente natural y artificial

En la fig. 5 se presenta un diagrama resumido para las técnicas de solución.

Fig. 4.



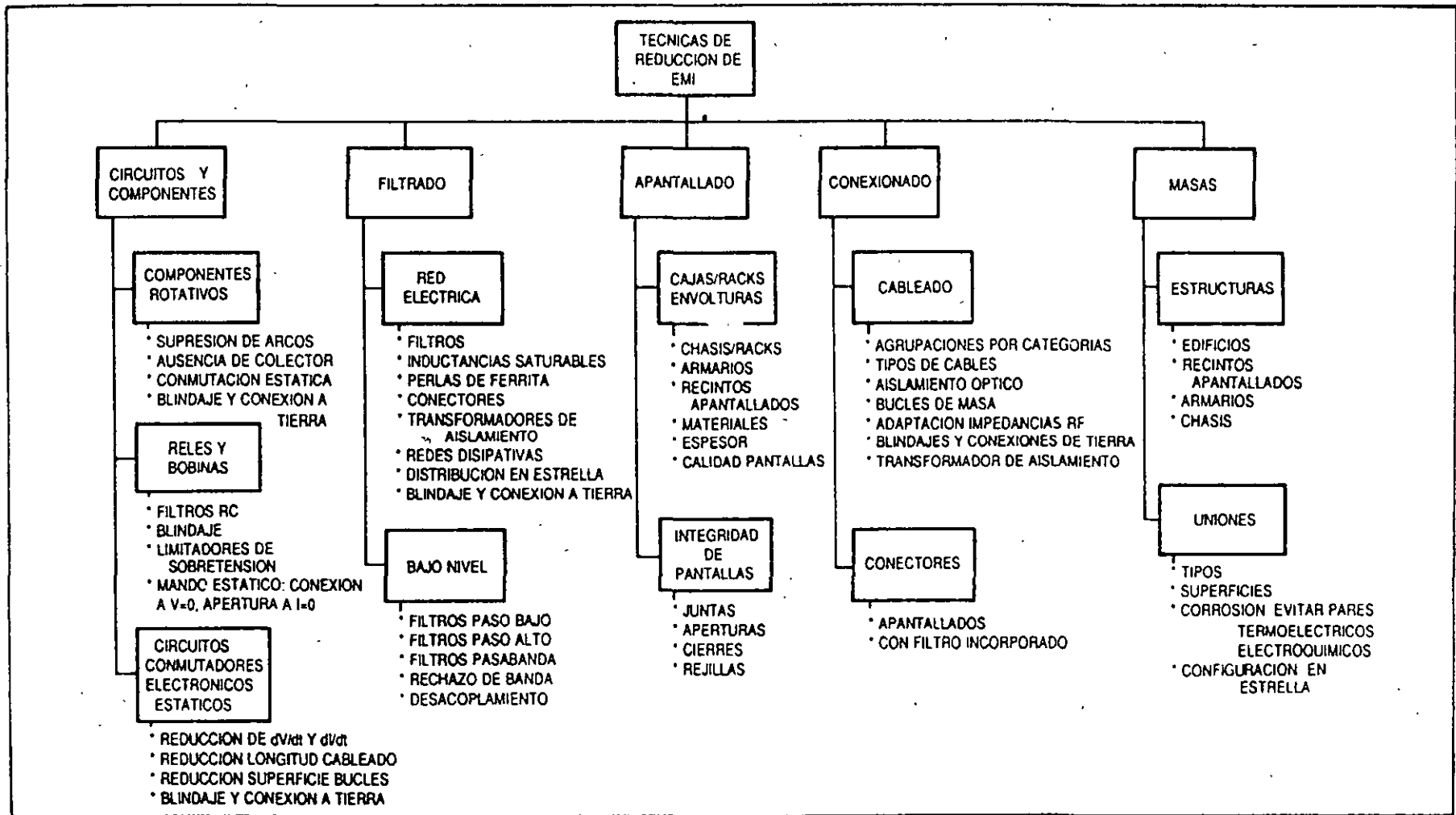


Figura 1.6 Diagrama resumido de técnicas de reducción de interferencias electromagnéticas divididas en cinco áreas: circuitos y componentes, filtrado, apantallado, conexionado y masas. (Cortesía de [4].)

(Fig. 6)

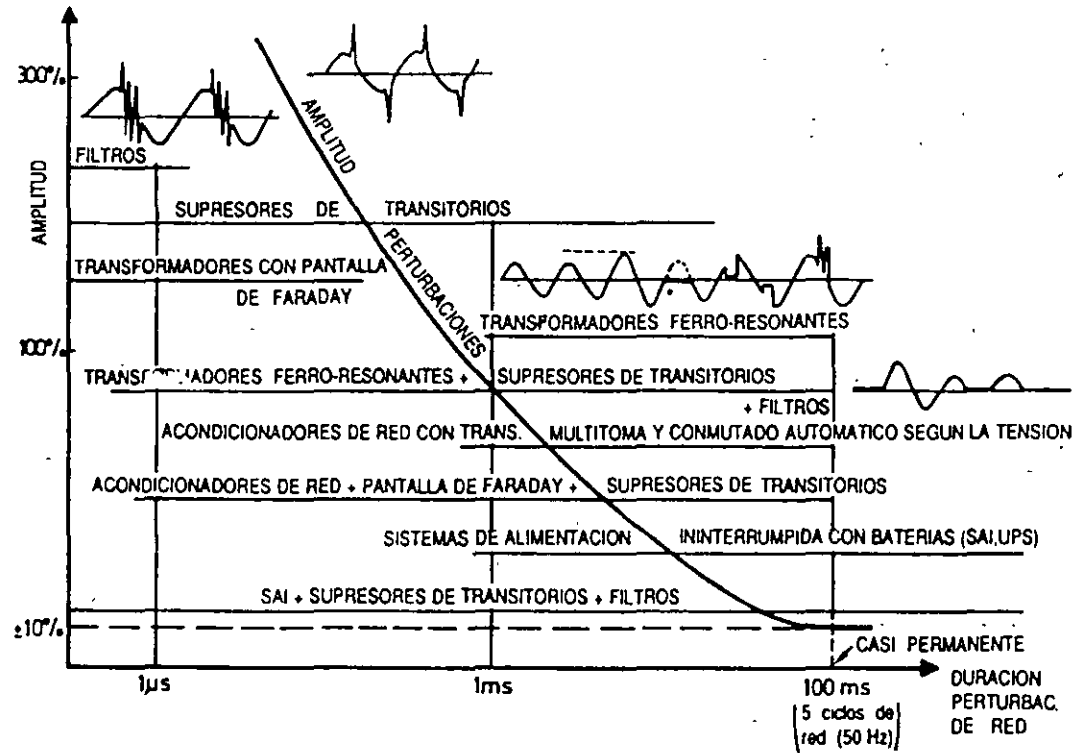


Figura 2042. Conjunto de protecciones en función de la duración de la perturbación y de su amplitud relativa. (Adaptada de [7]).



## 9. RECOMENDACIONES GENERALES:

- De acuerdo a las gráficas expuestas, se puede ver que aunque cada tipo de interferencia tiene una diferente forma de atacar, es posible agrupar los equipos o dispositivos de acuerdo a su susceptibilidad, a la clase de ambiente, etc. y proveer de la protección respectiva.
- En ese sentido, cuando lo sofisticado de la carga lo requiera, es recomendable proyectar la ubicación de los equipos conforme a su susceptibilidad y de esta forma hacer menos cara la instalación de las protecciones o tomar medidas que minimicen determinados efectos.
- Finalmente, queremos remarcar que conforme al perfil de la fig. 6, donde se muestran los efectos de las protecciones que se están introduciendo en las instalaciones eléctricas de los edificios, los supresores de transitorios presentan una muy buena alternativa de protección. Cuando se requiera instalarlos, la política es seleccionarlos para proteger por áreas: normalmente se instala un equipo de mayor capacidad a la entrada del edificio a no más de un metro del tablero de distribución principal, subestación, etc. y otros de menor capacidad conforme protejan tableros o áreas más pequeños.
- Como se especificó al principio, este es un tema muy interesante, prácticamente virgen en México, que requiere de investigación, estudio y dedicación de nuestros profesionales.

## BIBLIOGRAFIA

*INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS EN SISTEMAS ELECTRONICOS*

*BALCELLS, DAURA, ESPARZA Y PALLÁS*

*CATALOGOS DE FABRICANTES VARIOS*



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

*DEPARTAMENTO DE CURSOS INSTITUCIONALES*

***INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS***  
***DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL***  
***8-19 Abril de 1996***

***= SISTEMAS DE PROTECCION =***

## SISTEMAS DE PROTECCION

La actual Norma establece las condiciones que deben emplearse para proteger las instalaciones eléctricas y nos dice en su artículo "240-1. NOTA.- La protección contra sobrecorriente para conductores y equipos tiene por objeto abrir el circuito eléctrico cuando la corriente alcance un valor que pueda producir temperaturas excesivas o peligrosas en los conductores o en su aislamiento."

En 240-2 relaciona los artículos específicos para las protecciones de los equipos, sistemas o espacios especiales.

### 1.- Protección contra Sobrecorriente

#### 1.1.- Definiciones

Se define como sobre corriente a "cualquier valor de corriente mayor que la corriente nominal del equipo o mayor que la capacidad de corriente de un conductor. La sobre corriente puede ser causada por una sobrecarga, un corto circuito o una falla a tierra.

Nota.- Un equipo o conductor, bajo ciertas y determinadas condiciones, puede ser adecuado para una corriente mayor que la nominal; de ahí que los requisitos para la protección contra sobrecorriente se especifiquen para condiciones particulares" (100-A).

Y Sobrecarga: "funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad normal o de plena carga nominal, o de un conductor con exceso de corriente sobre su capacidad nominal, cuando tal funcionamiento, de persistir por suficiente tiempo, causa daños o sobre calentamiento peligroso. Una falla como un corto circuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga."

#### 1.2.- Dispositivos contra sobrecorrientes.

Como se vió en el capítulo de conductores, se calculan éstos para éstas sobrecorrientes seleccionándolos bajo condiciones normales de trabajo, pero el factor imprevisible de las fallas, debe de tomarlas otro dispositivo para proteger la inversión y las vidas humanas.

Existen en el mercado varios tipos de dispositivos para proteger tanto los conductores de alimentación como los equipos de distribución y en consecuencia los aparatos consumidores de energía y sobre todo al usuario de los mismos.

##### a).- Interruptores en caja de lámina:

Conocido también como interruptor de seguridad o de cuchillas o navajas, teniendo puerta y palanca exterior para la operación de interrupción manual. En su interior quedan integrados los fusibles que pueden ser de varios tipos según sus capacidad en amperes.

b).- *Tableros*

*Un panel o grupo de paneles individuales diseñados para constituir un solo panel, incluye barras, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y puede tener o no interruptores para controlar los circuitos de fuerza, iluminación o calefacción. Está diseñado para instalarse dentro de un gabinete colocado embutido o de sobreponer a una pared y ser accesible por el frente. (100-A)*

c).- *Interruptores termomagnéticos*

*Están diseñados para abrir el circuito en forma automática cuando ocurre una sobrecarga siendo accionado por una combinación de un elemento térmico y otro magnético. El primero, conocido como par térmico, se deforma por dilatación con la sobrecarga accionándose el disparo del interruptor, opera por tiempo de apertura con curvas características de tiempo-corriente.*

*El elemento magnético consta de una bobina de núcleo móvil, el circuito se abre cuando existe sobrecorriente por fallas.*

d).- *Interruptores termomagnéticos instantáneos*

*Empleados normalmente para motores, ya que este interruptor sólo cuenta con un circuito magnético accionado por las corrientes de sobrecarga o corto circuito y la protección contra sobrecarga está dado por un elemento térmico en un relevador por separado.*

*Los termomagnéticos especiales se diseñan para el 100% de la carga nominal y se disparan entre 101 y 120% de la misma.*

e).- *Interruptor termomagnético de tiempo inverso.*

*Equivale al fusible de tiempo retardado, teniendo un elemento magnético que responde instantáneamente a falla de corto circuito o a valores excesivos de sobrecarga en el arranque. Se introduce intencionalmente un retardo que decrece a medida que la magnitud de la corriente aumenta.*

f).- *Capacidad de fusibles*

*Tapón fusible: empleados sólo en pequeñas cargas de casas habitación se fabrican en 10, 15, 20 y 30 amp. y no son renovables.*

*Tipo cartucho: también pueden ser tipo casquillo desde capacidades del listón fusible de 3 hasta 60 amp. siendo de 3, 5, 6, 10, 15, 20, 25 y 30 amp. los de hasta esta última capacidad y de 35, 40, 45, 50 y 60 los más grandes para interruptores de 60A.*

*Tipo navaja: de capacidades los listones, también renovables, desde 75, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 500 y 600 Amp. en sus 4 dimensiones de los interruptores de 100, 200, 400 y 600 amperes, para 600 Volts, C.A.*

*g).- Capacidades de interruptores termomagnéticos*

*Fabricados en tipos de uso; industriales, habitacionales y para oficinas y pequeñas industrias. Asimismo para 1, 2 y 3 fases y también para las diferentes tensiones. Hay para las diferentes necesidades y sus capacidades varían desde 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, etc. hasta miles de amperes.*

*Los fabricantes en sus productos especifican capacidades de corriente como protección a sobrecarga y capacidad interruptiva como protección a corto circuito, en los catálogos de productos podemos obtener estos datos y otros técnicos más que nos ayudarán a seleccionar el ideal para cada caso.*

## SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

Los Rayos o descargas atmosféricas son producto de una gran concentración de carga electrostática en el interior de una nube-cúmulo y por inducción - otra carga en la superficie de la tierra, directamente abajo de la nube.

La Intensidad de la descarga dependerá de la concentración en la nube: Cúmulo y Cúmulo Nimbus, que son la que tienen una base inferior plana y llegan a extenderse de 5 a 30 Km<sup>2</sup>, que es donde se concentra la carga normalmente negativa, conforme crecen las cargas, crecerán en la tierra con polaridad positiva, que por ser de signos opuestos se atraerán.

Cuando el Gradiente en Volts/am<sup>2</sup>, excede la resistencia dieléctrica del espacio que la nube separa del suelo, una centella o "Rayo piloto" se abre paso a través del aire hacia la tierra con desplazamientos irregulares y bruscos, emitiendo ramales laterales y preparando el cauce del rayo incipiente con suspensiones en el avance de 10 a 12 microsegundos.

Los rayos piloto de polaridad negativa son silenciosos y débilmente luminosos, cuando la extremidad se aproxima a tierra se origina un intenso campo eléctrico, partiendo de la tierra un segundo rayo piloto secundario a encontrarse con el original descendente, haciendo contacto a una altura de 15 a 50 m, cerrándose el contacto y equilibrando esa carga - se acompaña de un destello de luz o relámpago. Esta descarga se modera volviéndose una corriente de mayor duración que termina con el remanente de las cargas de la nube.

Los valores de corriente son de centenares de miles de amperios, pero afortunadamente su duración es de 10 microsegundos hasta su máximo, bajando a la mitad durante 10 a 100 microsegundos, siendo la duración total de la descarga varios miles de microsegundos.

Las diversas concentraciones existentes en una misma nube, causan descargas sucesivas, a veces tan rápidas que no las aprecia nuestra vista normalmente, y se producen numerosas veces después de la principal.

Los lugares más elevados son los de mayor frecuencia para las descargas por tener también mayor concentración de carga, de ahí que son las edificaciones altas también las que frecuentemente atraen estas descargas y son los que hay que proteger, decidiéndolo a través de los siguientes factores:

- Frecuencia de las tormentas en la zona,
- Valor y naturaleza del edificio y contenido
- Riesgos a las personas que lo ocupan
- Exposición relativa
- Pérdidas indirectas

## SISTEMAS DE PROTECCION

- **Activos:** Son los que originan una protección para que las descargas atmosféricas NO incidan sobre una estructura. Se produce este rechazo por efecto de ionización de la atmósfera, esto provoca la dispersión de la carga, lo que disminuye el campo eléctrico.
- **Pasivas:** Se logra mediante la adopción de medios que reduzcan a límites no peligrosos las consecuencias de una descarga.

**Objetivo:** Un sistema de protección contra descargas atmosféricas proporcionará 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.

### ELEMENTOS BASICOS DE UN SISTEMA PASIVO:

#### a) Elemento Receptor.

Lo constituyen las puntas de protección metálica que sobresalen de las techumbres o cubiertas.

#### - b) Circuito a tierra

Formado por los conductores que transportan la corriente de descarga en un recorrido perfectamente determinado y de baja resistencia eléctrica, pasando por el exterior del edificio normalmente.

#### c) Electrodo de tierra

Llamados también dispersores de tierra, son los que tienen el contacto entre el sistema y el terreno siendo su función la de dispersar la descarga de corriente al suelo para así conducir el sistema.

## TIPOS DE PARARRAYOS

### 1.- Pararrayos de Franklin

Consta de una sola punta y su respectiva conexión y puesta a tierra. Su interés es puramente histórico, ya que se ha comprobado las limitaciones de su protección. Su desventaja principal reside en que, una vez que recibe la descarga, la punta falla debido a la intensa corriente que transporta, por ser un solo punto de recepción.

## 2.- Jaula Faraday

Se concibe como una red o malla de conductores en la parte superior de las estructuras, con suficientes conexiones a tierra para lograr una distribución uniforme del potencial de la Tierra.

La protección de las superficies intermedias de la malla 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 proporciona más vías de entrada a la descarga principal, siendo cada una de ellas de una intensidad de corriente mucho menor.

Este es el único sistema que se ha normatizado y reglamentado garantizando su funcionamiento.

## 3.- Pararrayos Radioactivos

Desarrollo reciente que consiste en un pararrayos Franklin al que se le proporciona mayor alcance mediante un ionizador artificial, compuesto por un dispositivo que aloja un material radioactivo, cuya acción provee la ionización artificial. Este sistema todavía no está reglamentado ni suficientemente experimentado para satisfacer garantías de su uso.

## CRITERIOS DE DISEÑO

Puede concluirse que hasta el momento debe usarse el sistema pasivo por Jaula Faraday, y con las informaciones que proporcionan las Normas de la NFPA y UL se puede abordar el desarrollo del proyecto mediante las siguientes consideraciones o secuencias.

- 1.- Ubicación de las puntas o terminales aéreas.
- 2.- Trayectorias de los conductores
- 3.- Conexiones adicionales
- 4.- Sistemas de instalación
- 5.- Especificación de Materiales.

## SISTEMAS DE CONSTRUCCION

### Clasificación de Edificios

Por altura clase I: menor a 23 m.

II: mayor a 23 m. o edificios con estructura de acero de cualquier altura.

Por pendiente en techos: a) techos planos o de pendiente ligera ancho menor 12 m. y pendiente menor a 1/8 o más de 12 m. de ancho y pendiente menor a 1/4  
b) Techos inclinados mayor a 1/8



## Especificaciones

### A.- De materiales:

Todos los materiales deberán ser resistentes a la corrosión, y debidamente protegidos contra la misma. No se usarán combinaciones que formen un par eléctrico que acelere la corrosión y serán de:

- a).- Cobre: para trabajos eléctricos industriales de 95% de conductividad.
- b).- Aleaciones de cobre: sustancialmente resistentes a la corrosión en -- iguales condiciones que el cobre.

El diseño de materiales contra pararrayos será especial para este fin. No se deben aceptar improvisaciones con otros materiales contruidos para otra finalidad.

### A.1.- Terminales Aéreas o Puntas

Fabricadas con varilla maciza de cobre electrolítico de 13 mm de diámetro. El largo será tal que el extremo cónico quede a 25 cm. del objeto o elemento a proteger como mínimo.

Las Terminales aéreas estarán sujetas a bases fundidas directamente, mediante cuerda roscable de no menos de 5 hilos.

Para su mejor conservación deberán ser niquelados o cromados.

Cuando las puntas sean de más de 60 cm. de largo, deberán ser sostenidas por tripiés de forma rígida y permanente al edificio, y el punto de sustento será cuando menos a la mitad de su altura.

### A.2.- Conductores.

Serán fabricados especialmente para este fin. Estarán trenzados con alambres de cobre suave según la siguiente tabla:

	Edif. clase I	Edif. clase II
Calibre mínimo de cada hilo	17 AWG	15 AWG
Peso por metro lineal	278 g.	558 g.
Sección transversal	29 mm <sup>2</sup>	58 mm <sup>2</sup>
	(57,400 cm)	(115,000 cm)

Para interconexión con sistemas metálicos, de conducción de agua, de calefacción por agua caliente o masas metálicas de baja resistencia a tierra, se empleará el mismo calibre de conductor principal.

### A.3.- Bases conectores y desconectores.

Todo el material para estas instalaciones como: cruces, derivaciones, empalmes, bases para terminales aéreas, abrazaderas para tierras y desconectores de tierra serán fundidos en alguna aleación de cobre con espesor de 2.38 mm.

**A.4.- Terminales a tierra o electrodos:**

Serán de acero chapado con cobre o de cobre macizo o de acero inoxidable de 13 mm de diámetro x 2.44 m. de largo como mínimo, o bien rehiletos contruidos con lámina de cobre calibre 20 como mínimo y una superficie de contacto igual a 0.20 m.<sup>2</sup>

**A.5.- Abrazaderas para cable:**

Serán resistentes a toda rotura y del mismo material que el conductor así como los clavos, tornillos o pernos de fijación.

**B.- Especificación de instalación,**

**1.- Terminales aéreas en techos inclinados:**

Se colocarán en la cumbrera a cada 6.0 m. máximo si son puntas menores de 60 cm. Las de más de 60 cm. de alto se espaciarán hasta 7.60 m. máximo. Ubicadas a 60 cm. o menos de los bordes de las techumbres o extremos y ángulos.

**2.- Terminales aéreas en azoteas planas o de pendiente ligera:**

Estarán localizadas en torno al perímetro. Si excede de 15 m. de ancho llevará puntas adicionales a intervalos máximos de 15 m. en las partes intermedias.

Los techos de pendiente ligera tendrán igualmente separación entre puntas de 6.0 ó 7.60 m. (puntas menores y mayores de 60 cm. respectivamente) en el perímetro de la techumbre. Asimismo terminal aérea intermedia a 15 m. máximo.

**3.- Terminales aéreas en salientes con techos inclinados:**

Tendrán estas salientes, si están en la misma altura o mayor, terminales, cable, bajadas y toma de tierra en la forma ya especificada. Las salientes que queden abajo de la cumbrera y que ésta las libre con una sombra imaginaria de 2/1, quedarán cubiertas con las puntas de cumbrera.

**4.- Terminales aéreas en azoteas con salientes en sus perímetros:**

En azoteas planas con relieves o salientes en sus perímetros, se considerará como un borde continuo, colocándose las puntas a no más de 60 cm. del extremo con las mismas separaciones de 6 o 7.60 m. según altura de la terminal.

5.- Protección de terminales aéreas en edificios más altos sobre niveles más bajos:

Azoteas protegidas a no más de 7.50 m.s.n.p.t. forman una protección sobre niveles más bajos proyectando una sombra imaginaria en proporción de 2 a 1.

Techumbres protegidas hasta altura de 15 m.s.n.p.t. protegen a niveles más bajos, pero en una relación 1 a 1.

Los edificios de más de 15 metros protegen a más bajos si estos se encuentran ubicados dentro del área situada debajo de un arco de 45 m. de radio, cuyos extremos queden tangentes al punto más elevado del edificio y al terreno.

6.- Instalaciones de puntas en cubos de luz o superficies abiertas en azoteas:

Estos deberán protegerse si el perímetro es mayor a 92 m. o en caso de que uno de los lados sea mayor de 15 m.

7.- Terminales en techos curvos o cúpulas:

Se instalarán puntas en la cima y bajando la superficie estableciendo una protección con relación 1 a 2.

8.- En chimeneas o ventilas sobresalientes del techo:

Se colocarán puntas en chimeneas o ventilas metálicas prefabricadas si la lámina tiene un espesor menor de 4.8 mm. y no estén protegidas dentro de la relación de 2 a 1 de alguna punta aérea.

Si la lámina es superior a 4.8 mm. (3/16") solo se interconectará al sistema de conductores.

En chimeneas se colocará una punta que no diste más de 0.60 m. de las aristas.