

323817

4205



Universidad Anáhuac  
del Sur

**UNIVERSIDAD ANAHUAC DEL SUR**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A  
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**" CONSIDERACIONES PARA PROYECTOS DE SISTEMAS  
DE DISTRIBUCION "**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

**ALEJANDRO EDUARDO CANALES PUENTE**

DIRECTOR DE TESIS:

**ING. JUAN VICENTE LEDUC RUBIO**

México, D.F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Junio de 1993



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE TEMATICO

		PAGINA
INTRODUCCION		3
<b>CAPITULO I</b>	<b>DESARROLLO Y CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ENERGIA ELECTRICA.</b>	<b>6</b>
	I.1 Historia	7
	I.2 Sistemas de corriente alterna	8
	I.3 Transmisión con corriente continua a alta tensión	10
	I.4 Distribuciones en serie y en derivación.	12
	I.5 Construcción de redes de distribución	14
	I.6 Redes aereas	15
	I.7 Montajes de líneas	21
<b>CAPITULO II</b>	<b>PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION EN MEXICO</b>	
	II.1 Elementos de las instalaciones eléctricas	23
	II.2 Concepto de instalación eléctrica	24
	II.3 Conductores	25
	II.4 Aspectos comparativos, sistemas aéreos contra subterráneos	28
<b>CAPITULO III</b>	<b>DISTRIBUCION DE LA CARGA EN UN SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA.</b>	
	III.1 Características de la carga en un sistema	32
	III.2 Cargas distribuidas	36
	III.3 Estudio de cargas	38
<b>CAPITULO IV</b>	<b>DESCRIPCION Y NORMALIZACION DEL EQUIPO PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION AEREAS</b>	<b>48</b>
	IV.1 Dispositivos y equipos eléctricos.	48
	IV.2 Cable conductor para líneas aereas.	49
	IV.3 Electrodo.	61

IV.4	Aisladores.	63
IV.5	Postes.	70
IV.6	Cruceta.	79
IV.7	Restaurador.	81
IV.8	Fusibles.	85
IV.9	Seccionadores.	89
IV.10	Capacitores de potencia.	93
IV.11	Transformador de distribución.	96
IV.12	Cuchillas	102
IV.13	Pararrayos	106
IV.14	Herramientas del trabajador.	109
CAPITULO V	INSTALACION Y PARADO DE POSTES.	116
V.1	Excavación de hoyos.	119
V.2	Parado de postes.	124
CAPITULO VI	PROYECTO FRACCIONAMIENTO JOYAS DE CUAUTLA	127
	ANALISIS PRELIMINAR PARA EL PROYECTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS	128
	INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES	131
	PLANO DEL FRACCIONAMIENTO	138
	CALCULOS NECESARIOS	135
CONCLUSIONES		138
BIBLIOGRAFIA		139

## INTRODUCCION

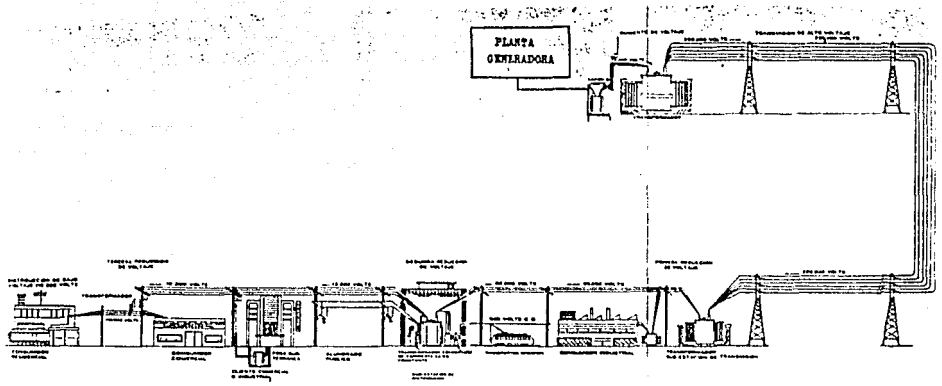
El presente trabajo tiene por objeto mostrar el auge de la ingeniería eléctrica en su rama de distribución, a partir de criterios establecidos con el fin de proveer una calidad de servicio óptima no sólo desde el punto de vista técnico y de estabilidad del sistema, sino ecológico y económico.

El desarrollo de este estudio comprende una descripción general muy breve de la generación de energía eléctrica en el presente, aspectos relacionados con nuestro país, la naturaleza de los servicios a los que se debe suministrar energía y los requisitos que debe satisfacer todo sistema de distribución para ser considerado eficiente. Se desglosan las partes que constituyen un sistema de potencia haciendo énfasis en la etapa de la distribución, considerando los tipos y magnitudes de la carga por alimentar. Se hace referencia a las subestaciones de distribución así como a las líneas de subtransmisión.

En otra parte del trabajo, se estudia la topología de los sistemas de distribución (alimentadores primarios y red secundaria) y su aplicación, según se trate de áreas urbanas (residenciales, comerciales, turísticas, habitacionales, etc...) o sub-urbanas (industrias entre otras); se mencionan a los transformadores como los dispositivos que hacen posible efectuar la transferencia de energía eléctrica en corriente alterna; escalonando los valores de corriente y voltaje (inversamente proporcionales entre sí) en cada etapa del circuito, hasta los niveles de utilización, lo que permite entre otras cosas abatir las pérdidas por efecto Joule y por otra parte proporcionar flexibilidad al sistema.

A continuación se hace referencia a los elementos constitutivos de toda red, es decir, los cables, incluyendo los sistemas de protección y el comportamiento de ambos bajo condiciones de operación.

Por último, se presenta como ejemplo ilustrativo el sistema de distribución del fraccionamiento "Joyas de Cuautla".



DIFERENTES ASPECTOS DE LA UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

## CAPITULO I

### DESARROLLO Y CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ENERGIA ELECTRICA.

El objeto de las redes eléctricas es la distribución de la energía eléctrica, en los poblados, de la energía procedente de las grandes centrales generadoras, que pueden estar emplazadas en el mismo lugar de utilización, o en otros muy distantes, en cuyo caso es conducida hasta el centro consumidor por largas líneas de transporte.

Las líneas distribuidoras se trazan por las calles de la población, para acometer en corta distancia los edificios a los que haya que suministrar la energía. El conjunto de las distintas líneas unidas entre sí forman un sistema de mallas o redes, y de aquí su nombre de redes de distribución. El punto de unión de dos o más tramos de línea se denomina nodo o vértice de la red.

Las redes de distribución pueden ser de alta y de baja tensión. Las primeras son las que conducen la energía en alto voltaje a los puntos de alimentación, donde se transforma para ser utilizada en las redes de baja tensión. En estas, como su nombre lo indica, circula la corriente a tensión reducida, porque penetrando los conductores en las viviendas se correría el peligro de que la manipulación de los receptores produjese accidentes sensibles y quizás irreparables.

A continuación se dará una breve historia del desarrollo de la energía eléctrica.



## I.1 HISTORIA

El descubrimiento del fenómeno de la inducción electromagnética por Faraday, en 1831, que dió lugar al invento del generador eléctrico, es el punto inicial de la electrotecnia, cuyo desarrollo esta intimamente ligado al de los sistemas de energia eléctrica.

Generalmente se considera que los sistemas de energia eléctrica se inician en 1882 con las instalaciones de alumbrado utilizando lámparas de arco electrico.

En un principio el suministro de energia eléctrica se hizo mediante corriente continua a baja tensión, utilizando el generador de corriente continua (dinamo) desarrollado en 1870 por Gramme. Inicialmente la carga estaba constituida por lámparas incandescentes de filamento de carbón, hacia 1884 se empezaron a utilizar motores de corriente continua.

Los primeros sistemas de distribución en ciudad eran de dos hilos, a potencial constante. El aumento de la carga condujo a desarrollar el sistema de tres hilos.

El uso de sistemas de corriente continua a baja tensión limitaba, por razones económicas, la distancia a la que podía transmitirse la energia eléctrica con una regulación de voltaje aceptable.

## 1.2 SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA

Con el invento del transformador por Gaulard y Gibbs en 1883 se hizo posible la elevación eficiente y económica de la tensión utilizando sistemas de corriente alterna. Por esta razón el sistema de corriente alterna para generación y la transmisión desplazó al de corriente continua, permitiendo la transmisión de grandes cantidades de energía eléctrica a grandes distancias. En la distribución, el uso de la corriente alterna se ha generalizado también, aunque sobrevivieron hasta fechas recientes algunos sistemas de distribución de corriente continua en algunos sectores de ciertas ciudades. Por otra parte, la superioridad del motor de corriente continua sobre el de corriente alterna para las aplicaciones de tracción, hizo que se hayan mantenido hasta la fecha sistemas de tracción de corriente continua, con tensiones de hasta 3,000 volts. Sin embargo actualmente se prefiere hacer la alimentación con corriente alterna y realizar la conversión de alterna a continua en las locomotoras, con los sistemas que ofrece la electrónica de potencia.

Los primeros sistemas de corriente alterna fueron monofásicos. En 1884 Gaulard realizó una transmisión de corriente alterna monofásica de 40 Km de longitud en la región de Turín (Italia). En 1886 se puso en servicio en Estados Unidos un sistema de corriente alterna monofásica, usando transformadores con tensión primaria de 500 volts y tensión secundaria de 100 volts. En 1887, entró en servicio un sistema de transmisión de distribución con corriente alterna en la Ciudad de Lucerna (Suiza) y en 1888 en Londres.

En 1883, Tesla inventó la corriente polifásica, en 1886, desarrolló un motor polifásico de inducción y en 1887, patentó en Estados Unidos, un sistema de transmisión trifásico.

La primera línea de transmisión trifásica se construyó en 1891 en Alemania, con una longitud de 180 kilómetros y una tensión de 12,000 volts.

El sistema de corriente alterna trifásico se desarrolló rápidamente y es actualmente de empleo general, ya que presenta la ventaja de que la potencia total suministrada es constante, siempre que el sistema trifásico este equilibrado mientras que en un sistema monofásico la corriente suministrada es pulsante. Además, para una misma potencia, un generador o un motor monofásico es más grande y por lo tanto más caro que el correspondiente trifásico.

A partir de la introducción de la transmisión con la corriente alterna trifásica, a fines del siglo pasado, la cantidad de energía transmitida como la longitud de las líneas y la tensión de transmisión han aumentado constantemente. En 1896, se instaló una línea de 25 kV en Estados Unidos.

En 1905, entró en servicio una línea de 60 kV entre la planta hidroeléctrica de Necaxa y la Ciudad de Mexico, lo que constituyó en aquel momento, la tensión más elevada del mundo.

En 1913, las tensiones de transmisión subieron a 150 kV, en 1923 a 220 kV, y en 1935 a 287 kV, en Estados Unidos. En 1952, entró en servicio en Suecia un sistema de 400 kV, en 1958 uno de 500 kV en la Unión Soviética y en 1965 una línea de 735 kV en Canadá. Las tensiones más altas actualmente en servicio son del orden de 1000 kV.

### I.3 TRANSMISION CON CORRIENTE CONTINUA DE ALTA TENSION

En años recientes se ha desarrollado un sistema de transmisión con corriente continua a la alta tensión. La energía eléctrica se genera con corriente alterna, la tensión se eleva mediante un transformador al valor necesario y se rectifica para realizar la transmisión con corriente continua; en el extremo receptor sigue el proceso inverso. Este sistema se pudo realizar debido al perfeccionamiento de equipos rectificadores e inversores de alta tensión, basados en la válvula de arco de mercurio controlada por rejilla. La primera instalación industrial de este tipo entró en servicio en Suecia en 1954, transmitiendo 20,000 kW a una distancia de 97 Km a través de un cable submarino a una tensión de 100 kV. Las instalaciones más recientes de equipos de conversión se han realizado con rectificadores controlados de silicio (thyristores).

En todos los casos el sistema de corriente continua interconecta dos sistemas de corriente alterna, ya que el funcionamiento de las válvulas como inversoras requiere la existencia de una fuente de corriente alterna.

Los sistemas desarrollados permiten invertir el sentido de la transmisión, haciendo que la estación rectificadora funcione como inversora y viceversa.

En el caso de las líneas de transmisión aéreas el interés que presenta la transmisión con corriente continua se debe a que, considerando únicamente la línea de transmisión, excluyendo el equipo terminal, la transmisión con corriente continua resulta más barata que con corriente alterna, o sea, que el sistema de corriente continua, para transmitir la misma potencia, a la misma distancia, con las mismas pérdidas y el mismo calibre de conductores que el sistema de corriente alterna, requiere únicamente dos conductores, en vez de tres, es decir, el 67% y una tensión a tierra cuya magnitud es el 87% del valor de cresta de la tensión del sistema de corriente alterna y, por lo tanto, su nivel de aislamiento necesita ser únicamente el 87% del sistema de corriente alterna. Además, es evidente que el número de aisladores y las dimensiones de las estructuras de soporte se reducen para el caso de corriente continua.

Para que la línea de corriente continua resulte más económica que la de corriente alterna, es necesario que el ahorro que se obtiene en la línea misma compense el costo de las instalaciones terminales de rectificación e inversión. Como el costo de una línea es proporcional a su longitud, mientras más larga sea la distancia a la que se requiere transmitir la energía eléctrica, mayor será el ahorro que se obtiene con la línea de corriente continua y existirá una longitud para la cual los costos de los dos sistemas, incluyendo

las instalaciones terminales, serán iguales. Para longitudes mayores, el costo de la transmisión con corriente continua será menor que en la transmisión de corriente alterna. En el estado actual de la tecnología, esta distancia resulta del orden de 800 km.

#### 1.4 DISTRIBUCIONES EN SERIE Y EN DERIVACION

Dos son las formas en las que puede efectuarse la distribución de la corriente: conectando los receptores en serie, y en derivación. En la primera, y como su nombre lo indica, todos los receptores se montan en serie sobre un circuito (fig.1.4.1), la tensión aplicada en los extremos debe ser igual a la suma de los voltajes necesarios para hacer funcionar cada receptor y de la caída de tensión producida en los conductores por el paso de la corriente. La intensidad  $I$  de ésta, como es natural, permanece constante en todos los puntos del referido circuito y atraviesa los diversos receptores (lámparas, motores o transformadores para alimentar, a su vez, otras distribuciones).

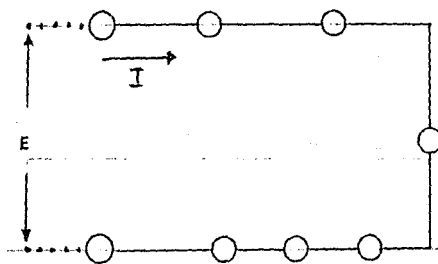


figura 1.4.1 Distribución con todos los receptores puestos en serie.

Este procedimiento de distribución de la corriente tiene el inconveniente de que los receptores no funcionan con independencia, y por ello solamente se emplea en alumbrados públicos instalados a lo largo de grandes vías. En dichos alumbrados, y pudiendo utilizar voltajes elevados, se consiguen economías importantes en los gastos de instalación; además, colocando en cada circuito un regulador de tensión para mantener constante la corriente que circula por las lámparas, estas tienen mayor duración por lo que se tiene un ahorro en los gastos de mantenimiento. Para evitar que, al quedar por avería fuera de servicio una lámpara cualquiera, se interrumpa el circuito y dejen de funcionar las restantes, es preciso que cada una de ellas vaya provista de un dispositivo por el cual se conecta una resistencia de igual valor que la del filamento averiado.

La distribución en derivación (fig.1.4.2) presenta una gran ventaja; la independencia en el funcionamiento de los receptores, que permite retirar algunos del servicio sin afectar con ello el trabajo de los demás. Desde luego, si la resistencia de la línea no produjese caída de tensión, todos los receptores trabajarían al voltaje existente en el origen; pero no ocurre así, y la tensión aplicada en los extremos de los receptores varía según el número de los que haya conectados, de tal forma que a mayor carga el voltaje disponible es menor, pero mientras el valor de la pérdida de tensión originada por la resistencia de la línea no exceda del límite tolerado para el funcionamiento regular de los receptores, no se producirá con ello ningún inconveniente. El reglamento de Mexico admite una diferencia de tensión máxima de 6% sobre el voltaje de alimentación indicado por

suministrador, y para que este no sea rebasado deben calcularse las secciones de los conductores de la red.

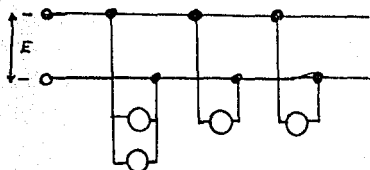


figura 1.4.2 Distribución en derivación

## 1.5 CONSTRUCCION DE LAS REDES DE DISTRIBUCION

Las redes de distribución pueden ser aéreas o subterráneas. Las que han de funcionar con alto voltaje, y se conducen por el interior de las poblaciones, deben ser subterráneas, para evitar los peligros que traería consigo el desprendimiento de los conductores. Debido a esta causa no es posible obtener de los organismos administrativos las oportunas concesiones para establecer redes aéreas de alta tensión dentro de zonas edificadas.

En cuanto a las de baja tensión pueden construirse de las dos maneras, si bien existe una limitación para el establecimiento de las redes aéreas, por que los ayuntamientos, velando por el ornato de las poblaciones, impiden su establecimiento. Sin embargo, en muchos casos no puede procederse con un criterio cerrado porque las redes subterráneas son de un costo elevado y resultaría prohibitiva su construcción por la escasa rentabilidad que con ellas se obtendría, especialmente en los sectores en que las cargas son reducidas o que están habitados por personas de vida modesta.



En las calles de las poblaciones importantes en que por cada fachada de nueve o más metros de ancho tienen los edificios diez o doce viviendas, además de los bajos dedicados a tiendas o talleres y que disponen también de ascensores o montacargas para servicio de los inquilinos, el consumo de energía adquiere un valor muy aceptable, de lo que resulta una recaudación, por metro de línea distribuidora, de cierta consideración, en cuyo caso puede construirse la red subterránea con la seguridad de que, a pesar de su costo elevado, se obtendrá en la explotación un beneficio para amortizar el capital invertido para la construcción de la red.

#### I.6 REDES AEREAS

**Conductores:** Los metales empleados en la fabricación de conductores para las distribuciones eléctricas son el cobre y el aluminio. Este último, por tener mayor resistividad que el cobre, existe para igual pérdida de voltaje una sección transversal mayor, y esto en las redes aéreas es un inconveniente, por lo cual en líneas del interior de las poblaciones se emplea exclusivamente el cobre en conductores de hilos y cables, y el aluminio en forma de cable, pero llevando un alma de acero, se utiliza en las líneas aéreas de alta tensión situadas fuera de poblado, actualmente hasta calibres de 336 MCM, ya se han desarrollado cables de aluminio sin alma de acero.

También se emplean para líneas de mediano voltaje, conductores cableados de una aleación de aluminio llamada "aldrey" en Suiza y "almelec" en Francia cuya composición aproximada es la siguiente: magnesio 0.5%, silicio 0.5%, hierro 0.3%, aluminio 98.7%, pero cuya resistencia mecánica es un poco menor que la del cobre.

En los reglamentos vigentes C.F.E. sobre líneas de baja tensión no está establecido que los conductores lleven cubiertas protectoras, es decir, tanto los cables como los hilos pueden ir desnudos y montados sobre aisladores. No obstante, en algunos casos conviene que la lleven, porque si cayese sobre los mismos un hilo o pieza metálica, daría lugar a un cortocircuito y seguramente a la suspensión del servicio.

A continuación se indican los diferentes tipos de cubiertas empleadas en la práctica con la especificación adoptada por casi todos los fabricantes y señalando además, en cada caso la aplicación:

a) tipo I.A.R.R. Está constituido de la forma siguiente: cobre desnudo, espiral de algodón, barniz rojo de intemperie, trenza de algodón, barniz rojo de intemperie. Este tipo es empleado como conductor en redes aéreas de distribución y la cubierta se mantiene en buen estado con el curso del tiempo. No debe confiarse mucho en su aislamiento, sobretodo cuando hay humedad, por lo cual deben evitarse el poner en contacto dos conductores de potencial distinto. Las acometidas usualmente se construyen con conductores de este tipo.

b) Tipo I.K.B. Cobre estañado, tubo de goma vulcanizada negra, trenza de algodón y barniz negro. Este tipo no se emplea en las redes de distribución y las acometidas, pero su empleo está indicado en las instalaciones del interior.

c) Tipo 3900 (G.N.) N.T. Cobre estañado, goma vulcanizada blanca y negra, (aislamiento de dos capas de goma conteniendo el 40% de caucho puro), cinta de papel (desde 16 mm<sup>2</sup>, cinta de tela), trenza de algodón, barniz negro.

d) Tipo 3900 (G.N.) N.P. Cobre estañado, goma vulcanizada blanca y negra (aislamiento de dos capas de goma conteniendo el 40% de caucho puro), cinta de papel (desde 16 mm<sup>2</sup>, cinta de tela), tubo de plomo.

e) Tipo Duplex Como el anterior, pero llevando dos conductores paralelos dentro de un tubo de plomo.

Estos tipos de conductores c, d, e, se prueban a 2000 volts después de inmersión en agua durante 24 hrs. El primero se utiliza por su excelente aislamiento para las acometidas en instalaciones que llevan los hilos en el interior de un tubo (Bergmann o hierro). Los d y e, uno o dos conductores se usan en redes de distribución para acometidas y también en instalaciones interiores. Las casas productoras garantizan para estos tipos una resistencia de aislamiento de 600 Mega-ohmios por km.

También se fabrican los tipos 4500 N.T. y 4500 N.P., mejor aislamiento de los anteriores c y d, así como estos últimos pueden trabajar hasta los 440 volts en corriente trifásica, los 4500 resisten el trabajo a la tensión de 1000 volts, también en corriente trifásica.

f) Tipo E.F.S. Este conductor se conoce con el nombre de concéntrico (evita fraudes). Esta probado a 2000 volts, garantizándose un aislamiento de 600 mega-ohmios por km. Lleva los conductores dispuestos concéntricamente y está formado del modo siguiente: conductor central de hilo de cobre estañado, vulcanizada superior, cinta engomada, corona de hilos delgados de cobre estañado, espiral de algodón, trenza de algodón, barniz negro para interior (o barniz rojo minio o gris, para exterior). Este tipo es empleado en acometidas, con objeto de evitar fraudes de energía.

Las secciones comerciales para los tipos a, b, c, d, 4500 N.T. y 4500 N.P. son en  $\text{mm}^2$ , las siguientes:

Hilos: 1.0 - 1.6 - 2.5 - 4.0 - 6.3 - 10.0  $\text{mm}^2$

Cables: 6.3 - 10.0 - 16.0 - 25.0 - 40.0 - 50.0 - 63.0 - 80.0 - 100.0

El tipo e, duplex, se fábrica únicamente con hilos de 1.0 - 1.6 - 2.5 - 4.0  $\text{mm}^2$ .

El tipo E.F.S., con dos conductores, se fábrica con secciones de  $2 \times 1.0 - 2 \times 1.6 - 2 \times 2.5 - 2 \times 4.0 - 2 \times 6.0 \text{ mm}^2$ .

Los conductores de aluminio no se fabrican de este solo metal por su blandura y menor resistencia a la ruptura (unos  $16 \text{ kg/mm}^2$ ), lo cual exigiria que se montasen con una tensión mecánica menor que en los de cobre, en estas condiciones la flecha que tomaría el conductor sería mucho mayor, precisándose el empleo de postes de más altura. Por esta razón, los conductores de aluminio se fabrican con alma de acero, que pueden estar compuestas a su vez, de varios hilos formando cable, y con ello, la resistencia mecánica del conjunto aumenta considerablemente.

La conductibilidad del aluminio es sólo el 61.5% de la del cobre, por lo que, en igualdad de valor, la sección con aluminio deberá ser 1.64 de la del cobre. Ello exige mayores secciones para igual pérdida de tensión, debido a lo cual la superficie de un conductor de aluminio expuesta a la acción del viento será también mayor e influirá en la resistencia de los postes que soportan la línea.

El alma de acero de los cables mixtos suele llevar uno o siete hilos, y, como es natural, la resistencia del conductor así formado depende de la relación entre las secciones del aluminio y del acero. De experiencias realizadas, se ha llegado a la conclusión que la resistencia media equivale al 85% del total de la resistencia de los hilos de acero, más el 98% del total de la resistencia de los hilos de aluminio.

La resistencia mecánica a la ruptura, de los hilos de aluminio, puede estimarse en  $16 \text{ kg/mm}^2$ , y la de los hilos de acero esta comprendida entre 115 y  $140 \text{ kg/mm}^2$ , según los diámetros.

La resistencia mecánica total de un conductor de aluminio con alma de acero es mayor, en un 50%, que la correspondiente al de cobre de igual sección, lo cual hace que los conductores mixtos puedan tenderse con mayores esfuerzos unitarios, obteniendo con ello flechas menores y exigiendo postes de altura más reducida que cuando se emplean conductores de cobre.

La relación entre los pesos de un conductor de aluminio con alma de acero y otro de cobre, depende de la proporción en que entra en la sección el acero; pero es aproximadamente de 3/4. Parece a primera vista que estando formado el conductor de dos metales - aluminio y acero -, al aplicarle una carga, y de no haber una completa ligazón entre ambos, alargarían en cantidades desiguales, pero el gran rozamiento existente entre el alma y los hilos exteriores impide el movimiento relativo, por lo cual dentro del límite de elasticidad el conductor mixto se alargará en una cantidad proporcional a la carga que se soporta como si se tratase de material homogéneo. La carga aplicada no se repartirá por igual en todas las secciones, pero puede aceptarse que la tracción unitaria es el cociente de dividir la carga por la sección total.

El acero y el hierro dulce no se emplean generalmente como conductores por su elevada resistividad, pero si, en forma de hilos y cables, como fiadores de los de cobre en los cruces de vías públicas. Para evitar la oxidación de los hilos y cables de hierro dulce o acero se someten a un galvanizado. A continuación se indican las características de cada clase de conductores:

TABLA I CARACTERISTICAS DE METALES PARA CONDUCTORES

Material	Peso específico g/cm <sup>3</sup>	Coefficiente de dilatación para 1° C	Resistividad a 20° C en microhmios cm	Coefficiente de temperatura	Inverso del módulo de elasticidad en mm <sup>2</sup> /kg	Límite de elasticidad en kg/mm <sup>2</sup>	Fatiga permanente kg/mm <sup>2</sup>	Carga de rotura kg/mm <sup>2</sup>
Cobre duro ...	8,95	16 × 10 <sup>-4</sup>	1,76	0,0039	1/12000	30 a 41	30	40
Aluminio .....	2,70	23 × 10 <sup>-4</sup>	2,82	0,004	1/6760	9 a 12	10 a 14	16 a 20
Aldrey .....	2,70	23 × 10 <sup>-4</sup>	3,13	0,0036	1/6500	28	24	35
Acero-aluminio	3,46	18 · 10 <sup>-4</sup>	3,372	0,004	1/8500	14	18 a 22	28 a 31
Acero .....	7,8	11,5 · 10 <sup>-4</sup>	11 a 22	0,006	1/22000	90 a 95	70 a 90	110 a 120

ESTOS DATOS SE HAN TOMADO DE LAS LISTAS DE ALGUNOS FABRICANTES DE DICHA CLASE DE CONDUCTORES.

### 1.7 MONTAJE DE LAS LINEAS

En el montaje de las líneas aéreas, lo primero que ha de hacerse es marcar, sobre el lugar de emplazamiento, los postes y palanillas. La fijación de estas se efectúa, en cuanto es posible, en los muros medianeros, porque en ellos se encuentra mayor resistencia. Las patas se empotran en una profundidad de 20 a 30 cm, según los casos, practicando previamente en el muro los agujeros necesarios a este objeto.

Se coloca la palomilla en su lugar correspondiente, aguantándola por medio de vientos sujetos a los huecos próximos, y después de nivelada se rellenan las cajas practicadas en el muro con material de cascote, cemento y arena. Se mantienen los vientos hasta que comience a fraguar la mezcla, y, en general, al día siguiente ya es posible quitarlos, pero no deben utilizarse las palomillas en el tendido hasta que hayan transcurrido unos pocos días, para que exista la debida consistencia en la masa hidráulica de fijación.

Todas estas operaciones se llevan a cabo por medio de escaleras plegables formadas por varios tramos que al desarrollarse dan la altura total necesaria. Se construyen hasta 20 m de longitud, pero ordinariamente se emplean las comprendidas entre 10 y 14 m, altura con la cual se consigue llegar a la de las palomillas(fig.1.7.1); estas son construidas casi siempre de material metálico, abandonado el empleo de la madera con patas de hierro, que fueron utilizadas en la construcción de las primeras redes, estas son colocadas en las fachadas de los edificios y sobretodo en las calles estrechas para no obstruir el paso peatonal y vehicular, al utilizarlas se obtiene una mayor economía en el costo de la red.

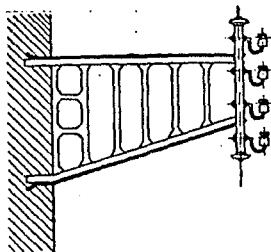


Figura 1.7.1 Palomilla



## CAPITULO II

### PROBLEMATICA DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION EN MEXICO

#### II.1 ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

El objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios que fueron requeridos durante la etapa del proyecto, es decir, en esencia proporcionar servicio con el propósito de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformarán según sean las necesidades.

Desde la generación hasta la utilización de la energía eléctrica, pasando por las etapas de transformación, transmisión y distribución, se clasifican en instalaciones de:

- a) alta tensión (80, 100, 110, 220, 345 KV)
- b) extra alta tensión (más de 345 KV)
- c) mediana tensión (66, 44, 32 KV)
- d) distribución y baja tensión (23, 20, 13.2, 4.16, 0.440, 0.220, 0.127 KV).

## II.2 CONCEPTO DE INSTALACION ELECTRICA.

Una instalación eléctrica es el conjunto de elementos necesarios para conducir y transformar la energía eléctrica para que sea utilizada en las máquinas y aparatos receptores para su utilización final. Cumpliendo con los siguientes requisitos:

- a) ser segura contra accidentes e incendios
- b) eficiente y económica
- c) accesible y de facil mantenimiento
- d) cumplir con los requisitos técnicos que fija el reglamento de obras e instalaciones eléctricas.

En principio en una instalación eléctrica intervienen como elementos principales para conducir, proteger y controlar la energía eléctrica y los dispositivos receptores los siguientes:

- 1) conductores eléctricos
- 2) canalizaciones eléctricas
- 3) conectores para las canalizaciones eléctricas
- 4) accesorios adicionales
- 5) dispositivos de protección.

Hay que considerar que las instalaciones pueden ser visibles, ocultas, parcialmente ocultas y a prueba de explosión, según sean las necesidades que se requieran en el servicio que se preste.

### II.3 CONDUCTORES

Se requiere que tengan buena conductividad y cumplan con ciertos requisitos en cuanto a sus propiedades eléctricas y mecánicas. La mayor parte de los conductores empleados son de cobre o aluminio por su gran conductividad y su costo es relativamente bajo.

Los conductores eléctricos se fabrican de sección circular de material sólido o como cables dependiendo la cantidad de corriente por conducir y su utilización, algunas veces se fabrican en secciones rectangulares para altas corrientes.

Se identifican según su calibre, siendo el más grueso es número 4/0, siguiendo el orden descendente: 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, y 20 el cual es el más delgado utilizado en instalaciones eléctricas.

Los conductores deben estar aislados, lo cual se logra con aislantes de tipo termoplástico con distintas denominaciones comerciales, siendo los más conocidos, por ser a prueba de agua entre otras propiedades, los siguientes: tipo TW, THW, vinanel 920, vinanel nylon, vulcanel E.P. y vulcanel XLP.

En la selección de los conductores se deben considerar los agentes que los afectan durante su operación, los cuales se pueden dividir en: a) mecánicos, b) químicos y c) eléctricos.

a) AGENTES MECANICOS.- el desempaque, manejo e instalación pueden afectar las características del conductor produciendo fallas de operación, por lo que es necesario prevenir el deterioro usando técnicas adecuadas de manejo de materiales e inserción de conductores en canalizaciones.

Los agentes que pueden afectar mecánicamente a los conductores se pueden dividir en cuatro clases:

a).-Presión mecánica se puede presentar en el manejo de los conductores por el paso o colocación de objetos pesados sobre los conductores, su efecto puede ser una deformación permanente del aislamiento, disminuyendo el espesor del aislamiento y provocando fisuras que pueden provocar fallas eléctricas futuras.

b).-Abrasión. Se presenta normalmente al introducir los conductores a las canalizaciones, cuando estos están mal preparados y tienen rebabas o rebordes punzo-cortantes.

c).-Elongación. El reglamento marca que no debe haber más de dos curvas de 90 grados en una trayectoria de tubería, que trae consigo el problema de aumento de resistencia eléctrica por disminución en la sección del conductor.

d).-Doblez a 180 grados. Por mal manejo del material donde las moléculas del aislamiento que se encuentran en el exterior se encuentran sometidas a la tensión y las que se encuentran en la parte interior a la compresión.

B) AGENTES QUIMICOS.- Son contaminantes que se pueden identificar en cuatro tipos generales que son: agua o humedad, hidrocarburos, ácidos y alcalis. Por lo general no es posible eliminar en su totalidad los contaminantes de una instalación eléctrica, lo que hace necesario el uso de conductores eléctricos que resistan los contaminantes en cada instalación.

En la siguiente tabla se indican algunas propiedades de aislamientos a la acción de los contaminantes más comunes.

TABLA II.1

HABILIDAD DE RESISTENCIA DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSION AL ATAQUE DE AGENTES QUIMICOS.

TIPO COMERCIAL	ALCALIS	ACIDOS	HUMEDAD	HIROCARBURCS
TW	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	bueno
VINANEL 900	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	bueno
VINANEL NYLON	Muy bueno	Excelente	Excelente	Inerte
VULCANEL EP	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Regular
VULCANEL XLP	Muy bueno	Muy bueno	Excelente	Regular

C) AGENTES ELECTRICOS.- Desde el punto de vista eléctrico, la habilidad de los conductores de baja tensión se mide por la rigidez dieléctrica del aislamiento, que es la que determina las condiciones de operación manteniendo la diferencia de potencial requerida dentro de los límites de seguridad, permiten soportar sobrecargas transitorias e impulsos provocados por corto circuito

En la siguiente tabla se indican algunas propiedades de los conductores eléctricos comerciales desde el punto de vista de la rigidez dieléctrica de sus aislamientos.

TABLA II.2

RIGIDEZ DIELECTRICA DE LOS AISLAMIENTOS USADOS EN CONDUCTORES DE BAJA TENSION.

IDENTIFICACION COMERCIAL	KV/mm C. A. ELEVACION RAPIDA	KV/mm C. D. IMPULSO
T.W.	12	40
VINANEL 900.	12	40
VINANEL NYLON.	15	45
VULCANEL EP.	18	54
VULCANEL XLP.	20	60

II.4 ASPECTOS COMPARATIVOS, SISTEMAS AEREOS CONTRA SUBTERRANEOS

INTERACCION RECIPROCA CON EL MEDIO AMBIENTE

REDES AEREAS

- 1.- Congestionamiento urbano, en areas con densidad de carga superior a 5 MVA/Km<sup>2</sup>.
- 2.- Se hallan expuestas a contingencias físicas (choques de vehículos, cuerpos extraños (papalotes) ); agentes atmosféricos (rayos, lluvia, granizo, polvo, sales minerales y contaminantes).
- 3.- Son de fácil acceso, en caso de reparaciones por fallas, ampliaciones o modificaciones.

## REDES SUBTERRANEAS

- 1.- Poco expuestos; por lo tanto el índice de fallas es bajo, obteniéndose un servicio con alto grado de confiabilidad y continuidad.
- 2.- No existen agentes atmosféricos
- 3.- Son susceptibles de fallas por ataques de roedores

## COSTOS CONDICIONES DE DISPONIBILIDAD

### REDES AEREAS

- 1.- Disponibles en cualquier tipo de fraccionamiento, sin restricciones respecto al nivel económico de los usuarios.
- 2.- costos de mantenimiento altos en redes con uso en áreas de crecimiento irregular.

### REDES SUBTERRANEAS

- 1.- Son costeables a partir del nivel económico medio
- 2.- Para fraccionamientos con cargas promedio superiores a 1.5 Kva.
- 3.- Solo para zonas con planificación urbana adecuada (áreas residenciales, alumbrado, comercio, etc...)
- 4.- Costos de mantenimiento bajos
- 5.- Amplia flexibilidad tanto de operación como de expansión en áreas con urbanismo adecuadamente planeado.

## INTERRUPCIONES POR FALLAS

### REDES AEREAS

- 1.- Interrupciones más o menos prolongadas, dependiendo de la estructura del circuito que se use.

### REDES SUBTERRANEAS

- 1.- Si bien ocurren fallas, estas pueden detectarse y aislarse rápidamente, sin que para corregirse se requiera interrumpir el servicio.
- 2.- Mayor vida útil del equipo (dos o más veces el de cualquier red aérea.)

## OBRA CIVIL

### REDES AEREAS

- 1.- Posteria
- 2.- Herrajes

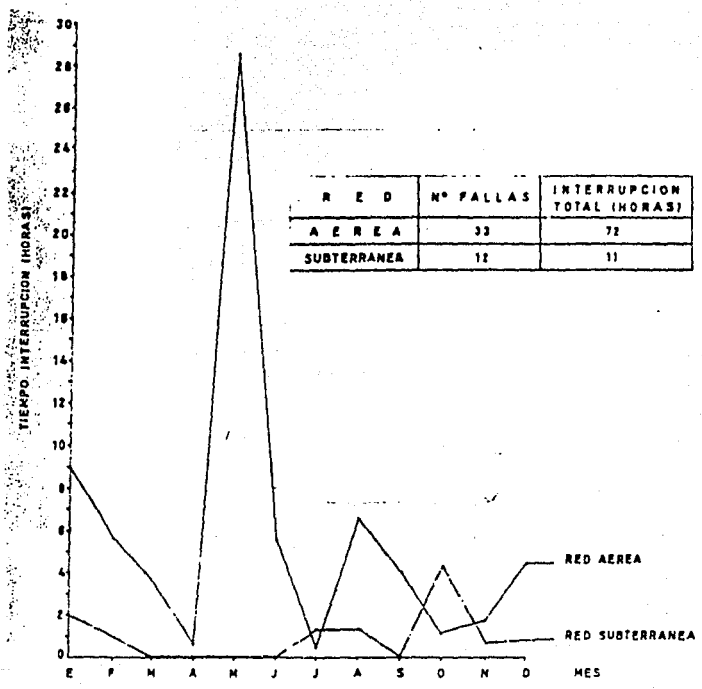
### REDES SUBTERRANEAS

- 1.- Cimentación para gabinetes de transformadores
- 2.- Pozos para instalación de equipo sumergible
- 3.- Trincheras
- 4.- Ductos para alojar cables
- 5.- Muretes para acometidas

A continuación se muestra una gráfica comparativa anual de tiempo de interrupción entre una red aérea y otra subterránea ambas a 23 Kv. (alimentador primario) figura II.4.1. (1974)



Figura II.4.1.



## CAPITULO III

### DISTRIBUCION DE LA CARGA EN UN SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA

La carga global de un sistema, esta constituida por un gran número de cargas individuales de diferentes clases, industrial, comercial, residencial, turística, rural, etc. En general una carga absorbe potencia real y potencia reactiva; es el caso por ejemplo de un motor de inducción. Las cargas puramente resistivas ( lámparas incandescentes, calefactores eléctricos ) absorben unicamente potencia real.

La potencia suministrada cada instante por un sistema, es la suma de la potencia absorbida por las cargas más las pérdidas en el sistema. Aunque la conexión y desconexión de las cargas es un fenómeno aleatorio, la potencia total varía en función del tiempo siguiendo una curva que puede predeterminarse con bastante aproximación y que depende del ritmo de las actividades humanas en la región servida por el sistema (hábitos de vida conforme la hora del día, el día de la semana, la temporada del año, etc.)

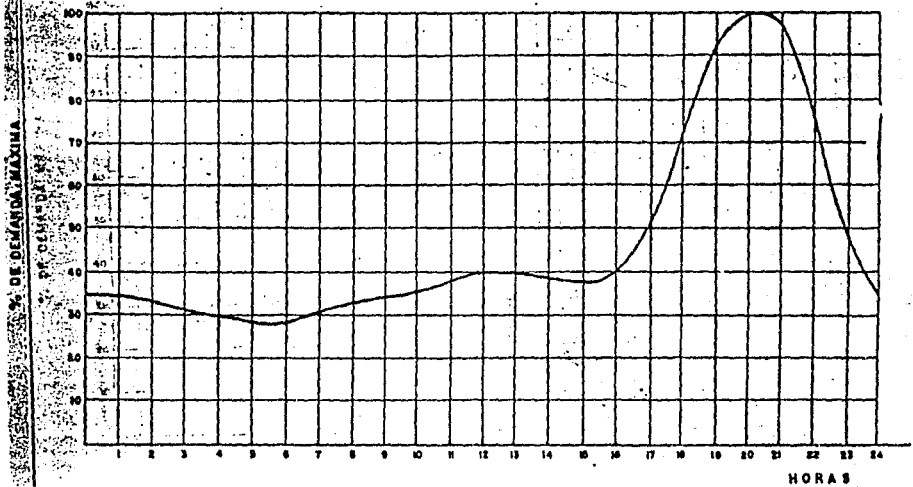
En la figura III.1.A, III.1.B y III.1.C, se muestran las curvas que representan la variación de la potencia real suministrada por un sistema en función del tiempo, durante un periodo de 24hrs. (carga de tipo habitacional, comercial e industrial respectivamente).

El área bajo la curva representa la energía eléctrica consumida durante ese periodo de tiempo, cuyas unidades están dadas en Kwh, (kilowatt-hora).

La ordenada máxima de la curva determina la capacidad de generación que se debe disponer para estar en condiciones de satisfacer la demanda.

FIGURA III.1.A

**CURVA TIPICA DE DEMANDA  
DE CARGAS TIPO HABITACIONAL**  
Factor de carga diario = 0.45



CURVA TIPICA DE DEMANDA  
DE CARGAS TIPO COMERCIAL  
Factor de carga diario = 0.65

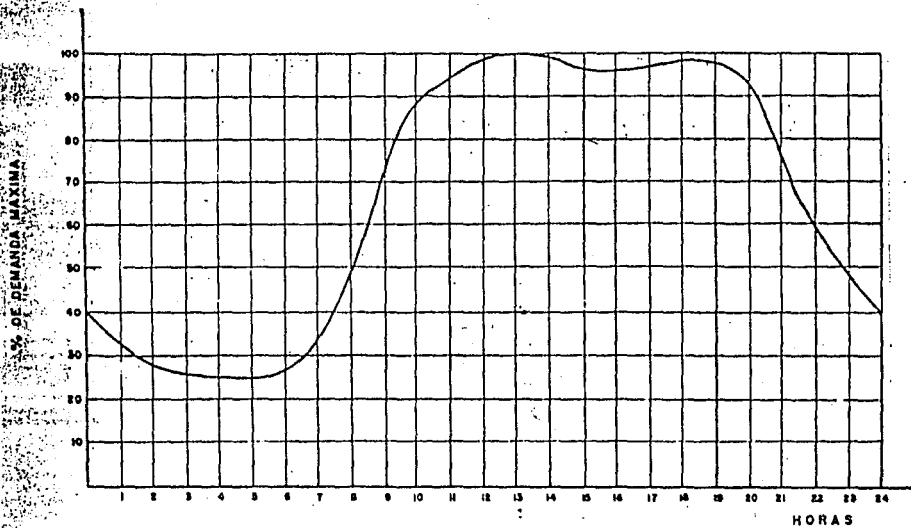
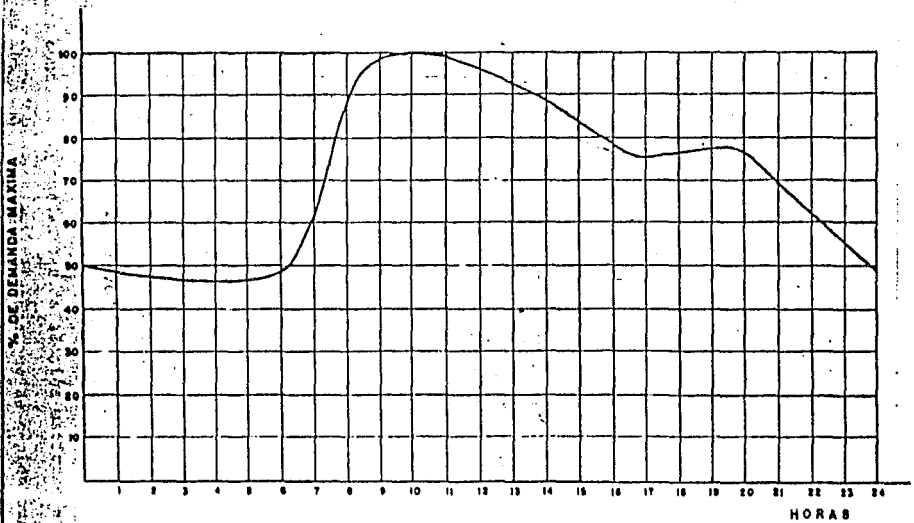


FIGURA III.1.C

**CURVA TÍPICA DE DEMANDA  
DE CARGAS TIPO INDUSTRIAL**  
Factor de carga diario = 0.70



### III.2 CARGAS DISTRIBUIDAS

En la primera etapa de distribución, (los alimentadores) se transporta la energía en bloque desde las barras colectoras hasta los transformadores de distribución, en los que se reparte la energía eléctrica a los diversos consumidores mediante líneas de distribución secundaria en las condiciones adecuadas para su utilización, por consiguiente la carga se concentra casi totalmente en su extremo, si bien, en ocasiones existen uno o dos centros de consumo intermedios. En las líneas de distribución, en cambio, las cargas se distribuyen con más o menos uniformidad, como se muestra en las figuras III.2.A y III.2.B, que se refieren al caso de alimentación de lámparas de incandescencia (ejemplo similar a la ubicación de las cargas domésticas típicas).

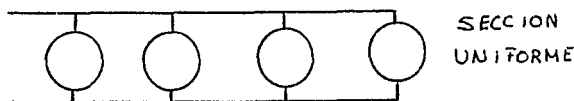


FIGURA III.2.A

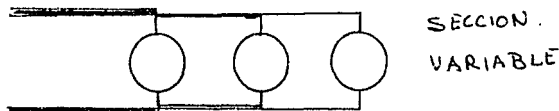


FIGURA III.2.B

Los conductores pueden ser de sección uniforme en toda su longitud (fig. III.2.A), sistema que se emplea cuando los conductores son cortos y la caída de tensión reducida.

Como no es posible en la práctica hacer un conductor de sección uniformemente decreciente, ésta se reduce por escalones, de manera que cada tramo sea de sección constante, que pasa bruscamente a una sección menor en el tramo siguiente, y así sucesivamente, como se ilustra en la fig. III.2.B. Como regla general debe recordarse que la densidad de corriente debe ser la misma en todos los tramos; evidentemente, se utilizan para cada tramo los conductores normalizados de sección más próxima superior a la obtenida.

### III.2.1 TENSIONES DE DISTRIBUCION SECUNDARIA NORMALIZADAS EN MEXICO (AREAS URBANAS)

	TENSION NOMINAL	TIPO DE SISTEMA
A)	120/240	1 FASE 3 HILOS
B)	240/120	3 FASES 4 HILOS
C)	220/127	3 FASES 4 HILOS

TABLA #1

VOLTAJES LIMITE PERMISIBLES

	MAXIMO	MINIMO
A)	108/216	126/252
B)	216/108	252/126
C)	198/114	231/133

Referencia: Tensiones de sistemas de distribución, subtransmisión y transmisión.

Comisión Federal de electricidad. Especificación Básica L0000-02 julio 1978 México.

### III.3 ESTUDIO DE CARGAS

La densidad de carga es a menudo una medida útil al estimar el suministro de energía eléctrica requerido para cierto tipo de cargas. La densidad de carga deberá ser medida en términos de Kva. por kilómetro cuadrado. Se prefiere las unidades en Kva. tanto más que Kw., pues siendo unidades de potencia aparente, ya que abarcan los efectos reales (Kw.) y reactivos (Kvar.) de las cargas. Algunas veces se emplea también el término volt-amperes por metro cuadrado al referirse a la densidad de carga, sin embargo, se limita exclusivamente a edificios que alojan oficinas o fábricas. Se referirán, por ejemplo, a la carga que representa al alumbrado de una oficina, que puede ser calculada, a partir de la densidad de carga y el área total de la oficina.



### III.3.1 CARGAS TÍPICAS

La carga como tal, comúnmente se relaciona a la demanda máxima diversificada, que significa lo mismo que demanda coincidente máxima. La fig. III.3.1.A a continuación, muestra un conjunto de consumidores, con instalación monofásica; de tal manera que grupos de 15 casas se hallan conectados a un transformador de distribución el que a su vez recibe energía de un alimentador primario. La demanda (o carga) de una casa, se considera igual para cada una, de 2.5 Kva. Esto es, la carga máxima promedio de un día es de 2.5 Kva. Aunque normalmente no se le considera como una demanda máxima instantánea ya que representa la demanda en un período de tiempo dado, por ejemplo, a lo largo de 15 minutos; debe aclararse que un día promedio es tan solo un convencionalismo ya que la demanda máxima varía con los hábitos de las personas y aspectos muy diversos.

FIGURA III.3.1.A

Diagrama unifilar de un alimentador primario monofásico abasteciendo de energía a transformadores de distribución de cargas (6 grupos; 15 servicios por grupo, de 2.5 Kva cada uno).

La demanda máxima total de los tres grupos será menor que la suma aritmética de las cargas máximas individuales, puesto que dichas demandas no ocurrirán simultáneamente. En otras palabras, son no coincidentes o bien que hay diversificación de la carga. Entonces para el ejemplo en consideración, la demanda máxima total para los tres grupos será de solo 75 Kva. (valor estandarizado para los transformadores de distribución en México), y la demanda máxima total de los dos transformadores es de 112.5 Kva.

Para este caso, la demanda máxima no coincidente o la demanda máxima diversificada por casa es de  $112.5/90$  igual a 1.25 Kva. De manera similar, se estimará que la demanda máxima diversificada por casa, registrada en la subestación es menor de 1.25 Kva. La carga promedio conectada a cada transformador es igual a 56.25 Kva.

La demanda máxima diversificada para un gran número de consumidores es la cantidad con que usualmente se define una densidad de carga. Para áreas residenciales o rurales, la demanda máxima diversificada, es aquella medida en el transformador de la subestación; para áreas comerciales, la que registra un transformador de distribución.

### III.3.2 FACTORES

Son razones o cocientes establecidos entre parámetros eléctricos, para evaluar el comportamiento de las áreas de consumo y así coordinar la operación de las diversas centrales generadoras,

repartiendo el abastecimiento de energía entre las plantas termoelectricas, hidráulicas, etc.; todo ello con el fin de ajustar la generación con la demanda (variable en el tiempo, incluyendo las pérdidas a lo largo del sistema) evitando el desperdicio.

Carga Promedio.- Suma de los consumos de energía por hora, entre el número de horas del día.

$$\text{carga media} = \frac{\text{(área bajo la curva)}}{\text{(longitud de la abscisa)}}$$

Factor de Carga.- Razón de la carga media de una instalación a la carga máxima promedio (<1).

Factor de Demanda.- es la razón entre la demanda máxima de un sistema y el total de la carga conectada al mismo (<1).

Factor de Diversidad.- es la relación de la suma de demandas máximas de las partes de un sistema (cargas conectadas a él) y la demanda máxima de todo el sistema (>1).

Factor de Coincidencia.- es la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas máximas individuales de dichos consumidores. El factor de coincidencia es el inverso del factor de diversidad.

Demanda Máxima diversificada por consumidor.- es el cociente entre la demanda máxima de un sistema y el número de consumidores o cargas individuales conectadas al mismo.

### III.3.3 RANGOS DE DENSIDAD DE CARGA

a) Área residencial de baja densidad.- hasta 5 Mva/km<sup>2</sup>, comprende consumidores domésticos con 2.5 Kva de promedio por cada una.

b) Área comercial de mediana densidad de carga.- 5 a 10 Mva/km<sup>2</sup>. Registra el 20% del área total.

c) Área comercial con gran densidad de carga.- 10 a 15 Mva/km<sup>2</sup>, se considera el 80% del área total.

d) Área comercial con extra alta densidad.- 9.5 a 15.5 Mva/km<sup>2</sup>.

e) Sector industrial.- de 10 a 30 Mva/km<sup>2</sup>. Este rango de valores comprende desde pequeñas hasta grandes fábricas.

\*\* Definiciones de algunos conceptos empleados en este capítulo. \*\*

Carga instalada.- suma total de la potencia de los equipos eléctricos conectados al sistema o instalación, alumbrado y motores. Sus unidades son el kilowatt, kilovoltamperes o Kvars.

Demanda.- es el consumo de energía en una instalación o sistema, medida durante un intervalo de tiempo.

**Demanda máxima.**- es el consumo máximo de una instalación o sistema registrada durante un periodo de tiempo especificado. Es un parámetro útil en el diseño de un sistema, pues representa las condiciones de operación nominales.

**Densidad de carga.**- permite evaluar la carga por unidad de superficie. Sus unidades son  $Kva/km^2$  o  $Mva/km^2$ .

### III.3.4 SUMINISTROS EN BAJA TENSION PREVISION DE CARGAS.

#### 1.- Clasificación de los lugares de consumo.

Se establece la siguiente clasificación de los lugares de consumo:

- edificios destinados principalmente a viviendas.
- edificios comerciales o de oficinas.
- edificios públicos (teatros, cines, etc...)
- edificios destinados a una industria específica
- edificios destinados a una concentración de industrias.

#### 2.- Grado de electrificación de las viviendas.

La carga por vivienda depende del grado de electrificación que quiera alcanzarse. A efectos de la previsión de carga por vivienda, se establecen los siguientes grados de electrificación:

### 2.1 Electrificación mínima.

Permite la utilización de alumbrado, lavadora sin calentador eléctrico de agua incorporado, refrigerador, plancha, radio, televisor y pequeños aparatos electrodomésticos. Previsión de demanda máxima total: 3000 watts.

### 2.2 Electrificación media.

Permite la utilización de alumbrado, cocina eléctrica, cualquier tipo de lavadora, calentador eléctrico de agua, refrigerador, radio, televisor y otros aparatos electrodomésticos. Previsión de demanda máxima total: 5,000 watts.

### 2.3 Electrificación elevada.

Permite además de la utilización de los aparatos correspondientes a la electrificación media, la instalación de un sistema de calefacción eléctrica y de acondicionamiento de aire. Previsión de demanda máxima total: 8,000 watts.

### 2.4 Electrificación especial.

Es la que corresponde a aquellas viviendas dotadas de aparatos electrodomésticos en gran número o de potencias unitarias elevadas o de un sistema de calefacción eléctrica y de acondicionamiento de aire de gran consumo. Previsión de demanda máxima total: a determinar en cada caso.

## 2.5 Determinación del grado de electrificación.

El grado de electrificación de las viviendas será el que, de acuerdo con las utilizaciones anteriores, determine el propietario del edificio. Sin embargo, como mínimo, dependerá de la superficie de la vivienda, de acuerdo con el siguiente cuadro:

grados de electrificación	límite de aplicaciones (superficie máxima en m <sup>2</sup> )
mínima	80
media	150
elevada	200

3.- Carga total correspondiente a un edificio destinado principalmente a viviendas.

La carga total correspondiente a un edificio destinado principalmente a viviendas resulta de la suma de la carga correspondiente al conjunto de viviendas, de la de los servicios generales del edificio y de la correspondiente a los locales comerciales. Cada una de estas cargas se calculará de la forma siguiente:

1) carga correspondiente al conjunto de viviendas.- se obtendrá multiplicando el número de ellas por la demanda máxima prevista por vivienda. Este valor estará afectado por un coeficiente de simultaneidad que corresponde aplicar por razón de la no coincidencia de las demandas máximas de cada vivienda. En el cuadro que sigue se dan los valores de este coeficiente, en función del número de viviendas.

número de usuarios	coeficiente de simultaneidad	
	electrificación mínima y media	electrificación elevada y especial
2 a 4	1	0.8
5 a 15	0.8	0.7
15 a 25	0.6	0.5
> 25	0.5	0.4

2) Carga correspondiente a los servicios generales del edificio.- será la suma de la potencia instalada en ascensores, montacargas, alumbrado de portal, caja de escalera y en todo servicio eléctrico general del edificio.



3) Carga correspondiente a los locales comerciales del edificio, - se calculará a base de 100 watts por metro cuadrado, con un mínimo por abonado de 3,000 watts.

4.- Carga total correspondiente a edificios comerciales, de oficinas o destinados a una o varias industrias.

En general, la demanda de potencia determinará la carga a prever en estos edificios. En ausencia de datos sobre esta potencia, se tomarán como mínimo los siguientes valores:

a) edificios comerciales y de oficinas. 100 watts por metro cuadrado y por planta, con un mínimo por abonado de 5,000 watts.

b) edificios destinados a concentración de industrias. 125 watts por metro cuadrado y por planta.

5.- Previsión de cargas.

La previsión de los consumos y cargas a que se hace referencia en los artículos 16 y 17 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se hará de acuerdo con lo dispuesto en los incisos 2, 3 y 4.

6.- Suministros monofásicos.

Las empresas distribuidoras están obligadas, siempre que lo solicite el usuario, a efectuar el suministro de la energía en forma que permita el funcionamiento de cualquier aparato monofásico de hasta tres kilowatts de potencia, a la tensión de 220 V.

CAPITULO IV  
DESCRIPCION Y NORMALIZACION DEL EQUIPO EN UN SISTEMA DE  
DISTRIBUCION AEREO

En la instalación y mantenimiento de toda estructura de distribución aérea se debe de contar con el equipo adecuado, tanto para el personal que interviene en la realización del trabajo, así como del equipo eléctrico a utilizar.

En el presente capítulo se describirán los equipos comúnmente usados, dividiendolos en dos grupos genéricos:

- 1.-DISPOSITIVOS Y EQUIPOS ELECTRICOS.
- 2.-EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL Y HERRAMIENTA PARA EL TRABAJADOR.

A su vez se menciona que el diseño y uso de estos equipos están sustentados por normas de seguridad industrial.

IV.1 DISPOSITIVOS Y EQUIPOS ELECTRICOS

Son aquellos elementos que forman parte de una estructura de distribución, los cuales se rigen por los principios de organización y normalización, con la finalidad de obtener el mayor rendimiento y operación.

## IV.2 CABLE CONDUCTOR PARA LINEAS AEREAS

CONDUCTOR.-Es uno de los elementos que juega un papel relevante dentro de todo el sistema de distribución eléctrica. Se define como aquel elemento de baja impedancia cuya finalidad es de que los electrones flujan de un lugar a otro.

El desarrollo de los sistemas eléctricos de potencia ha tenido gran auge en la actualidad, debido a que representan un elemento de primordial importancia en el avance del país.

En un sistema de potencia, desde la generación hasta el consumo de la energía eléctrica, se requiere mantener el suministro de ésta en forma continua, es decir, con un mínimo de interrupciones y en la cantidad que los distintos usuarios requieran.

En la selección del cable para líneas aéreas, se debe previamente realizar el estudio técnico analizando las características que ofrecen a este respecto; los requerimientos de las instalaciones a efectuar. Este tipo de cables se utilizan principalmente para la distribución, subtransmisión de energía eléctrica en zonas urbanas, rurales y costeras. Se instalan sobre aisladores que pueden ser de porcelana o sintéticos, los que determinan la tensión de operación del conductor.

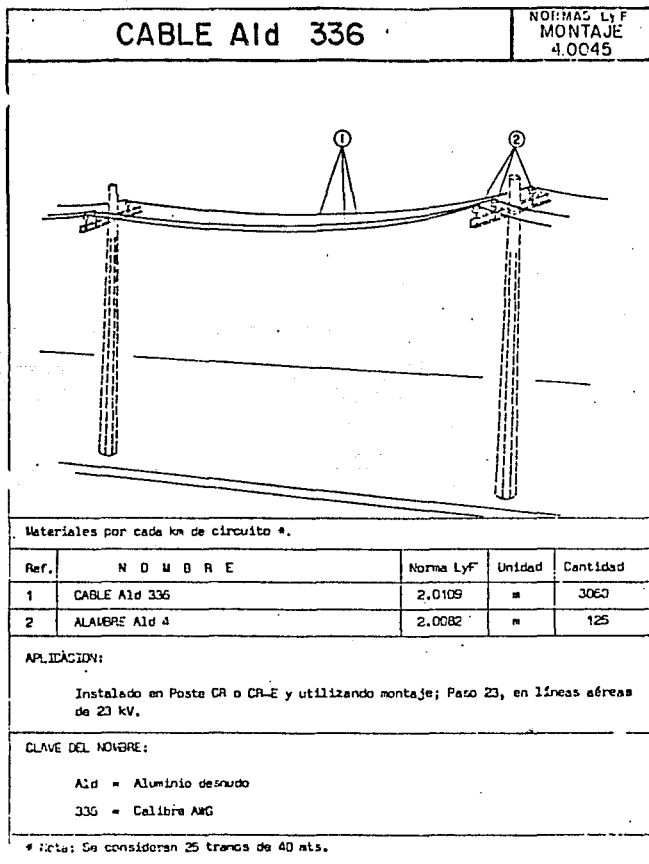


FIGURA IV.1

Para el diseño del cable, se deberá tener en cuenta las condiciones de instalación a las que va a estar sujeto, ya que los cables van a diferir en sus propiedades eléctricas y mecánicas, en su configuración, en el método de ensamble y en su resistencia a la corrosión según lo establezca el medio ambiente para el cual se ha diseñado.

Los cables para líneas aéreas están formados por un conductor sólido o cableado, que en la mayoría de los casos va desnudo, salvo en algunas ocasiones que se le aplica un forro de polietileno o policloruro de vinilo (pvc) como protección.

Para seleccionar el tipo de conductor en cuanto al material se refiere, se debe de conocer el grado de contaminación o corrosión en la zona en que se localizará la línea, a fin de utilizar el material adecuado.

El conductor está formado por uno o varios alambres de cobre o de aluminio, y estos a su vez, pueden tener refuerzo de hilos de acero, que son reunidos con un paso de cableado determinado.

Un conductor es un alambre o cable cuya sección transversal es sustancialmente circular. Cuando los alambres son de mayor diámetro, el torcido de los mismos se efectúa generalmente en capas concéntricas alrededor de un núcleo central de 1 o más alambres, recibiendo el nombre de cable concéntrico que es el más empleado en cables desnudos para líneas aéreas.

Es conveniente considerar las ventajas y desventajas de los conductores de aluminio, aluminio con alma de acero (ACSR) y cobre, con el objeto de marcar un criterio para su elección.

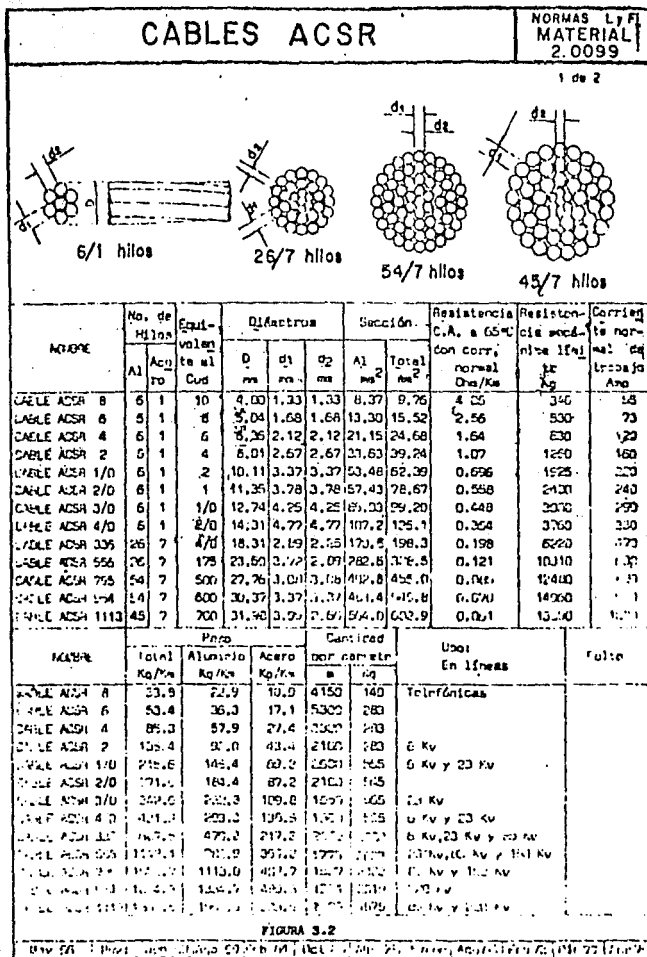
1.-El empleo de cables de aluminio con alma de acero (ACSR) en líneas aéreas permite distancias interpostales mayores que con el empleo de conductores de cobre, debido al bajo peso del aluminio, reforzado con el alto esfuerzo a la ruptura del acero.

2.-Los cables de aluminio con alma de acero (ACSR) no deben emplearse en zonas de contaminación fuerte o con atmósfera salubre, ni en lugares próximos al mar, ya que los efectos de la corrosión electroquímica entre los hilos de acero y de aluminio los destruyen rápidamente.

3.-Los alambres y cables de cobre se recomienda usarlos en líneas de transmisión, subtransmisión y distribución de energía eléctrica en zonas con atmósfera salubre (lugares próximos al mar) o bien en donde se tiene una corrosión fuerte.

Con respecto al forro de los conductores, en algunos cables se utiliza un forro de polietileno negro o policloruro de vinilo (pvc) como protección a las líneas que pasan entre las ramas de árboles y hacen contacto con estas, el forro es resistente a los malos tratos (cuando se arrastran al tender las líneas), a la humedad, a los rayos solares, y en general a la acción de la intemperie.

FIGURA IV.2 CABLE ACSR



ANEXO TABLAS DE CABLE Cud 4 a 400 y CABLE Alid.

CABLES ACSR		NORMAS L y F MATERIAL 2.0099	
2 de 2			
<b>CARACTERISTICAS:</b>			
El torcido de la capa exterior es derecho:			
Peso menor que 210; Peso preferible 130			
Tolerancia en longitud $\pm 3\%$			
Descuentos.- La Compañía aceptará cuando más el 10% del pedido en tramos cortos, aplicando los siguientes descuentos a los precios, tomando como base el precio unitario del cable de longitud normal:			
Longitud en % de la especificada	Descuento al precio en %	Longitud en % de la especificada	Descuento al precio en %
Mayor de 105.1	30 (al tramo excedente)		
105 a 95	0	74.9 a 65	20
94.9 a 85	10	64.9 a 55	25
84.9 a 75	15	54.9 a 50	30
<b>REFERENCIA:</b>			
Especificaciones EIE - C - 82 en las partes aquí no especificadas			
<b>CLAVE DEL NOMBRE:</b>			
8, 6, 4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0 - Calibre AWG			
336, 795, 954, 1113 - 336.4 MCM, 795 MCM, 954 MCM, 1113 MCM			
ACSR = Aluminio Cable Steel Reinforced (Cable de aluminio reforzado con acero)			
May 55	Rev1	Jun 59	Ago 59
Feb 64	Oct 65	Abr 63	Jun 65
Ago 65	Feb 71	Dic 77	Abr 74

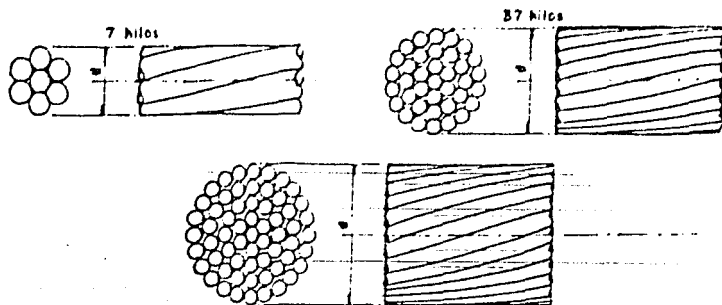
FIGURA IV.3



# CABLES Cud 4 a 400

NORMAS LYF  
MATERIAL  
2.0102

1 de 3



Esc. sin

## CARACTERÍSTICAS:

Materia.- Cobre electrolítico sentido clase de cableado E, según norma NOM J-12.

Dirección de torcido de la capa exterior.- sentido izquierdo con paso mayor de 160 y menor a 140

Resistividad.- 0.017837  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$  a 20°C según norma NOM J-35.

Acabado.- Los alambres que constituyen el cable no deben tener grietas, fallas, incisiones, hendiduras, etc.- observables a simple vista.

NOMBRE	NUMERO DE HILOS	DIAMETRO $\phi$ mm	SECCION $\text{mm}^2$	RESISTENCIA c.a. a 50°C $\Omega/\text{km}$	CARGA MEDIA DE FUJURA POR TEMP. SION POR HILO kgf	CORRIENTE MAXIMA PERMANENTE A 50°C A
CABLE Cud 4(1)	7	5.88	21.36	0.9105	122.6	150
CABLE Cud 1/0	7	9.30	59.48	0.3800	312.5	300
CABLE Cud 2/0(2)	7	10.51	87.43	0.3125	381.6	360
CABLE Cud 4/0	7	13.25	177.5	0.2500	624.2	480
CABLE Cud 250	37	20.67	213.4	0.0800	302.5	640
CABLE Cud 400(2)	61	24.18	459.4	0.0500	311.5	1100

(1) Solo para pantallas.

(2) Para aplicaciones especiales.

Fórmula de variación de resistencia con la temperatura.

$R_2 = \frac{R_1 + t_2}{234.5 + t_2}$  donde:  $R_1$  = Resistencia a la temperatura  $t_1$

$R_1 = \frac{R_2 + t_1}{234.5 + t_1}$   $R_2$  = Resistencia a la temperatura  $t_2$

# CABLES Cud 4 a 400

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0102

2 de 3

## EMPAQUE:

La longitud de cable especificado en la siguiente tabla, debe enrollarse en ~~carrete de madera~~ según norma LyF 2.0057 - "CARPETES CS", con resistencia mecánica adecuada a la longitud y masa de los tramos, para su transporte y almacenamiento.

NOMBRE	DENSIDAD LINEAL		CANTIDAD POR CARRETE		FOLIO
	kg/km	TOLEANCIA %	r	kg	
CABLE Cud 4 (1)	191.8	± 10	520	100	22-23-30-01
CABLE Cud 1/0	484.9	± 10	1500	727	22-23-30-02
CABLE Cud 2/0 (1)	611.4	± 10	1500	917	22-23-30-03
CABLE Cud 4/0	972.1	± 10	1300	1264	22-23-30-05
CABLE Cud 250	2298.0	± 10	500	1149	22-23-30-07
CABLE Cud 400 (2)	3676.0	± 10	350	1287	22-23-30-08

- (1) Solo para mantenimiento.
- (2) Para aplicaciones especiales.

## PRUEBAS DE ACEPTACION:

Conforme a esta norma y a la NCM J-12 última revisión, se efectuarán en presencia y de conformidad con el Laboratorio LyF.

## REFERENCIAS:

- NOM J-12 " Productos Eléctricos - Conductores - Cable de cobre con cableado concéntrico para usos eléctricos ".
- NOM J-35 " Alambre de cobre semiduro para usos eléctricos ".
- LyF 2.0057 " Carretes CS 4.10.5 a 14.22.8 ".

# CABLES Cud 4 a 400

NORMAS LYF  
MATERIAL  
2.0102

3 de 3

USO:

Conforme a la tabla siguiente.

Cable	Usado en:
Cud 4	Conexión a tierra de apartarrayos en líneas de distribución y de equipos individuales; toda la BT de transformadores de 10 y 25 KVA y después del 2° tramo de ET de transformadores de 50, 75 y 112.5 - KVA.
Cud 1/0 fase Cud 4 neutro	1° y 2° tramos de transformadores de 50, 75 y 112.5 KVA.
Cud 1/0, 2/0 y 4/0	Líneas aéreas de distribución de 6 y 23 KV.
Cud 250 Cud 400	Conexión a tierra de neutro de transformadores, ferros de cables y cubiertas de equipos subterráneos en pozos y subestaciones.

## CLAVE DEL NOMBRE:

Cud	=	Cobre desnudo
4, 1/0, 2/0, 4/0	=	Calibre AWG
250	=	253.4 mm <sup>2</sup> = 500 KCM
400	=	405.4 mm <sup>2</sup> = 800 KCM

# CABLES Aid (ALUMINIO DESNUDO)

NORMAS LYI  
MATERIAL  
2.0109

1 de 2



7 hilos



19 hilos

NOMBRE	Sección	EQUIVALENTE AL COP	Diámetro	Sección	Resistencia a T.A. a 50°C	Resistencia mecánica a la tracción	Corriente nominal de trabajo	Folleo
		MM <sup>2</sup>	mm	cm <sup>2</sup>	Ohm/Km	Kg	Amperios	
CABLE Aid 4	7	6	5.65	21.15	1.515	410	120	LA-21-304
CABLE Aid 2	7	4	7.43	33.53	0.948	520	130	LA-21-302
CABLE Aid 1/0	7	2	9.35	53.45	0.595	535	220	LA-21-300
CABLE Aid 2/0	7	1	10.51	57.43	0.475	1150	240	LA-21-320
CABLE Aid 3/0	7	1/0	11.80	65.03	0.375	1435	260	LA-21-330
CABLE Aid 4/0	7	2/0	13.25	107.2	0.295	1750	330	LA-21-340
CABLE Aid 255	19	3/0	18.05	135.2	0.230	2155	420	LA-21-3255
CABLE Aid 335	19	4/0	18.90	170.6	0.165	2505	470	LA-21-3335
CABLE Aid 555	19	350	21.74	250.0	0.100	4755	500	LA-21-3555

NOMBRE	Peso Kg/100m	Cantidad por cable		Cable	Uso
		Tramos	Carrete		
CABLE Aid 4	57.0	570	300	Aid 4 fase	Todos los tramos de baja tensión de transformadores de 17 Kv
CABLE Aid 2	31.6	3100	300	Aid 4 neutro	
CABLE Aid 1/0	150.0	2000	300	Aid 2 fase	Todos los tramos de baja tensión de transformadores de 25 Kv y con cable del primer conductor
CABLE Aid 2/0	130.0	1500	300	Aid 2 neutro	
CABLE Aid 3/0	120.0	1300	300		Todos los tramos de 50, 75 y 100 kv
CABLE Aid 4/0	100.0	1000	300	Aid 3/0 fase	
CABLE Aid 255	370.0	1000	300	Aid 3/0 neutro	Todos los tramos de 50, 75 y 100 kv
CABLE Aid 335	400.0	1500	300	Aid 3 neutro	
CABLE Aid 555	735.0	1500	150	Aid 555	Líneas de 50 Kv a 250 Kv
				Aid 555	Líneas de 33 Kv

Nota: Los cables de calibre 1/0, 2/0, 4/0 y 350 no son de uso normal

# CABLES Aid (ALUMINIO DESNUDO)

NORMAS LYF  
MATERIAL  
2.0109

2 de 2

## CARACTERÍSTICAS:

Coefficiente de dilatación  $\alpha = 23.7 \times 10^{-6} / ^\circ C$ .

Módulo de elasticidad  $E = 69000 \text{ kg/cm}^2$ .

Torsión capa exterior es dura.

Forma mayor por el d.

Peso preferido 13.5 d.

Aluminio duro

Resistividad máxima del cable a  $20^\circ C = 25.26 \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

$R_2 = 228.1 + t_2$

$R_1 = 228.1 + t_1$

$R_1 =$  Resistencia a la temperatura  $t_1$

$R_2 =$  Resistencia a la temperatura  $t_2$

Cable según Normas ASTM-B221 y B221-74 (Sistema métrico).

Tolerancia en peso  $\pm 10\%$ .

La capacidad de conducción de corriente está basada en las siguientes condiciones: Temperatura ambiente  $20^\circ C$ , Incremento temperatura  $40^\circ C$ , Velocidad de viento  $3.3 \text{ m/seg}$ , superficie del conductor negra.

## CLAVE DEL NOMBRE:

4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, calibre A.S.

225 = 22500 CM; 335 = 33500 CM; 554 = 55500 CM

A10 = Aluminio desnudo.

Los cables utilizados en los alimentadores aéreos van de acuerdo a la capacidad del equipo de la subestación, así como de la capacidad de conducción de la red, generalmente se usa para las troncales aéreas de distribución cable de aluminio 336 ald (figura IV.1) siempre que el claro interpostal no sea mayor de 60 metros, en caso contrario se utiliza cable de aluminio con refuerzo de acero (ACSR).

Para amarres de la troncal con los alimentadores adyacentes donde disminuye la demanda de corriente, se usan cables calibres 4/0 ó 1/0 ACSR (figura IV.2) y para los ramales finales se emplea cable calibre N° 2 ACSR.

### IV.3 ELECTRODOS (VARILLAS COPPERWELD)

Los electrodos son fabricados en forma de tubos o varillas de fierro galvanizado, pero se ha generalizado el uso de las denominadas varillas copperweld.

En la instalación de los electrodos se pretende buscar terrenos más o menos blandos, ya que serán enterrados o clavados con la finalidad de encontrar en el subsuelo zonas más húmedas, donde la resistividad eléctrica es menor. La aplicación de los mismos es de vital importancia en el diseño de redes de tierra.

La varilla de fierro galvanizado se limita a ser utilizada en terrenos cuya constitución química no ataque a dicho material, por lo que en terrenos donde sus componentes son más agresivos, conteniendo una alta concentración de agentes corrosivos, se debe utilizar la varilla copperweld.

La varilla copperweld en la parte externa esta constituida de cobre puro ligado molecularmente a un núcleo de acero de alta resistencia mecánica, lo anterior debe cumplir íntegramente los requisitos establecidos en DGN ó AINSI-C-33-8-1972. Este tipo de varillas combina las ventajas de alta conductividad del cobre con la alta resistencia eléctrica-mecánica del fierro. Además de proporcionar una buena conductividad eléctrica presenta una excelente

resistencia a la corrosión así como una buena resistencia mecánica, lo que ha hecho el uso generalizado de este elemento.

En las líneas de distribución aérea son usadas para aterrizar los apartarayos, que de aquí la importancia de las varillas al ser colocadas en lugares de baja resistencia eléctrica. En sistemas donde se ha implantado el hilo de guarda igualmente se requiere el uso del electrodo de tierra para canalizar cualquier descarga al subsuelo.



#### IV.4 AISLADORES

##### IV.4.1 AISLADORES TIPO ALFILER

Son los elementos que fijan los conductores de las líneas de distribución al poste y proporcionan además el nivel de aislamiento necesario.

Las características de los aisladores dependen de las características atmosféricas tales como: Presión, Temperatura, Humedad.

Por lo general están expuestos a la intemperie y por lo tanto sus características aislantes deben especificarse tanto para atmósfera seca como para condiciones de lluvia. Además pueden ser afectadas por la contaminación atmosférica que presenta en zonas industriales o en lugares donde pueden producirse depósitos de sales, como por ejemplo la proximidad del mar.

Los conductores de las líneas de distribución están aislados por el aire, en los puntos de soporte y sujeción por aisladores de porcelana.

La porcelana es un producto cerámico obtenido por la vitrificación a altas temperaturas de una mezcla de arcilla, feldespato y sílice. La superficie de los aisladores se recubre con una película de un producto vitrificante a base de feldespato, arcilla y un pigmento para darles un color determinado.

Se fabrican distintos tipos de aisladores de acuerdo con su uso.

Los aisladores tipo alfiler se caracterizan por que cada elemento está formado por una serie de aisladores concéntricos formando un conjunto que refuerza la distancia de flameo. Su principal ventaja es que evita que entre sus pliegues penetre la contaminación y su desventaja es lo difícil de su limpieza.

Este tipo de aislador se usa solo o en columna sobreponiendo uno sobre otro hasta alcanzar el nivel de aislamiento adecuado.

El material aislante más usado para los aisladores en los sistemas de distribución, es la porcelana y las principales características de este material aislante, entre otras, son:

- alta resistencia eléctrica
- alta resistencia mecánica
- estructura muy densa
- sin absorción de humedad

Las cachuchas y alfileres de los aisladores están hechas de fundición de hierro maleable.

La ventaja del hierro maleable es que elimina la oxidación y, por lo tanto no es necesaria su galvanización.

#### IV.4.2 CARACTERISTICAS DE AISLAMIENTO DE AISLADORES

Para poder seleccionar los aisladores para una tarea específica, es necesario conocer su uso para aplicarles los tres tipos de sobrevoltajes que pueden presentarse en un sistema eléctrico de potencia: sobre voltajes de baja frecuencia, impulsos eléctricos debidos a rayos y sobre voltajes de alta frecuencia originados por la operación de interruptores.

#### IV.4.3 NIVEL DE AISLAMIENTO A BAJA FRECUENCIA

Los aisladores están sometidos normalmente a una diferencia de potencial alterna de baja frecuencia (50 ó 60 Hz) resultante del voltaje de operación del sistema en que están instalados. Pueden también estar sometidos a sobre voltajes de baja frecuencia en caso de fallas monofásicas o bifásicas a tierra, cuya magnitud depende de las características del sistema.

Además si los aisladores están colocados a la intemperie, que es el caso más frecuente en las instalaciones de un sistema de distribución, habrá que considerar el comportamiento de los aisladores tanto como atmósfera seca como por atmósfera húmeda, o sea, bajo condiciones de lluvia, niebla o nieve.

Los aisladores que se usen en líneas eléctricas, en cuanto a su construcción y material deben cumplir los requisitos que establece la NORMA OFICIAL MEXICANA.

Cada aislador diseñado para operar en líneas con tensiones mayores de 23 kv., deben someterse en fábrica a las pruebas que sean necesarias, de acuerdo a las normas oficiales Mexicanas.

Los valores de tensión de flameo en seco de un aislador, cuando se prueben de conformidad con las normas, no deben de ser inferiores a los indicados en la siguiente tabla:

TABLA: TENSIONES MINIMAS DE FLAMEO EN SECO DE AISLADORES.

TENSION NOMINAL (ENTRE FASE)	TENSION MINIMA DE PRUEBA	TENSION NOMINAL (ENTRE FASE)	TENSION MINIMA DE PRUEBA
KV	KV*	KV	KV*
0.75	5	85	220
2.4	20	115	315
7.5	40	138	390
13.2	55	150	420
23.0	75	161	445
34.5	100	230	640
46.0	125	400	1120
69.0	175	-	-

\*CONDICIONES NORMALES :

FRECUENCIA : 60 Hz

PRESION ATMOSF. : 760 mmHg (101.3 kPa)

TEMPERATURA : 25 C

PRESION DE VAPOR : 15.5 mmHg

#### IV.4.4 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA SELECCION DE AISLADORES

En zonas donde las descargas atmosféricas son severas o existen condiciones de contaminación desfavorables (salinidad, humo, polvo, niebla, etc) o bien si tienen sequías prolongadas que ocasionen acumulación de contaminantes, seguidas por lluvias escasas, deben usarse aisladores con tensiones de flameo en seco mayores a las indicadas en la tabla anterior o con características especiales adecuadas para el ambiente en que vayan a operar.

La resistencia mecánica de los aisladores debe ser suficiente para soportar las tensiones mecánicas a los que estén sometidos, sin exceder los siguientes porcentajes de su resistencia mecánica a la ruptura: CANTILIVER : 40%

COMPRESION : 50%

TENSION : 50%

En circuitos de corriente constante, los aisladores deben seleccionarse en base a la tensión nominal a plena carga del circuito.

# AISLADOR A 56-2

NORMAS LYF  
 MATERIAL  
 2.0070

1 de 2

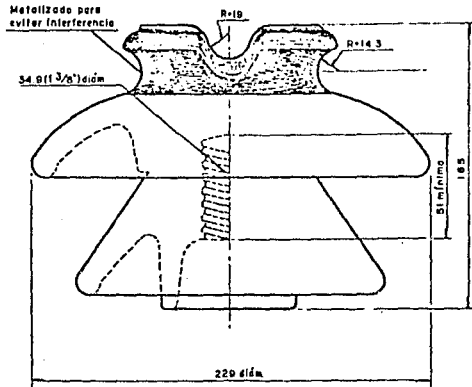


FIGURA - 3.3

Esc. 1:2

Aclaraciones en mm.

## CARACTERÍSTICAS

Clase	56-2	
Dimensiones	Distancia de fuga (mínimo)	432 mm
	Distancia en flanco en seco (mínimo)	243 mm
	Altura del alfiler (mínimo)	1.7 m
Mecánicas	Resistencia al Centímetro	2.3 Kn
	Flexión en seco y bajo tensión	0.4 %
Fricción	Fricción en seco a baja frecuencia	0.2 %
	Fricción en seco a alta frecuencia	0.2 %
	Fricción en húmedo a baja frecuencia	0.2 %
	Fricción en húmedo a alta frecuencia	0.2 %
Otros datos		

En la figura IV.4 se muestra el aislador tipo alfiler.

AISLADOR A 56-2		NORMA LYF MATERIAL 2.0070
2 de 2		
Radio Interferencia	Tensión máxima de radio interferencia a 100 MHz con una tensión de prueba a baja frecuencia de - 22 KV (r.m.c. a tierra)	100,4V
Peso aprox.	4,5 Kg.	
<b>MATERIAL :</b> Porcelana vidriada color café, con acabado metalizado en la parte superior del aislador de acuerdo con lo establecido en la norma NOM J-246 (última revisión).		
<b>REFERENCIA :</b> Norma NOM J-246 (última revisión) "Aisladores de Porcelana Tipo Alfilar - para Alta Tensión".		
<b>MARCA E IDENTIFICACION :</b> Cada aislador debe llevar marcado en forma legible y permanente lo siguiente : Clase del aislador Nombre del fabricante Fecha de fabricación (mes y año) Leyenda "Hecho en México" o indicación del país de origen		
<b>EMPAQUE :</b> Cada pieza debe protegerse en forma individual y empacarse en cajas de madera de resistencia mecánica adecuada, para que durante su manejo, transporte y almacenamiento no sufra daños que alteren su operación. Cada caja debe contener 10 unidades y deberá llevar marcado en su exterior, en forma visible lo siguiente : Nombre del material según la presente norma Número de aisladores que contiene Clase del aislador Número de pedido y partida del mismo Nombre del fabricante Leyenda "Fragil, Manéjese con cuidado"		
<b>PRUEBAS DE ADEPTACION :</b> Se efectuarán de acuerdo a lo establecido en la norma NOM J-246 (última revisión) y al Instructivo de Inspección por Muestreo Estadístico de Aisladores LAB-IMA, en presencia y de conformidad con personal del Departamento de Laboratorio de la LyfC.		
<b>USO :</b> Fijado a Alfilar 231 o 236 por medio de rosca, soporte y aisle líneas de - 23 KV.		
<b>CLAVE DEL NOMBRE :</b> A = Tipo Alfilar 56-2 = Clase del aislador según norma NOM J-246 (última revisión)		
Cancela a la Norma Lyf 2.0070 "Aislador 23" (Revisión Oct 72)		
May. 72:	Rev:	

#### IV.5 POSTES

Los postes utilizados en los sistemas de distribución se fabrican con materiales de acero, concreto, y madera.

Deben poder resistir cargas verticales (debido al peso propio del equipo y herraje tales como alfileres, crucetas, cuchillas, etc...) y cargas longitudinales (debido a las tensiones mecánicas máximas de los conductores).

POSTES DE MADERA.- Son de madera escogida libre de defectos que puedan disminuir su resistencia mecánica y tratados con una solución preservadora, para aumentar su duración. (figura 4.4)

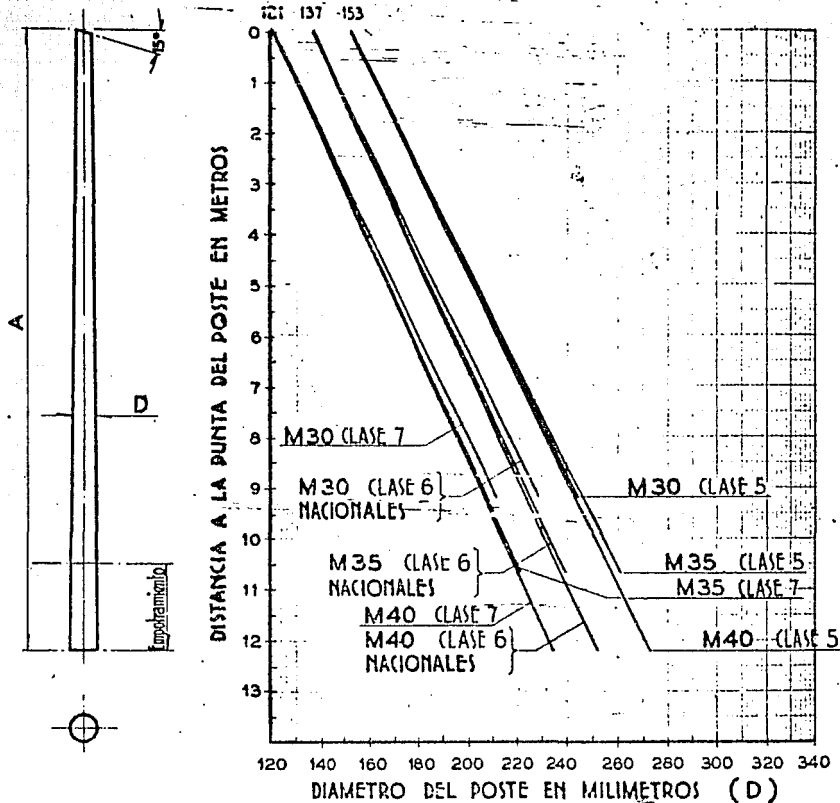
El pino del país tiene una resistencia a la ruptura de aproximadamente 400 kilogramos por centímetro cuadrado, sin embargo, es conveniente usar valores de resistencia obtenidos en pruebas.

Es conveniente no hacer ensambles; si se hacen deben soportar un factor de sobrecarga no menor que el requerido para el poste.

POSTES DE ACERO.- Cuando la aleación del acero no contenga elementos que la hagan resistente a la corrosión, se debe proteger con una capa exterior de pintura o metal anticorrosivo. El espesor del material que se utilice no debe ser menor de 4 mm.



# POSTES DE MADERA



NOTA: La carga de ruptura se considera aplicada a 0.60 m de la punta con el poste empotrado 1.80 m.

NOMBRE	A LONGITUD m.	NORTEAMERICANOS						NACIONALES			EMPOTRAMIENTO m.
		CLASE 5			CLASE 6			PESO Kg.	CARGA DE RUPTURA Kg.	Folio	
		PESO Kg.	CARGA DE RUPTURA Kg.	Folio	PESO Kg.	CARGA DE RUPTURA Kg.	Folio				
POSTE M 30	9.14	300	860	LA-32-305	250	680	LA-32-306	300	600	LA-32-308	1.50
POSTE M 35	10.67	400	860	LA-32-355	340	680	LA-32-356	400	600	LA-32-358	1.60
POSTE M 40	12.19	480	860	LA-32-405	420	660	LA-32-406	500	600	LA-32-408	1.70

USO: Poste M 30 para líneas de B.T.; Poste M 35 para líneas de B.T., 3KV ó 6KV; Poste M 40 para líneas de 20KV.

MATERIAL: Los postes importados son de pino del sur de Norteamérica y los postes nacionales son de cedro. Acabado: Creosotado. Especificación: Pino del sur de E.U.A, ASA 05.4 -1941.

Clave del nombre: M = Madera; 30, 35, 40 = Longitud del poste en pies.

La selección del tamaño y clase del poste a usar, está determinada por la altura requerida por los conductores y por las cargas verticales, transversales y longitudinales que deberá soportar de acuerdo con los artículos 44 (altura mínima de conductores), 55 (cargas en los postes) y 56 (clase de construcción en líneas aéreas) del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

La altura del poste depende de: el número de crucetas, la altura requerida por los conductores sobre el piso y del equipo que será instalado.

En tramos rectos de líneas aéreas de distribución, los postes soportan cargas debidas a la acción del viento (carga transversal), peso del herraje y del conductor (carga vertical), por lo que se considera que existen sólo esfuerzos de compresión.

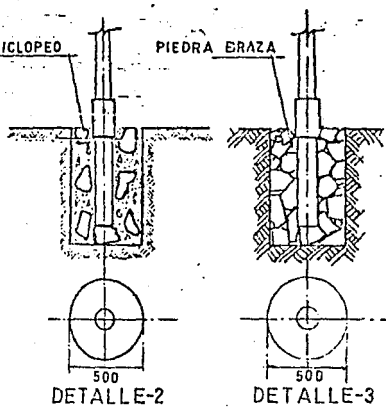
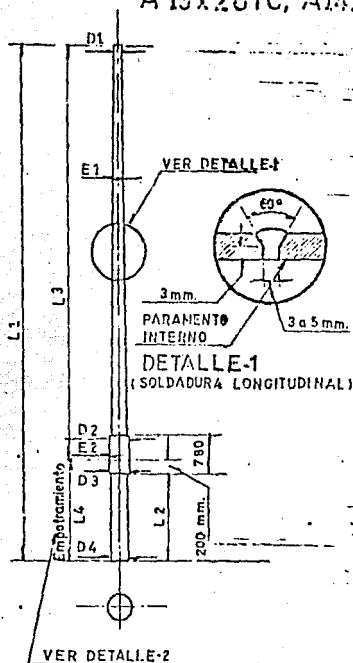
En ángulos y remates, los postes soportan los tres tipos de cargas descritos anteriormente, por lo que se considera que existen esfuerzos de compresión y flexión.

El poste más comúnmente usado es el de concreto, armado con varilla, que se utiliza para soportar el peso de los conductores, el del herraje y la acción del viento.

En algunos casos soporta esfuerzos de flexión pequeños (remates de líneas de cables delgados) pero fundamentalmente trabajan como columna, o sea, sólo con esfuerzo de compresión.

# POSTES TRONCOCÓNICOS DE ACERO

## A 13x26TC, A14x33TC, A15x33TC, A17 x 33TC



EL CEMENTO DE LOS POSTES SERA DE CONCRETO CICLOPEO SOLO EN EL CASO DE LLEVAR TRANSFORMADORES

### EQUIVALENCIAS

A13x26TC = A41x10TC  
 A14x33TC = A46x13TC  
 A15x33TC = A51x13TC  
 A17x33TC = A56x13TC

ESTAS ASIGNACIONES MODIFICAN A LAS DE LA NORMA L y F 1.7030.10 DE JULIO DE 1967

	POSTE A13x26TC	POSTE A14x33TC	POSTE A15x33TC	POSTE A17x33TC
	m m.	m m.	m m.	m m.
D1	120	120	120	120
D2	258	319	323	327
D3	267	332	334	337
D4	270	345	345	345
E1	6.3	6.3	6.3	6.3
E2	11.1	11.1	11.1	11.1
L1	12600	14000	15500	17200
L2	2100	2200	2300	2300
L3	10300	11600	13000	14700
L4	2300	2400	2500	2500
	(VER DETALLES 2y3)	(VER DETALLES 2y3)	(VER DETALLE 3)	(VER DETALLE 3)
Peso	450 Kg ± 6%	594 Kg ± 6%	650 Kg ± 6%	721 Kg ± 6%
CARGA Y FLECHA MÁXIMA ADMISIBLE EN LA PRUEBA DE FLEXION				
Carga	700 Kg.	900 Kg.	800 Kg.	800 Kg.
Flecha	583 mm.	616 mm.	770 mm.	1119 mm.

Clave del nombre: A = Acero TC = Tronco cónico  
 13,14,15 y 17 = Longitud nominal en metros.  
 26 y 33 = Diámetro nominal inferior e interior en cm.

Se usa en tramos rectos de la ruta de una línea.

Un caso particular es el poste C-20 usado como retenida y que soporta una carga de ruptura 37% mayor que la del poste C-35, lleva un empotramiento de 1.80 m y un afirmado especial.

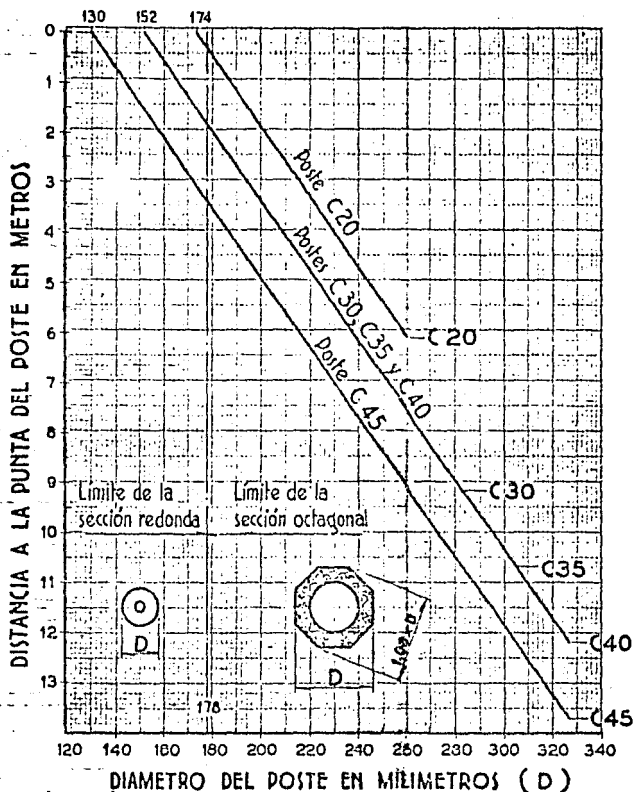
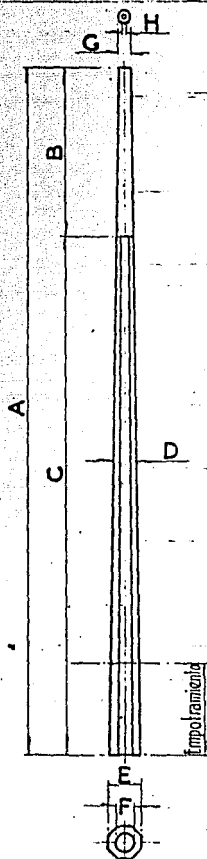
El poste de concreto es el más económico. (figura 4.6)

El poste de acero, debido a las características propias de este material es excelente para soportar esfuerzos de tensión y flexión, por lo que se usa en ángulos y remates de líneas para soportar transformadores, reguladores y bancos de capacitadores, así como para ganar altura en el cruce de vías férreas y de grandes avenidas.

El poste de madera tienen un uso muy limitado aplicándose en casos donde hay necesidad de pararlo a mano porque las condiciones del terreno impide el paso de vehículos.

Tiene un peso de menos del 50% del correspondiente al de concreto. El poste de madera nacional es escaso debido a las disposiciones de nuestras leyes forestales y el importado tiene un precio incosteable. A este tipo de poste se le da un tratamiento preservativo que consiste en una capa de creosota.

# POSTES DE CONCRETO



NOTA: La carga de ruptura se considera aplicada a 0.30 mts. de la punta.

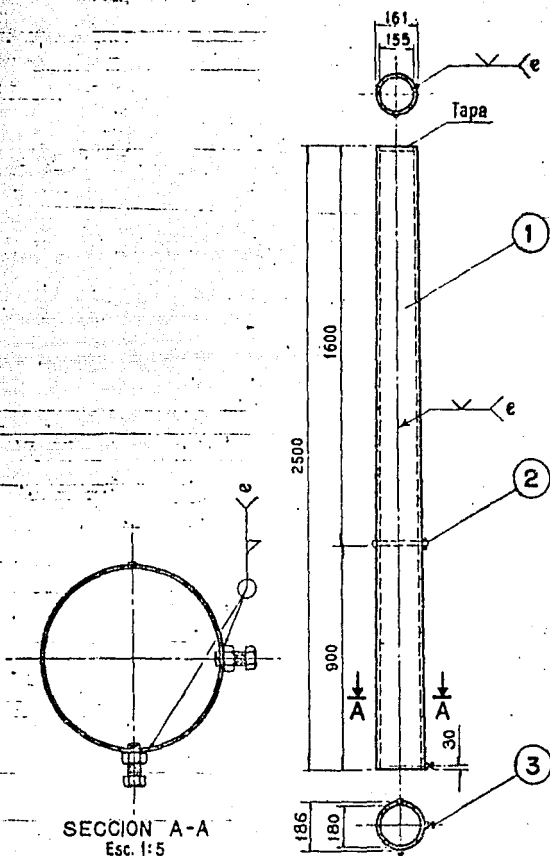
NOMBRE	A m	B m	C m	E m	F m	G m	H m	PESO Kg.	CARGA DE RUPTURA Kg.	EMPOTRA- MIENTO m	Folio
POSTE C 20	6.096	0.306	5.791	0.260	0.150	0.174	0.065	475	1100	1.80	LA-31-20
POSTE C 30	9.144	1.829	7.315	0.283	0.164	0.152	0.044	725	550	1.50	LA-31-30
POSTE C 35	10.668	1.829	8.839	0.305	0.184	0.152	0.044	850	800	1.60	LA-31-35
POSTE C 40	12.192	1.829	10.363	0.327	0.204	0.152	0.044	1100	750	1.70	LA-31-40
POSTE C 45	13.716	3.353	10.363	0.327	0.204	0.130	0.024	1150	700	1.80	LA-31-45

USO: Poste C20 para retenida; Poste C30 para líneas de B.T.; Poste C35 para líneas de B.T., 5KV y 6KV; Postes C40 y C45 en líneas de 20 o más KV. 23KV.

MATERIAL: Concreto de proporción 1:2 1/2 : 2 1/2, armado con varilla fierro 13mm. y espiral de alambre N° 11 y 14 B.W.G.

Clave del nombre: C=Concreto; 20,30,35,40,45,=Longitud del poste en pies.

# AUMENTO POSTE C5



Esc. 1:20

Acotaciones en mm

USO: Colocado sobre postes C30, C35 y C40 aumenta la altura del poste 1600 mm

MATERIAL:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| 1.- Aumento poste C5 | Lámina fierro N° 11                           |
| 2.- Topr             | Perno fierro de 5/8" x 7 1/2" con chaveta     |
| 3.- Prisioneros      | 2 Tornillos liq. de 1/2" x 1 1/2" con tuercas |
- Acabado: Galvanizado en caliente después de maquinado, pruebas según Norma ASTM - A153-53

Peso: 31 kg.

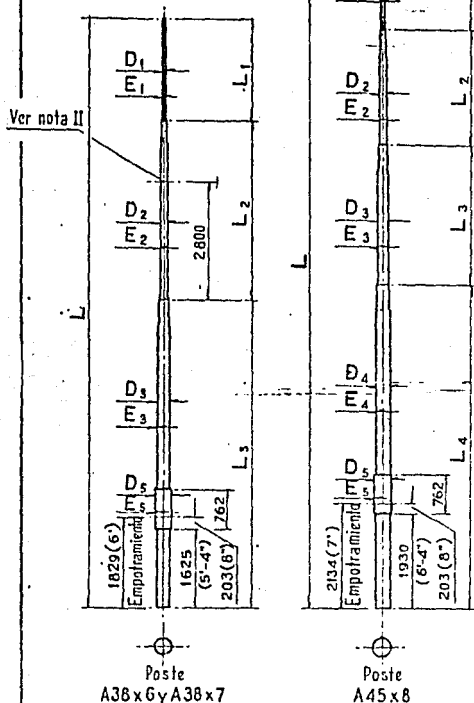
Clave del nombre:

C = Concreto

5 = 5 pies de aumento

# POSTES DE ACERO A 38 x 6, A 38 x 7 y A 45 x 8

I: La construcción de estos postes ya no es normal. Se conservan sus datos solo como referencia de aquellos postes aún en servicio.  
Ver Norma 2.7680.28



II-Tuerca de 5/8" soldada al poste frente a taladro 3/4".  
Tornillo Méq. 5/8 x 1 1/2 con 2 Roldanas 5/8 galv. en caliente.  
Apretaciones en mm

REFERENCIA	NOMBRE					
	Poste A38x6		Poste A38x7		Poste A45x8	
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
D <sub>1</sub>	114	4.500	141	5.563	141	5.563
D <sub>2</sub>	141	5.563	168	6.625	168	6.625
D <sub>3</sub>	168	6.625	194	7.625	194	7.625
D <sub>4</sub>	-	-	-	-	219	8.625
D <sub>5</sub>	164	7.250	210	8.268	235	9.250
E <sub>1</sub>	6.0	0.237	6.55	0.258	6.35	0.258
E <sub>2</sub>	6.5	0.258	7.11	0.280	7.11	0.280
E <sub>3</sub>	10.9	0.432	12.7	0.500	7.6	0.301
E <sub>4</sub>	-	-	-	-	12.7	0.500
E <sub>5</sub>	7.9	0.313	7.9	0.313	7.9	0.313
L <sub>1</sub>	1981	6'6"	1981	6'6"	2286	7'6"
L <sub>2</sub>	3505	11'6"	3505	11'6"	2286	7'6"
L <sub>3</sub>	6096	20'	6096	20'	2743	9'
L <sub>4</sub>	-	-	-	-	6401	21'
L	11582	38'	11582	38'	13716	45'
Peso	412 kg		516 kg		560 kg	
CARGA DE LA PRUEBA DE FLEXION						
Carga	340 kg		525 kg		850 kg	
Empotrado el poste con los valores indicados en la figura se aplica una carga normal al poste a 45° en la punta que deberá ser igual o mayor a la arriba indicada, hasta lograr una deformación permanente de 13 mm.						
USO: En ángulos y rebates sin retenida, la tensión de la línea no debe ser mayor que la carga de la prueba de flexión.						
Con plataforma 1, 2 ó 3 soportar un Transformador poste o un Transformador corriente con tanto poste del peso máximo siguiente:						
Peso máximo	1300 kg		2000 kg		-	
Coefficiente de seguridad	2.5		2.5		-	
Transformador poste	10a75 kva		100 kva		-	
Transformador corriente constante	-		25 a 60 kw		-	

**Material:** Acero de las siguientes características:

Resistencia mínima a la tensión	3600 kg/cm <sup>2</sup>
Límite elástico mínimo	2100 kg/cm <sup>2</sup>
Elongación mínima en 200 mm.	18 %
Reducción mínima de área después de la prueba de tensión	50 %
Módulo de elasticidad	1,760000 kg/cm <sup>3</sup>

**Acabado:** Pintado exterior e interiormente con dos manos de plomo grafitado y después exteriormente con 2 manos de esmalte gris oscuro.

**Referencia:** Especificaciones LFC 1.4580.12

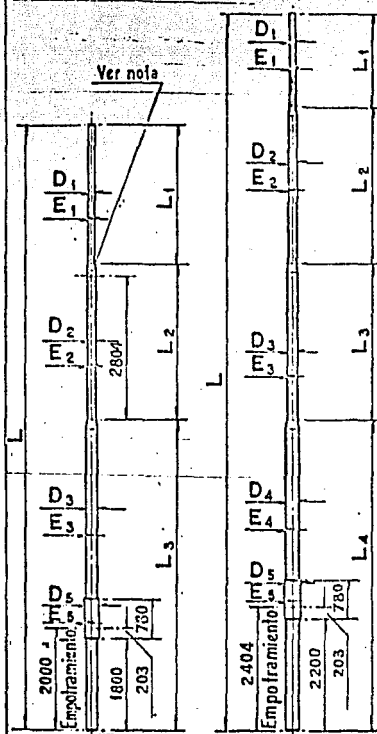
**Clave del nombre:**

A = Acero  
38, 45 = Lonjitud en pies

6, 7 y 8 = Diámetro nominal del trazo inferior del poste.

# POSTES DE ACERO

A 39"x8 y A 46"x10



REFE RENCIA	NOMBRE			
	POSTE A39x8		POSTE A46x10	
	mm	pulg	mm	pulg
D1	114	4.5	114	4.5
D2	168	6.625	168	6.625
D3	219	8.625	219	8.625
D4	-	-	273	10.750
D5	241	9.500	295	11.625
E1	6.02	0.237	6.55	0.258
E2	6.35	0.250	7.11	0.280
E3	7.04	0.277	6.35	0.250
E4	-	-	7.80	0.307
E5	11.1	0.437	11.1	0.437
L1	2743	9'	1828	6'
L2	3048	10'	3048	10'
L3	6096	20'	3048	10'
L4	-	-	6096	20'
L	11887	39'	14020	46'

Peso 395 kg 552 kg

CARGA Y FLECHA DE LA PRUEBA DE FLEXION		
Carga	700 kg	900 kg
Flecha	600 mm	750 mm

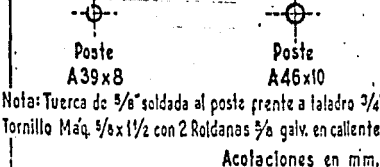
Empotrado el poste con los valores indicados en la figura, se aplica una carga normal al poste a 450 mm de la punta igual a la carga de prueba de flexión, debiendo ser la deformación igual o inferior a la flecha de prueba.

USO: En ángulos y remates sin retenida la tensión en la línea no deberá producir flechas superiores a:

- Poste A39x8 - Flecha máxima = 350 mm
- " A46x10 - " = 450 mm

Con plataforma 1, 2 ó 3 el poste A39x8 puede soportar un transformador poste, o un transformador corriente-constante-poste, del peso máximo siguiente:

Peso máximo	2000 kg
Coefficiente de seguridad	2
Transformador poste	225 kva
Transformador corriente-constante-poste	25 a 60 kw



MATERIAL: - Acero de las siguientes características:  
 Resistencia mínima a la tensión 4645 kg/cm<sup>2</sup>  
 Límite elástico mínimo 3660 kg/cm<sup>2</sup>  
 Elongación mínima en 200 mm 18%  
 Reducción mínima de área, después de la prueba de tensión 20%  
 Módulo de elasticidad 1760000 kg/cm<sup>2</sup>

Acabado: Pintado exterior e interiormente con dos manos de plomo grafitado y después exteriormente con 2 manos de esmalte gris obscuro

Referencia: Especificaciones LyF - 1.4580.13-XI-67

Clave del nombre:  
 A = Acero 8 y 10 = Diámetro nominal del tramo inferior del poste  
 39, 46 = Longitud en pies



#### IV.6 CRUCETA 44

Es otro de los accesorios que forma el soporte de la estructura de los alimentadores aéreos, se instala en posición horizontal y su objeto es soportar los aisladores en forma rígida para dar las distancias requeridas a los conductores.

Se construyen de acero estructural de forma acumulada, tiene taladros en los patines o en el alma del canal, su uso es de acuerdo con las necesidades, ya sea para remate de la línea o para soportar aisladores tipo 6.

La figura 4.8 muestra este tipo de cruceta que tiene las siguientes características:

CONSTRUCCION : fierro canal de 102 MM. (4")

PESO : 12 Kg.

PERALTE : 4 pulgadas

NUMERO DE TALADROS : 4

Cuando llevan estas crucetas, aisladores T-6, se fijan estos a la cruceta, por medio de un tornillo de ojo, que además permite dar tensión al conductor.

# CRUCETA 44 V

NORMAS Ly F  
MATERIAL  
2.0091

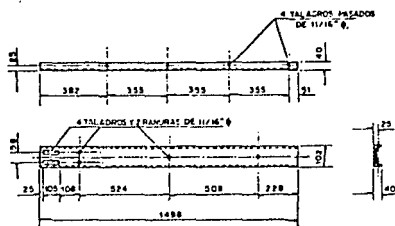


FIGURA 3.7

Esc. 1:20

Anotaciones en mm.

**MATERIAL:**

Hierro canal de 102 mm (4") de 8,04 kg/m

Peso aproximado 12,0 kg.

**ACABADO:**

Galvanizado en caliente después de requerido

**EMPAQUE:**

En múltiplos de 3 Crucetas en atados de fleje o alambre con placa o tarjeta bajo el atado, marcados al exterior con la cantidad, nombre de la cruceta, el del fabricante y fecha (mes y año).

**ACEPTACION:**

Conforme a esta Norma y a la Norma COCINIE 9,5-1 última revisión para el galvanizado, por el Laboratorio

**USO:**

Fijada a Postes A o C con 1 Dado y 2 Abrazadores U suavén diámetro del poste, soporte 3 ó 4 líneas de U.T., A.P., Tel. 6 ó KV de un mismo lado del poste.

**CLAVE DEL NOMBRE:**

- 4 = Dimensión del canal en pulgadas
- 4 = Número de líneas que puede soportar
- V = Volada

#### IV.7 RESTAURADOR

El restaurador es un dispositivo habilitado electromagnéticamente para interrumpir en un intervalo de tiempo el flujo de sobrecorriente causado por una falla, así mismo tiene la capacidad de hacer recierres automáticamente y energizar nuevamente el circuito. Si la falla persiste, abre para posteriormente volver a cerrar, se repite esta secuencia el número específico de veces al final de las cuales deja fuera de servicio al alimentador.

La finalidad de los recierres, es probar la línea para detectar si la condición de falla ha desaparecido, además de discriminar las fallas de tipo temporal de las permanentes.

De acuerdo a las características físicas de los restauradores podemos distinguir tres específicas:

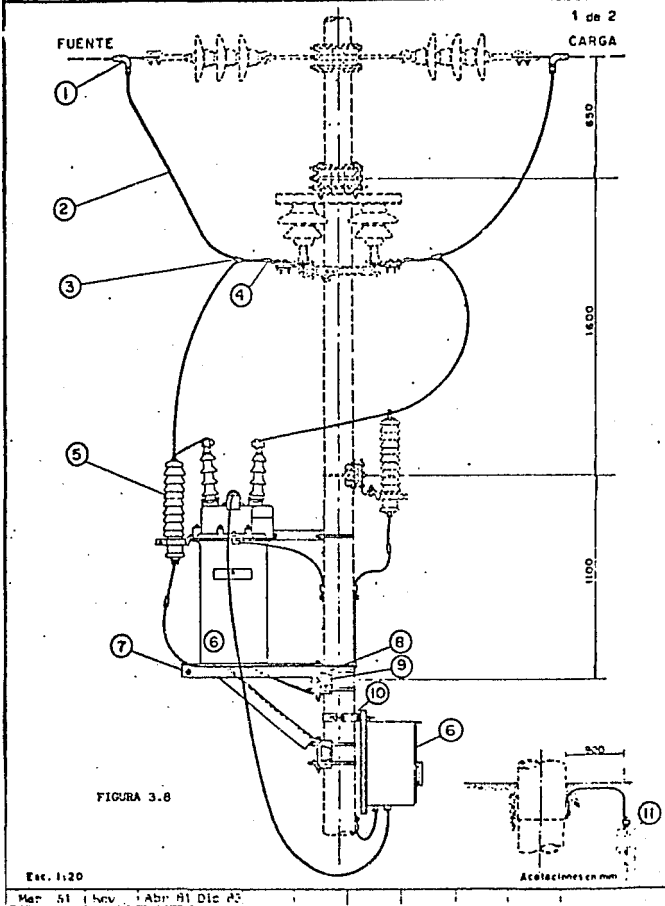
1) MEDIO INTERRUPTIVO.- Se pueden encontrar en dos tipos, ya sea los que utilizan aceite o aquellos que operan en vacío; estos últimos son de reciente aplicación.

2) POR EL NUMERO DE FASES.- Hay disponibles en tres fases o una fase, el más usado es el primero debido a que el sistema de distribución aereo de nuestro país es trifásico.

3) POR EL TIPO DE CONTROL.- Los hay de tipo hidráulico y últimamente electrónico. Los de tipo electrónico cuentan con un transformador de corriente, el cual envía la señal a un relevador electrónico para detectar las fallas, requiere además de una fuente de polarización para que el sistema opere adecuadamente.

# RESTAURADOR AUT. LA 23.560 FT

HONNAS L y F  
MONTAJE  
4.0301



La figura 4.8 muestra un restaurador automático usado en la C.L. y F., debidamente normalizado.

# RESTAURADOR AUT. LA 23.560 FT

NORMAS LyF  
MONTAJE  
4.0301

2 de 2

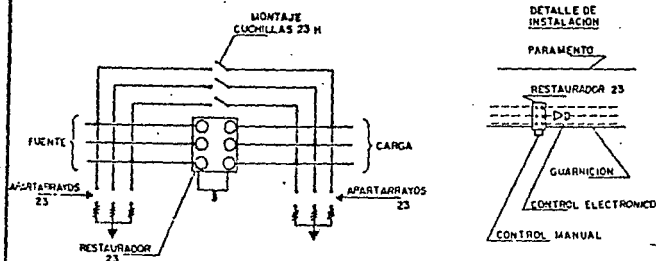
R.1	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad
1	USFUCHION L	...	Pza.	6
2	APAR ARRAYOS 1/0	2.0102	M	21
3	COLECTOR CANAL T	2.0100	Pza.	6
4	PLATA 1/20 = 1	2.0215	Pza.	6
5	APARTARRAYOS DV 23	2.0409	Uno.	1
6	SEÑAL PASOER AUTOMATICO L.A. 23.560 FT	...	Pza.	1
7	Plataforma 2 (modificada)	...	Pza.	1
8	APARADEPFA 5U o 6U	2.0058	Pza.	5
9	CARGO 50 o 60	2.0154	Pza.	2
10	APARADEPFA 5L	2.0063	Pza.	1
11	SEÑAL 1	2.0165	Pza.	1

### APLICACION:

Instalado en poste C 4DR 6 A 13 y conectado a líneas de 23 KV, utilizando un montaje de cuchillas 23H y apartarrayos DV 23, evita fallas por sobrecorriente en forma automática; efectuando recierres si la falla es transitoria y dejándolo fuera de servicio al alimentador, si la falla es permanente.

### CLAVE DEL MONTE:

LA = Líneas Aéreas  
23 = 23 KV Tensión entre fases  
560 = 560 A. Corriente nominal  
FT = Accesorio para fallas de fase a tierra.



Rev. 01 12 de Diciembre 83

## IV.8 FUSIBLES

Otro elemento que también juega un papel relevante dentro de los sistemas eléctricos es el fusible, cuya función es la de proteger a los circuitos y equipo eléctrico contra la sobrecorriente.

Cuando la corriente excede a un múltiplo de su valor nominal, el elemento fusible se funde para abrir (interrumpir) el circuito.

En cuanto a la selección del fusible se requiere conocer tanto las características propias de éste, así como las condiciones de sobrecorriente esperadas en el circuito que se desea proteger.

Son dos las funciones que deberá desarrollar el dispositivo al presentarse una condición anormal de operación:

- 1) aislar la porción del circuito en disturbio
- 2) responder con la rapidez necesaria para evitar un posible daño a los equipos son falla en el circuito afectado.

Al mismo tiempo se debe considerar que:

- a) bajo condiciones normales de operación, el dispositivo debe presentar continuidad tanto en corriente como en voltaje.
- b) el fusible debe proteger a los componentes del circuito a través del periodo en que se desarrolla la sobrecorriente, es decir, desde la sobrecarga hasta el corto circuito.

c) el fusible seleccionado deberá integrarse a las condiciones de diseño que presente la coordinación de protecciones, esto es, al formar parte de dos o más fusibles dispuestos en cascada (uno tras otro), y se presente una condición de sobrecorriente, únicamente debe actuar el fusible que se encuentre más cercano al punto de falla. El ingeniero de diseño debe encargarse de elegir el fusible que cumpla con lo anterior para lo cual debe valorarse con las características o curvas de fusión, que representan el valor de corriente a través del fusible y el tiempo que tarda en operar.

La Compañía de Luz y Fuerza del Centro, en el sistema de distribución, utiliza los fusibles tipo "K" o rápidos (conforme a la clasificación NEMA), estos fusibles tienen como datos de operación las curvas características de tiempo-corriente, las cuales describiremos a continuación:

1.- CARACTERISTICA TIEMPO.- CORRIENTE DE FUSION MINIMA. Establece dentro de un rango de corriente, los diferentes tiempos que deben transcurrir (de acuerdo a la variación de la sobrecorriente) para que el eslabón fusible se derrita.

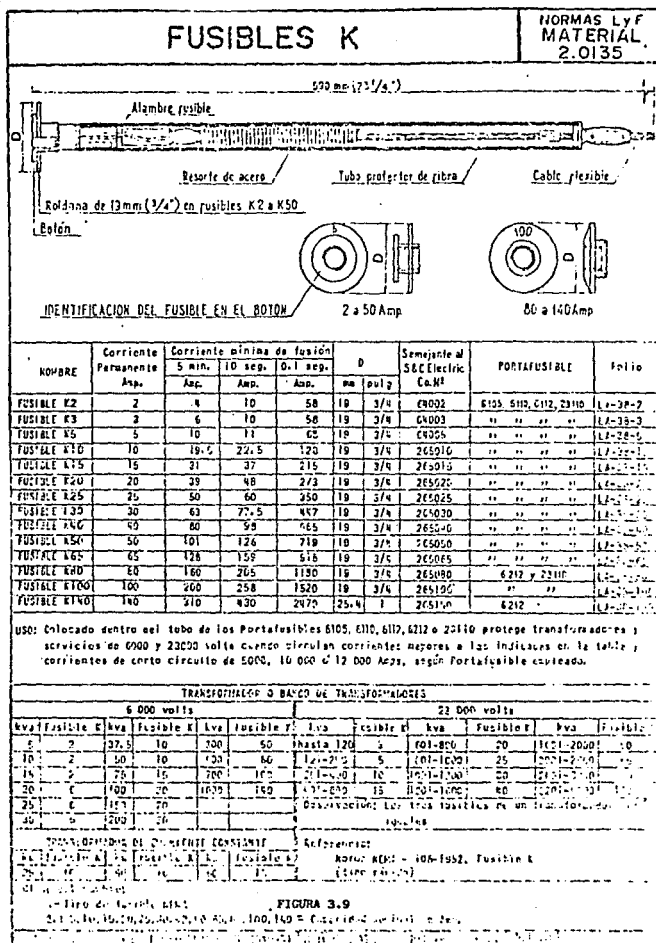
2.- CARACTERISTICA TIEMPO.- CORRIENTE DE INTERRUPCION TOTAL. Muestra el intervalo de tiempo que debe transcurrir hasta la extinción total del arco eléctrico. De hecho, esta curva señala el tiempo de fusión y el de arqueo en función de la magnitud de la corriente, en complemento a los parámetros de operación señalado se debe considerar:



a) la capacidad interruptiva: que es el valor de corriente característico del fusible en cuestión, expresando en amperes eficaces; el fabricante lo especifica bajo pruebas definidas en Normas.

b) tensión nominal: es el valor máximo de tensión eficaz que el fusible abierto es capaz de soportar sin que exista el peligro de reencendidos debido a los probables arcos eléctricos entre los extremos de éste.

Este tipo de fusible utilizado en el sistema de distribución se muestra en la figura 4.9.



#### IV.9 SECCIONADORES

Son dispositivos que quedan comprendidos dentro de la clasificación de interruptores de baja capacidad, tienen características similares a las del restaurador, con la diferencia que los seccionadores no protegen al alimentador por fallas monofásicas a tierra.

Se instala hacia el lado de carga en dirección al restaurador o interruptor, contando el número de operaciones apertura-cierre de cualquiera de estos.

La utilización de los seccionadores, entre otras, es para evitar que se afecte todo un alimentador al presentarse una falla, ya que al operar deja fuera de servicio al ramal defectuoso. También son empleados para hacer pruebas en el ramal dañado, así como el mantenimiento en alguna sección.

La operación del seccionador depende de los ajustes que se le hayan hecho, así como la magnitud de la corriente de falla.

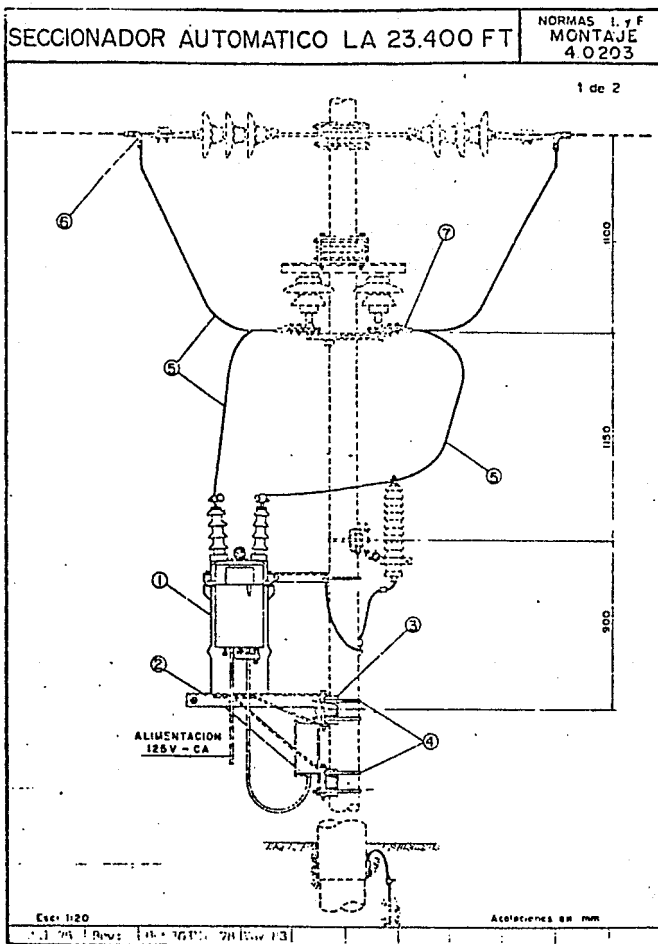
Operación: cuando una corriente de falla pasa a través de la bocina serie, el elemento magnético es atraído hacia el campo de la bobina, este elemento comprime el resorte del impulso localizado en la parte inferior. Esta situación no cambia mientras la falla persista.

El dispositivo de respaldo (restaurador o interruptor) es también excitado por la corriente de falla disparando sus contactos, de esta forma desenergiza el sistema que protege en este punto el flujo de corriente debido a la falla de interrupción, la bobina del seccionador se desenergiza y el elemento magnético es devuelto a su posición inicial por medio del resorte que comprime, al efectuarse el movimiento de retorno, el elemento arrastra el aceite admitido por una válvula "chek", comprimiéndolo sobre la válvula de impulso la cual admite el paso del aceite y transmite la fuerza al pistón de disparo del seccionador. Dicho pistón puede ser ajustado para que actúe sobre el mecanismo de disparo, después de una, dos o tres veces la misma operación del dispositivo que lo respalda (interruptor o restaurador).

El mecanismo de disparo, está constituido por una palanca común a las tres fases, esta palanca es accionada por el pistón de disparo a su vez acciona a los contactos móviles para abrir el circuito seccionador.

Cuando la falla es permanente, el seccionador abrirá sus contactos después de que haya sido agotado el número de operaciones preestablecidas, aislando la falla de los circuitos restantes, pero si la falla no es permanente y el seccionador no acumula el número de operaciones seleccionado para abrir los contactos, el mecanismo de conteo regresa a su posición inicial quedando en condiciones de iniciar otro ciclo de operaciones.

Una vez que el seccionador ha abierto los contactos definitivamente, para volverlos a cerrar, es necesario hacerlo manualmente moviendo la palanca de operación a su posición de cierre.



En la figura 4.10 podemos observar este elemento.

SECCIONADOR AUTOMATICO LA 23.400 FT				NORMA L MONTAJE 4.0203	
2 de 2					
Ref	NOMBRE	Norma LyF	Unidad	Cantidad	
1	SECCIONADOR AUTOMATICO LA 23.400 FT		Pza	1	
2	PLATAFORMA 2 (MODIFICADA)		Pza	1	
3	DAOS 65 o 66	2.0134	Pza	2	
4	ARRAZADERAS 5U o 6U	2.0056	Pza	5	
5	CABLE CUD 1/0	2.0102	M	15	
6	CONECTOR L AL-Cu (SEGUN CALIBRE)		Pza	6	
7	ZAPATA Cu 1/0		Pza	12	

**APLICACION :**  
 Instalado en poste A 13 x 26 TC y conectado a líneas de 23 KV, utilizando un montaje de cuchillas 23 H y pararrayos D 23, esla fallas dejando fuera de servicio el ramal que protege cuando la falla es permanente.

**CLAVE DEL NOMBRE :**  
 LA = Línea Aérea  
 23 = 23 KV. Tensión entre fases  
 400 = 400 A. Corriente nominal  
 FT = Accesorio para fallas de fase a tierra

**DIAGRAMA DE CONEXION**

Jun 55 Rev 1 (No. 26) (V. 2) (Rev. 03)

#### IV.10 CAPACITORES DE POTENCIA

En instalaciones eléctricas, es posible corregir el factor de potencia de los transformadores mediante el uso de bancos de capacitores que se instalan comunmente en el lado de baja tensión. En virtud de que el parámetro predominante en el transformador es la inductancia, y el parámetro predominante del capacitor es la capacitancia, y al conectarse en paralelo se pueden presentar fenómenos de resonancia, si estos parámetros fueran iguales; para evitar este problema se debe procurar que la potencia reactiva del banco de capacitores no sea mayor de 10% de la potencia nominal del transformador en KVA, con esto, además de evitar el efecto de resonancia se reducen las pérdidas del transformador cuando opera con poca carga o en vacío.

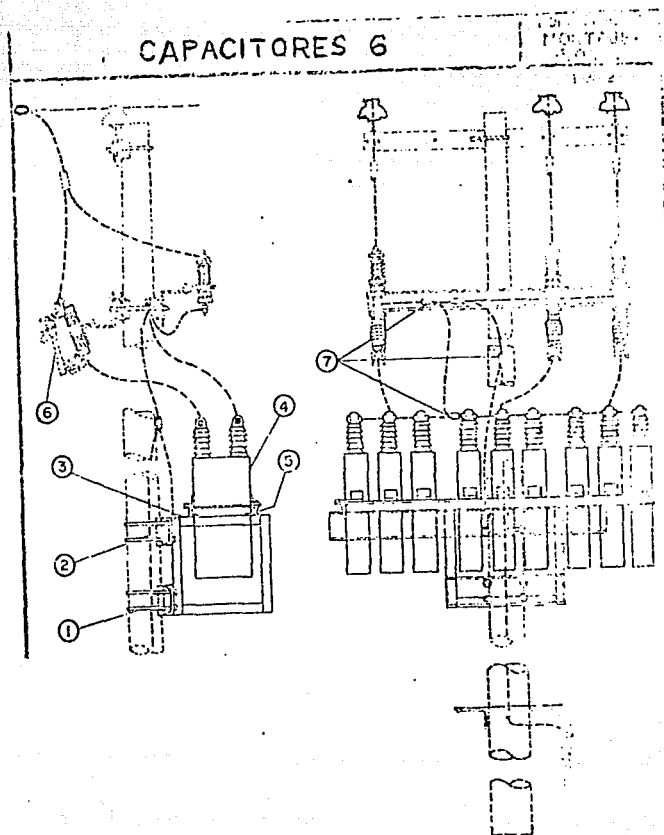
En la siguiente tabla se muestra la potencia reactiva necesaria en el banco de capacitores, para compensar el efecto de los transformadores. La potencia reactiva se da en KVAR.

POTENCIA DEL TRANSFORMADOR	VOLTAJE DE LA LINEA EN KV		
KVA	5-13	15-23	25-34
25	2	2.5	3
50	3.5	5	6
75	5	6	7
100	6	8	10
160	10	12.5	15
250	15	18	22
315	18	20	24
400	20	22.5	28
630	28	32.5	40

Como se puede observar en esta tabla se da una idea sobre el orden de magnitud de la potencia reactiva que debe instalarse en el banco de capacitores, en función de la potencia nominal del transformador y el voltaje de línea.

Cuando se efectue este tipo de instalación, el banco de capacitores debe conectarse a la red a través de fusibles.

Por lo que es necesario el uso de resistencia de descarga, ya que la apertura de un fusible evitará la descarga a través del transformador (figura 4.11).





# CAPACITORES 6

MONTEAJE  
6.000V

2 de 2

	NOMBRE	No.	Unidad	Capacidad
1	ABRIGADERA 7 U	2,0088	Pza	4
2	DADO 67	2,0124	Pza	2
3	PCA CA. A 4	2,0155	Pza	1
4	CAPACITOR 91,7 6 KV	-	Pza	9
5	TABLEROS 5/8 x 2 1/2	2,0187	Pza	10
6	40 K	2,01	Pza	3
7	CORRECTOR CA 0 2/0-2/0 Cu	2,0107	Pza	2
8	CABLE CLB 1/4	2,0102	m	5

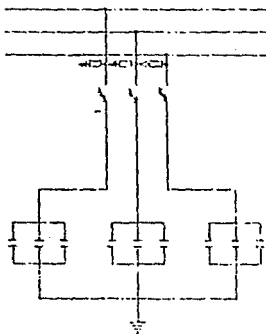
**APLICACION:**

Instalado en poste C - 40 con un montaje tierra y conectado a la línea de 6 Kv.  
Usando un montaje perarrayos portafusibles 6, corrige el factor de potencia un-  
L: alimentador de 6 Kv.

**CLAVE DEL NOMBRE:**

6 = 6,000 Volts.

**DIAGRAMA DE CONEXION**



#### IV.11 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION

El transformador es un equipo eléctrico estático que sirve para transferir la energía de un circuito de corriente alterna a otro, mediante un acoplamiento magnético. En estos transformadores intervienen una gran cantidad de 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 varios podemos destacar los siguientes, dando una breve descripción de ellos.

NUCLEO.- en la construcción de núcleos, se emplean en su mayoría laminas de acero al 4% de silicio; por las ventajas que presenta en lo referente a costo, facilidad de manipulación, pérdidas pequeñas por histéresis y por corriente circulante y gran permeabilidad o inducciones magnéticas relativamente altas.

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. Para reducir las pérdidas adicionales debidas a la distribución no uniforme en el interior de los conductores, los de tamaño grande suelen dividirse en varios hilos aislados entre si transpuestos adecuadamente.

**AISLAMIENTO.-** Esta formado por varios elementos que van colocados para dar una perfecta protección entre los diferentes componentes del núcleo y los devanados: así como también entre las partes conductoras y el tanque. El aislamiento empleado para aislar los elementos del núcleo depende de la capacidad del transformador. Los birlos o elementos que sujetan mecánicamente la laminación van aislados del núcleo por medio de tubos de micarta.

El aislamiento empleado para las bobinas depende del voltaje que deben soportar las mismas. Los aislamientos entre bobinas y de estas al núcleo se colocan en forma de capas.

**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 alta tensión, 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 boquillas que en su interior llevan almacenado un transformador de corriente de diseño especial que se utiliza para la protección.

**CAMBIADORES DE DERIVACIONES.**- Se emplea para suprimir o aumentar el número de espiras o bobinas de un devanado, con lo que se obtiene un nivel constante en la tensión requerida. Los derivados son por lo general colocados en el devanado de alta tensión, por ser este el devanado exterior, del mismo modo como el devanado de alto voltaje tiene un número de mayor vueltas, el derivador puede ajustar estas para obtener una mejor regulación de voltaje.

**TANQUE.**-En los transformadores que emplean un medio refrigerante, los líquidos deben estar 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, ovaladas o rectangulares. El tanque tiene suficiente espacio para permitir la dilatación o contracción térmica del aceite.

**ACCESORIOS.**- Dentro de esta clasificación se encuentran los siguientes elementos:

\* **TAPA DE VISTA.**- 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 electro-magnético.

\* **VALVULA AUXILIAR.**- esta válvula se emplea para obtener muestras de aceite para verificar sus propiedades dieléctricas. Dicha válvula se encuentra en la parte inferior, pues en esta parte es 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 al transformador contra

sobre-presiones. Cuando se pide el conservador también se solicita un dispositivo de secador de aire que evita el paso de la humedad.

\* OREJA DE MANIOBRAS.- estos dispositivos vienen soldados o vaciados en el cuerpo del tanque y se emplean para izar o transportar al transformador de un lugar a otro.

\* BASES.- El tipo de éstas, depende de la capacidad del transformador y estan 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 utiliza para hacer circular el aceite o líquido refrigerante en el transformador.

\* CAJA DE CONEXIONES (CAJA DE CONTROL).- esta caja va colocada en uno de los costados del transformador y sirve para el control, sin tener en si todos los elementos de control. En esta caja unicamente existen tablillas de conexiones en donde llegan las terminales de los elementos de control que se encuentran dentro o fuera del transformador.

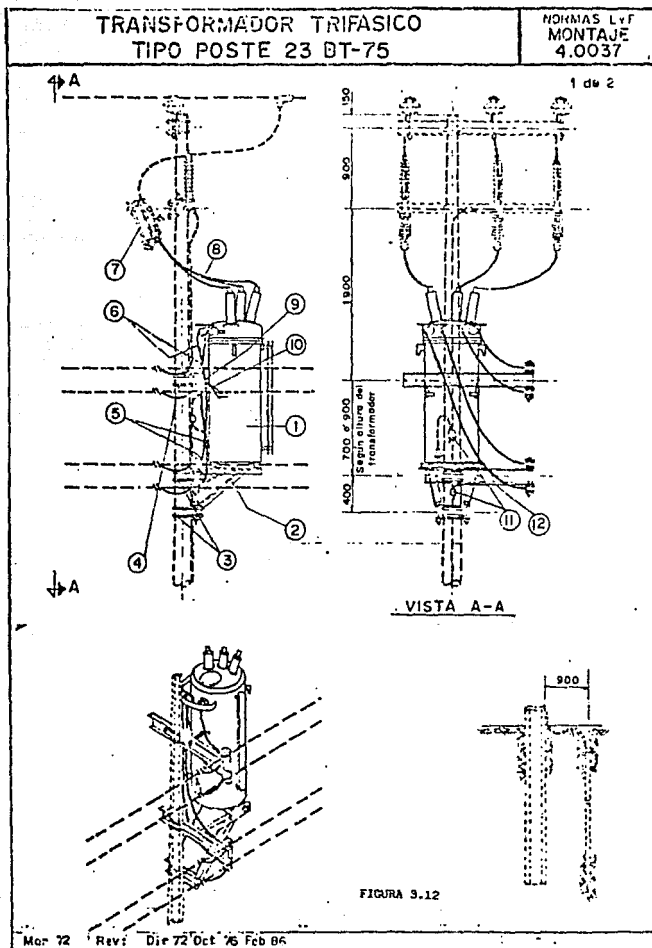
Los transformadores de distribución utilizados en la Compañía de Luz, permiten formar los circuitos de baja tensión, que generalmente son de cuatro hilos, tres de fase y uno neutro, cada uno tiene su propio circuito que alimenta en forma independiente de acuerdo con su capacidad.

Los transformadores estan conectados a las líneas de 23 KV y 6 KV por medio de fusibles, que los protegen evitando que las fallas se propaguen por el alimentador.

Estos fusibles se van soportados por los portafusibles que se abren automáticamente al fundirse el fusible con el paso de la corriente de falla.

Los transformadores más comunes instalados en los postes son de las siguientes características: transformadores trifásicos, para intemperie. tipo poste de 15, 30, 45, 75, 112.5, 150, 225 y 300 KVA., su relación de voltaje es de 23,000/220/127 y 6,000/220/127 (ésta última tiende a desaparecer), conexión delta/estrella, con neutro fuera del tanque, 60 hertz, 2% a 3% de impedancia a 75 C y 55 C de elevación máxima de temperatura con 125% de carga después de dos horas.

La figura 4.12 muestra un tipo de los transformadores antes mencionados.



#### IV.12 CUCHILLAS

Son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes del sistema eléctrico, interrumpiendo la continuidad de un circuito y son utilizadas para efectuar maniobras de operación o bien para dar mantenimiento a la línea. Están formadas por una base metálica de lámina galvanizada con un conector a tierra, la cuchilla se coloca encima de dos o tres columnas de aisladores, fabricados de cobre o aluminio, que fijan el nivel básico de impulso.

Consta fundamentalmente de dos partes: una fija llamada mordaza, la cual recibe y presiona la parte móvil, llamada navaja. Dichos elementos van montados en aisladores que llevan conectores para recibir a los conductores.

Las cuchillas pueden abrir circuitos bajo la tensión nominal, pero nunca cuando este fluyendo corriente a través de ellas. Antes de abrirse un juego de cuchillas, debe abrirse primero el interruptor correspondiente.

Se pueden clasificar de acuerdo a su posición con respecto a la base y a la forma que tiene la navaja. En las líneas aéreas de distribución, se utilizan las cuchillas que son esencialmente de operación con bastón y de operación mecánica simultánea.



#### CUCHILLAS DE OPERACION CON BASTON.

Se instalan en juegos de tres y van montadas en crucetas doble 44 y 64 respectivamente, en algunos casos la disposición es vertical empleandose dos crucetas sencillas.

Para operar este tipo de cuchillas es necesario estar a 1.80 m de distancia de las mismas para efectuar la maniobra y operar la navaja en un solo movimiento, ya sea jalando o empujando.

#### CUCHILLAS DE OPERACION MECANICA SIMULTANEA

Van montadas en crucetas dobles especiales de fierro canal de 6" y en poste de fierro solamente. Estos juegos son equipados con herrajes para su instalación, ya sea vertical u horizontal según el caso.

Para operarlas se quita el candado y el seguro de la palanca de mano, se pone en posición de operar y una vez recibida la orden, la acción se realiza de un solo movimiento.

#### CUCHILLAS PARA SECCIONAR

Este tipo de cuchillas no estan equipadas con accesorios para eliminar el arco que se forma al accionarlas, motivo por el cual debe ser usada para separar o abrir circuitos con carga. No estan diseñadas para ser abiertas con corriente en línea; nunca deben abrirse mientras el circuito no haya sido interrumpido, a diferencia de las demás cuchillas que tienen dispositivos de arqueo.

## CUCHILLAS DE AIRE

Está constituida en sus dos partes principales (navajas y contacto) por cuernos de arqueo, piezas de metal entre los cuales se forma el arco que resulta de abrir un circuito que lleva corriente; conforme se va abriendo la cuchilla, estos dispositivos se van separando y el arco se va alargando hasta romperse.

Existen varios diseños de esta clase de cuchillas. Algunas operan desde el piso por medio de una pértiga (gancho sujeto a un bastón aislado) y otras se operan a través de un sistema de eslabones y tubos accionados por medio de una manivela en el pie del poste. Otras están colocadas de tal forma que se abren hacia abajo, estas deben tener un seguro que evite que las navajas se abran por si solas.

Desde el punto de vista de maniobras, las cuchillas pueden operarse en forma individual o en grupo. Se puede operar individualmente cuando la tensión de operación es menor a 20 KV; se abren o cierran por medio de garrochas o pértigas de madera bien seca.

ⓐ

# CUCHILLA 23401

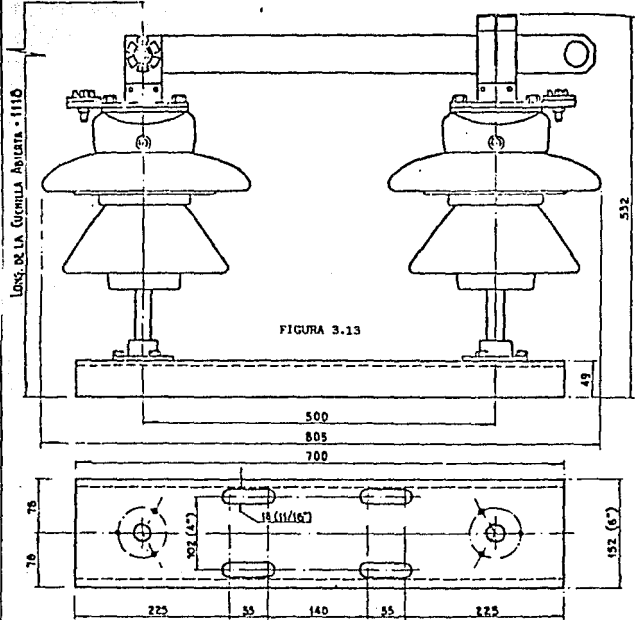


FIGURA 3.13

Esc 1:5

Acolaciones en mm

USO: Montada en Cruceles 62 o 64 fijadas a poste, conectar y des - conectar líneas de 23 kv sin carga.

Folio LA - 34-20

**CARACTERÍSTICAS:**

- Cuchilla un polo, lino sencillo, 23000 volta, 400 Amps. Hecha en México
- Flareo en seco 110 kv
- Flareo en húmedo 75 kv
- Similar a la cuchilla Electrocerámica Cal. P-2340

**REFERENCIA: Plano DISTRIBUCION N-2**

Clave del nombre:

- 23 (Primera y segunda cifra) = 23 kilovolts
- 4 (Tercera cifra) = 400 Amps.
- 01 (Cuarta y quinta cifra) = N° progresivo de identificación.

#### IV.13 APARTARRAYOS

Cuando se presenta un disturbio debido a una descarga atmosférica, la sobretensión que se produce en el sistema está asociada a una considerable cantidad de energía que puede causar daños a las líneas, cables subterráneos o equipos conectados al sistema; por lo tanto, es de vital importancia que la disipación de dicha energía sea controlada lo más rápidamente posible, lo cual se logra através de un apartarrayos.

El pararrayos se comporta como un aislador durante las condiciones normales de operación del sistema. Cuando una sobretensión lo hace funcionar, la resistencia no lineal limita la corriente alterna a un valor comparativamente bajo y permite a su vez el paso de la corriente transitoria elevada producida por la descarga atmosférica. El dispositivo debe ser capaz de prevenir el flujo continuo remanente de 60 Hz, después que haya cesado de fluir la corriente transitoria de la descarga.

Los valores nominales de los pararrayos se establecen por diseño de las pruebas a que son sometidos y que son la base para su selección y la coordinación de aislamiento del sistema que se desea proteger básicamente esto consiste en un balance entre la protección que los apartarrayos ofrecen a los cables y al equipo conectado, esto es la característica de recierre de los apartarrayos contra la tensión nominal del sistema. Generalmente, se considera que la mayor tensión a la que está sujeto el pararrayos sea la tensión a tierra que tenga una fase sana (sin falla) cuando el sistema sufra una falla monofásica de línea tierra que puede ser causada, por ejemplo, por la misma descarga atmosférica que haga disparar el apartarrayos de otra fase imprimiéndole a esto una tensión a tierra.

En la siguiente tabla se presenta de acuerdo a la tensión del sistema, el valor mínimo nominal que debe tener los apartarrayos, así como la sobretensión máxima esperada con una falla de fase-tierra en un sistema de línea aérea.

TABLA

TENSION NOMINAL SISTEMA	TENSION NOMINAL PARARRAYOS	SOBRE TENSION DE LINEA-TIERRA
4.16 Y / 2.4	3	3.0
8.3 Y / 4.8	6	6.0
12.0 Y / 6.93	9	8.6
12.5 Y / 7.2	9	9.0
13.2 Y / 7.6	10	9.5
13.8 Y / 7.97	10,12	10.0
20.78Y / 12.0	18	15.0
20.85Y / 13.2	18	16.5
24.94Y / 14.4	18,21	18.0
34.5 Y / 19.9	27	24.8

# PARARRAYOS 23

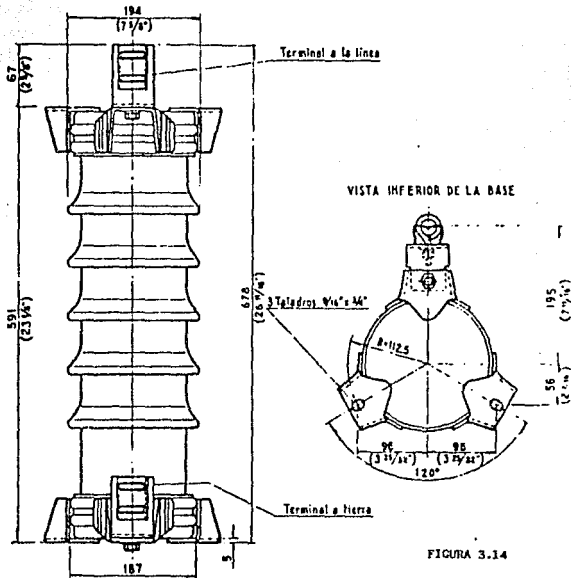


FIGURA 3.14

Esc. 1:1

Anotaciones en es

USO: Montado en 2 crestas de 152 mm (6") y fijado con una placa de 318 x 254 x 8.5 mm y tres Tornillos Nú. 1/2 x 1 1/4 e instalarse uno en cada fase de 23 kv y conectándose a tierra con Cable Cud e y Tierra 1, proteje contra rayos y sobretensiones equipo y material conectado a líneas de 23 kv.

**CARACTERÍSTICAS:**

Tensión nominal	25 kv
En sistemas con astro conectado a tierra	27.6 kv
En sistemas con neutro aislado	23 kv
Voltaje de chispa (frente de onda AIEE)	84 kv
Voltaje crítico de chispa (onda 1.5 x 40 μseg)	77 kv
Cadena de voltaje (18) máxima con 1500 Amp	64 kv
" " " " " 1000 "	72 kv
" " " " " 2000 "	95 kv

Se monta el pararrayos General Electric Co., tipo Thyrite

Magno - Valve Cat. DL2H450

Peso: 31.8 kg.

#### IV.14 EQUIPO Y HERRAMIENTAS PARA EL TRABAJADOR.

En lo que concierne a la seguridad del personal en líneas aéreas, se cuenta con una gran variedad de equipo para su protección, pero no podemos dejar de hablar de las herramientas como parte complementaria de este equipo de seguridad, ya que al usar inadecuadamente las herramientas se podrían causar diversos accidentes.

##### IV.14.1 CINTURON SC Y BANDOLA SC Y SN

La bandola se engancha en anillos del cinturón SC, lo cual permite al liniero tener libres las manos y por lo tanto un mejor accionamiento con las herramientas al trabajar. (Figura 4.15)

El material del cual esta hecho viene dado por el código de designación; por ejemplo: SC corresponde al cuero de buena calidad, sin carnaza, ni grietas, impregnado en aceite, y la SN es a base de fibra de nylon. El gancho y la hebilla deben ser de acero forjado con galvanizado en caliente de clase B de acuerdo a las normas ASTM A153-53 y ASTM A143-46.

En la figura 4.16 se puede observar la forma adecuada de utilizar tanto el cinturón como la bandola, y la libertad de movimiento que se adquiere al usarlos.

#### IV.14.2 HERRAMIENTA DE MANO

Las herramientas de mano están alojadas en el cinturón de seguridad, lo que hace que el trabajador tenga acceso a las mismas en el momento justo en el que las requiera, siendo estas:

a) llave de empalmar: usada para aprisionar uno o varios conductores; cuenta con diferentes tamaños de perforaciones estriadas.

b) llave perico: se usa para apretar o aflojar tuercas y tornillos, el ajuste se logra por medio de un tornillo sinfin, el cual se debe lubricar periódicamente.

c) pinza de electricista: se utiliza para ajustar, torcer y cortar alambres.

NOTA: Estas herramientas no deben usarse para golpear o remachar.



#### IV.14.3 CASCO DE PROTECCION

Este casco es fabricado en polietileno rígido de alta densidad, debe aplicarse para proteger la cabeza de golpes y riesgos eléctricos; pueden ser de tres colores: gris (utilizado por los sobrestantes), amarillo (para el personal que trabaja en poste) y blanco (para quienes trabajan a nivel de piso terminado).

#### IV.14.4 ANTEOJOS DE SEGURIDAD

Se utilizan para proteger los ojos contra el peligro de destello lumínico de un arco eléctrico, aristas, filos, etc... Los cristales se fabrican a base de calobar verde sobra No. 6 y cuentan con aletas de protección lateral.

#### IV.14.5 ZAPATOS DE SEGURIDAD

Cuentan con casquillo de acero, no son aislantes y sirven principalmente para proteger los pies contra la caída de materiales o herramientas.

#### IV.14.6 GAFAS DE SEGURIDAD

Son inastillables y de alto impacto; se usan para proteger los ojos en trabajos de corte de piedra, concreto, etc...

#### IV.14.7 GUANTES DIELECTRICOS

Se fabrican de hule natural; se debe evitar: rasgarlos con clavos, alambres, madera, etc., tenerlos almacenados por un período largo de tiempo o cerca de algo que emane ozono, contacto con aceites o petróleo, exposición prolongada al sol, mantenerlos mucho tiempo dentro del guante protector de oscuridad, y guardarlos con la parte interna invertida.

Es necesario que se hagan inspecciones rutinarias antes de usarlos buscando orificios o rasgaduras, en caso de encontrarlos es preferible desechar los guantes.

#### IV.14.8 GUANTES

Se pueden fabricar en carnaza para efectuar trabajos rudos o pesados, y en oscaria para trabajos en los que se requiera de sensibilidad en las manos.

Cabe señalar que lo más importante al diseñar las herramientas es la seguridad, comodidad y bienestar del trabajador, haciendo hincapié en la resistencia de las mismas así como sus características de aislamiento, las cuales son altamente rígidas.

Constantemente se revisan los equipos a fin de mejorarlos y adaptarlos a las necesidades del trabajo, al igual que se diseñan nuevos modelos según los diferentes tipos de construcción de líneas que se van desarrollando.

# CINTURON SC

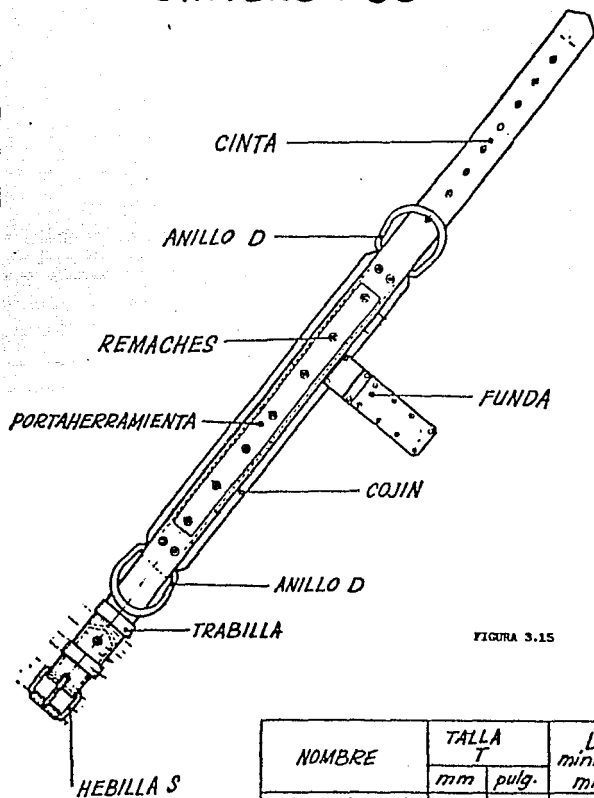
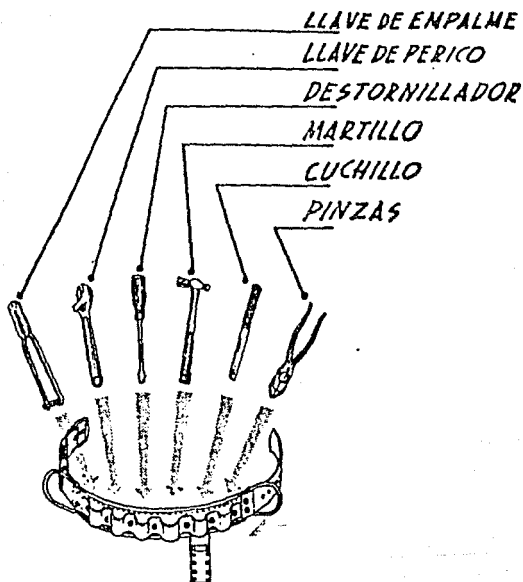


FIGURA 3.15

NOMBRE	TALLA T		L. mínima mm
	mm	pulg.	
Cinturón SC40	1016	40	1216
Cinturón SC44	1118	44	1318

## HERRAMIENTA DE MANO QUE PORTAN EN EL CINTURON DE SEGURIDAD



- Características de cada herramienta y usos adecuados de cada una de ellas

**ADVERTENCIA:** Revise su equipo

## CAPITULO V

### INSTALACION Y PARADO DE POSTES.

Cuando se trata de líneas sobre postes, y nos referimos a los de madera, concreto o concreto armado, colocados directamente sobre el terreno, se replantean por medio de estacas los puntos de situación, practicándose después, por medio de útiles apropiados, los hoyos o zanjias necesarias con arreglo a las dimensiones de la parte que debe enterrarse de cada poste. Las zanjias tendrán la disposición como se indica, escalones, de modo de que en el sitio más profundo no exceda mucho del diámetro del poste, y su anchura debe ser de unos 50cm, que se precisan para el trabajo del operario.

Si el terreno es seco y esta libre de piedras, conviene hacer los hoyos con una barrena, dando a estos reducidas dimensiones y extrayendo la tierra arrancadas por medio de una cuchara o pala de largo mango. El poste quede así más estable, puesto que se planta en terreno natural.

En terreno de roca, es preciso practicar los hoyos por medio de brocas hidráulicas o explosivos, y este trabajo debe efectuarse por personal idóneo y observando las necesarias precauciones.

Los hoyos practicados durante el día no deben dejarse abiertos por la noche, y en caso necesario habrán de cubrirse para evitar accidentes.

Podemos definir una maniobra como el conjunto de procedimientos que se siguen para la ejecución de un trabajo bajo ciertas normas o lineamientos que implican una previa selección de los materiales, herramientas y equipos. Al ejecutar una maniobra normalizada se tienen ciertas ventajas como son el simplificar el uso de la herramienta, limitar el desperdicio de recursos materiales y humanos, seleccionar los equipos adecuados y principalmente la seguridad de las instalaciones y del personal.

Es necesario realizar continuamente programas de mantenimiento, ya que en las líneas aéreas de distribución no se pueden evitar las fallas.

Las maniobras más comunes que se llevan a cabo son:

- \* Reemplazo de postes.- se debe primordialmente a los continuos choques de vehículos contra los mismos.
- \* Cambios de aisladores.- originados por fallas o porque se utilizan como tiro al blanco por la gente, quien los daña con armas de fuego, palos, piedras, etc...
- \* Cambios de fusibles, portafusibles y apartarrayos.- debidos a sobretensiones que originan las descargas atmosféricas sobre las líneas o subestaciones, ocasionando la operación de los sistemas de protección.
- \* Tensado de líneas.- Se da como consecuencia de la deflexión o caída de postes al igual que por malos empalmes.
- \* Reemplazo de transformadores.- Se llevan a cabo cuando estos fallan, por ruptura de bushines, explosión, etc...

\* Lavado de aisladores.- esta maniobra es una de las más recientes instauradas y se utiliza un equipo especial, su función es prevenir el flameo de aisladores.

Se han establecido dos formas de ejecutar los trabajos, dependiendo de las características de la carga del alimentador a reparar y de las condiciones climatológicas presentes al realizarlo, estas son: A) las maniobras con línea desenergizada (línea muerta) y B) maniobras con línea energizada (línea viva).

A) Maniobras con línea desenergizada o muerta.

Se ejecutan con libramientos grandes de energía en zonas a veces conflictivas. Se procede de la siguiente forma:

1) Si se trata de un alimentador aéreo al cual hay que darle mantenimiento preventivo, ya sea para modificar la capacidad del alimentador, cambiar alguna de sus partes o se tenga que tensar algún tramo de la línea, antes de ejecutar la maniobra se debe informar a las personas que dependen de la distribución del servicio en esa zona indicándoles la fecha y horario en que se cortará la energía para que se tomen precauciones al respecto.

2) Si se trata de un servicio particular que necesite realizar alguna reparación o modificación de sus instalaciones se tiene que solicitar una licencia para la liberación de la energía en esa zona.



## B) Maniobras con línea energizada o viva.

Se llevan a cabo en aquellos casos en los que las características de la carga impiden la suspensión del servicio, obligando al personal a laborar con voltaje en la línea, para esto es necesario que las condiciones climatológicas sean óptimas, es decir, que exista buen clima, terreno seco y sin amenaza de lluvia, además debe realizarse en el transcurso del día.

### V.1 EXCAVACION DE HOYOS

Para la instalación de postes para el soporte de líneas, transformadores, accesorios, etc... es necesario conocer el procedimiento de la excavación de los hoyos en los cuales estarán insertados los postes. Este procedimiento es el siguiente:

a) Planeación.- por este medio se da la ubicación, según el plano, de la calle, avenida o acera. Se verifican las condiciones del lugar cuidando de salvar obstáculos, entradas de vehículos, ventanas, coladeras, árboles, etc..., en caso de existir algún obstáculo se debe modificar la ubicación.

b) Trazado.- ya que se tiene perfectamente definida la ubicación del hoyo y las condiciones del lugar se procede al trazo: en avenidas o calles de banqueta ancha, se marca sobre la banqueta con gis o crayón un círculo de 60 cm de diámetro, cuyo centro debe estar a 45 cm de la

parte interna de la guarnición; y en calles de banqueteta angosta, el centro del círculo estará a 30 cm de la parte interna de la guarnición, quedando justo pegado a ella. La profundidad del hoyo varía según la longitud del poste y la consistencia del terreno.

c) Realización.- En este paso, se procede a ejecutar la maniobra, para lo cual es necesario proteger el área de trabajo colocando biombos de seguridad y banderas rojas, disponiendo a la vez de herramienta dentro de la misma área. Si se encuentran con obstáculos como tubos de agua o drenaje, ductos de gas o ductos de cables de alta tensión, es necesario cambiar la localización del poste.

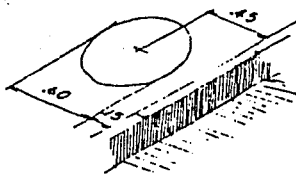
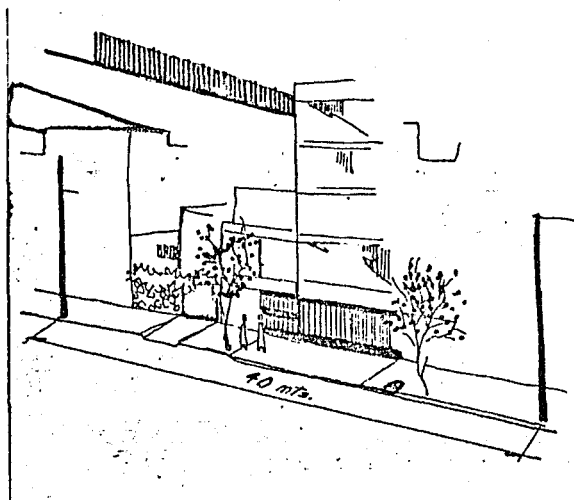
Se rompe la banqueteta con el marro, dentro del círculo marcado, dando un golpe en el centro, uno a un tercio y otro en la orilla para no deformar el diámetro del mismo. Con la pala de punta se procede a sacar la tierra removida, alternándola con el marro para sacar el escombros. En caso que el terreno sea tepetate el modo de ejecución es alternado por capas.

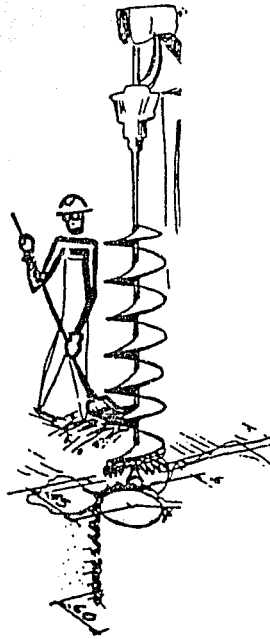
A veces es necesario usar la barreta debido a la dureza del terreno. Se utiliza la pala de cuchara al tenerse los 30 cm de profundidad después de haber aflojado la tierra con la barreta. También se puede utilizar el camión broca, el cual realiza la perforación auxiliado del personal, que retira la tierra removida y adherida a la broca.

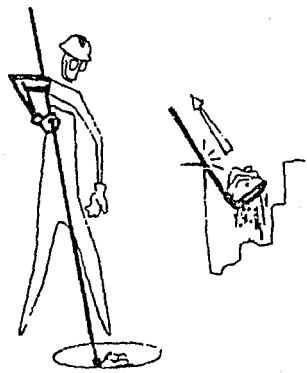
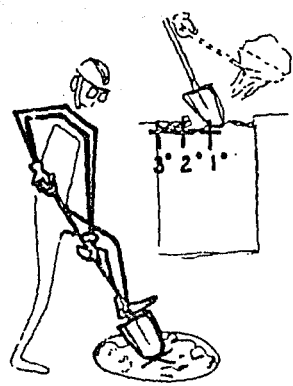
Si el poste no va a pararse inmediatamente, el hoyo debe cubrirse utilizando una cruceta o una tabla y piedra-braza.

Es necesario seleccionar el poste que se va a colocar para así poder saber que profundidad darle al hoyo, ya que esta varía según el tipo de poste que se piensa utilizar. Después de haberlo seleccionado es necesario contar con las herramientas (barreta, marro y pizón), equipo (gaveta con pluma fija o giratoria, pluma hidráulica y biombos de seguridad) y material (gasa de cable de acero, estobos, dos vientos).

A continuación se ilustra el procedimiento de la excavación de los hoyos para la instalación de postes.







## V.2 PARADO DE POSTES.

Se levanta ligeramente el poste con una barreta para colocarle la gaza de acero un poco arriba del centro de gravedad del mismo, esta gasa debe quedar trabada. Se coloca el vehiculo cerca del hoyo, y se mete el gancho en la gasa, de tal forma que la punta del gancho quede en dirección a la punta del poste. Con el malacare se levanta el poste un metro aproximadamente para que le sean colocados dos vientos cerca de la punta cuidando de que no haya personal debajo del poste. Se sube el poste vigilando el control del movimiento del mismo, hasta que la base despegue del suelo y quede en posición vertical. Se guía la base hacia el hoyo y se baja para lograr empotrarlo. El siguiente paso consiste en la nivelación del poste, para lo cual se le da cara al poste, poniendo una de sus caras paralela a la línea o guarnición y centrándolo en el hoyo, luego se pone a plomo, observando desde dos puntos situados a 90 grados entre sí, teniendo el poste como vértice y controlando su vertical con los vientos.

Para dar por terminada la maniobra, el poste debe estar fijo completamente, que no tenga holguras en su periferia, para ello es necesario el afirmado, que consiste en el relleno del hoyo con varias capas de tierra y piedras dependiendo estas del empotramiento que tenga el mismo, posteriormente se apizona a presión.

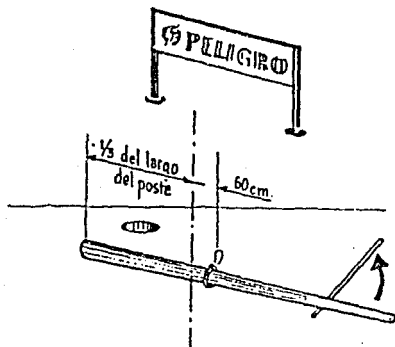
A continuación se describen algunos metodos para la afirmación de postes según del tipo que se utiliza:

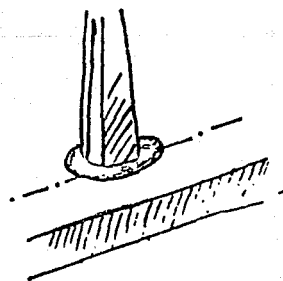
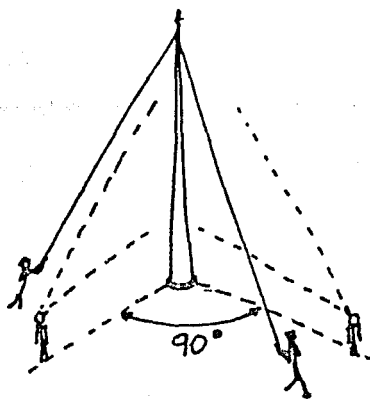
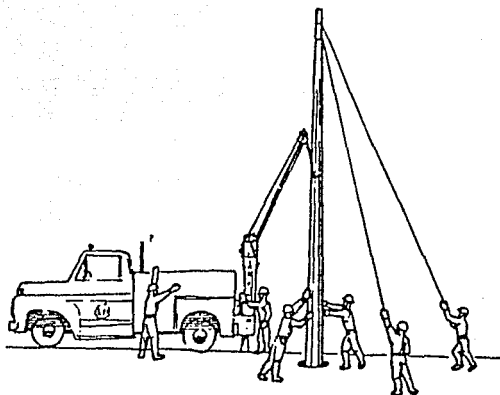
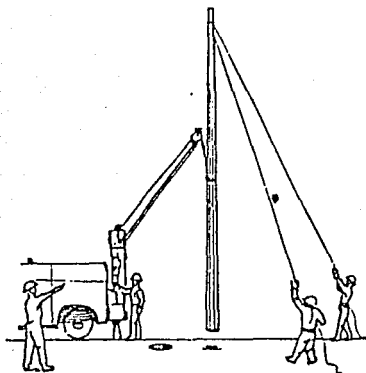
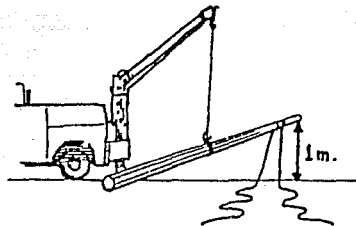
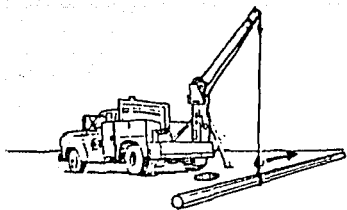
1) postes de concreto.- antes de colocarlo en el hoyo se pondrá en el fondo del mismo una plantilla de piedra, concreto o lámina. Después de apoyar el poste en la plantilla, se cubre esta de tierra y se procede a colocar la primera capa (la cual está constituida por piedras que se hacen llegar al fondo debiendo estar bien apizonadas), repitiendo esta operación hasta tener 3 capas.

2) postes para retenida.- el poste se coloca a plomo en el hoyo, pegándolo hacia el lado donde soportará la tensión y se pone una piedra grande (patada) en el fondo. Se le da al poste la inclinación y alineación deseada por medio de los vientos y se acuña con piedra el lado donde soportará la tensión, la operación se concluye con una capa de piedra bien apizonada.

En todos los casos de afirmado, la última capa deberá quedar abajo del nivel del piso por lo menos a unos 15 cm. Se debe vigilar que el poste no pierda su verticalidad o inclinación deseada durante el afirmado sobre todo al poner la tercera capa.

A continuación se ilustra el proceso del parado de postes.







## CAPITULO VI

### PROYECTO FRACCIONAMIENTO JOYAS DE CUAUTLA

En el proyecto de cualquier instalación eléctrica de alumbrado o fuerza es conveniente tomar en consideración que debe cumplir con los siguientes requisitos:

**CAPACIDAD** .-En general cada sistema eléctrico debe estar diseñado para satisfacer la demanda de servicio que se presente, así como el pronóstico de carga para instalaciones futuras, ya que el uso de la electricidad tiende a incrementarse en industrias, edificios, comercios, casas habitación, etc.

**FLEXIBILIDAD**.-que tenga una flexibilidad adecuada para la distribución de circuitos y para el entubado y alumbrado, dependiendo de la localización física de los elementos de la instalación por alimentar

**ACCESIBILIDAD**.-Cualquier instalación eléctrica debe de ser accesible en su instalación, mantenimiento y servicio en general.

**CONFIABILIDAD**.- Dependiendo de la naturaleza de la instalación, varía el grado de seguridad en el suministro de la energía eléctrica, esto va a plantear la necesidad de estudiar en algunos casos varias alternativas de soluciones posibles, considerando la confiabilidad de cada una de ellas y desde luego la influencia que cada solución tiene en el aspecto económico.

## ANALISIS PRELIMINAR PARA EL PROYECTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS

Un analisis previo de la instalaci3n que se considere debe de tomarse en cuenta el punto de vista arquitect3nico, de servicio, el tipo de cargas y forma de suministro de la energfa el3ctrica.

Buscar bibliograffa para ver si se cuenta con informaci3n previa sobre proyectos similares, es decir en los bufetes de proyecto normalmente no se parte de cero y es conveniente hacer notar esto con el objeto de analizar la teorfa sobre el proyecto de instalaciones desde un punto de vista general, por lo que desde un punto de vista preliminar es conveniente considerar los siguientes aspectos:

**TIPO DE CONSTRUCCION.**-Sus dimensiones generales si es de uno o varios niveles, altura de oficinas, salas, naves, etc. pasillos, 3reas descubiertas, accesibilidad, flexibilidad, 3reas peligrosas, etc.

**EVALUACION ELECTRICA GENERAL.**- La determinaci3n y estudio del tama1o y naturaleza de la carga por alimentar, en watts/metro cuadrado, numero y tama1o de los motores y su localizaci3n por 3reas dentro de la construcci3n y analizar el mejor sistema de distribuci3n posible.

SELECCION DEL EQUIPO.- Hay que considerar la economía que representa la seleccion adecuada de equipo de fabricación estándar como son transformadores, motores, interruptores y otro equipo que ya de no ser así se elevaría su costo y trae consigo problemas en su mantenimiento tales como un mayor inventario de equipo y refacciones que hacen que baje la eficiencia del personal, por exceso de problemas de reparaciones con exceso de piezas diferentes.

SUMINISTRO DE LA ENERGIA.- En cuanto a las características que tenga y los suministros la Comisión Federal de Electricidad, por lo que se deben conjugar las características de la energía eléctrica que se compra con las características del equipo a instalar esto es : la frecuencia, niveles de voltaje, Estado de la República Mexicana, consumo promedio en kilo watts, facilidades de instalación y conexión a una red principal.

Algunas de las técnicas sobre el diseño seguidas en algunos casos son las siguientes:

EDIFICIOS DE OFICINAS.- Las densidades de carga típicas para oficinas en edificios son del orden de 150 watts por metro cuadrado donde el usuario tiene el máximo de facilidades, para máquinas pequeñas (ventiladores, máquinas de escribir, aires acondicionados, refrigeradores para garrafones de agua).

CENTROS COMERCIALES.- En los centros comerciales la densidad de carga varia ampliamente para las diferentes áreas, y va desde 30 a mas de 100 watts por metro cuadrado, el alumbrado que se emplea que por lo general es fluorescentes y solo variá en cantidad de acuerdo con los niveles de iluminación empleadas en cada área.

HOSPITALES.- Una demanda promedio para hospitales con diseño moderno es del orden de 3000 watts por cama.

ESCUELAS.- Las cargas varían de acuerdo con el tipo de arreglo y distribución de los edificios y la extensión territorial, el rango de carga varia en promedio entre 30 y 70 watts por metro cuadrado.

TABLA 6.1

LUGAR	CARGAS RECOMENDADA EN WATTS POR METRO CUADRADO.
ANFITEATROS.....	10
BANCOS.....	20
BODEGAS OALMACENES.....	2
CASA PARA HABITACION.....	20
CLUBES.....	30
EDIFICIOS INDUSTRIALES.....	30
EDIFICIOS DE OFICINAS.....	30
ESCUELAS.....	15
GARAGES COMERCIALES.....	5
HOSPITALES.....	50
HOTELES.....	20
IGLESIAS.....	5
RESTAURANTES.....	20
BIBLIOTECAS.....	20

## INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES

En el proyecto de instalaciones eléctricas residenciales interviene una gran variedad de variantes, ya que mucho depende del nivel de vida de las personas que la ocuparán, aquí se tiene desde los diseños económicos usados en multifamiliares hasta diseños más sofisticados usados en residencias grandes.

A continuación daremos un ejemplo, tomando las consideraciones antes anotadas

EL terreno consta de 24,912.50m<sup>2</sup>, la superficie que ocupan las calles de 4,510.00m<sup>2</sup>, el resto de la misma es el destinado a los 42 lotes 20,402.50m<sup>2</sup> para su electrificación de los predios requerimos del parado de 14 postes para que así podamos dar un mayor servicio a los usuarios así como un mayor ahorro de la energía eléctrica, como se indica en el plano que ha continuación se ilustrará; hablando un poco de los postes que se escogieron fueron los de concreto armado CR-12 (AT Y BT, CR-9 BT Y CR-12E (ESPECIAL SOPORTA TRANSFORMADOR) ya que son los usuales para LAS INSTALACIONES DE RED AEREA Y ADEMÁS OFRECEN UNA VIDA UTIL DE 30 AÑOS, además son más económicos que los de acero ya que en H. CD. Cuautla no se tienen que tomar en cuenta medidas anti corrosivas como son el salitre en otras localidades de la Republica Mexicana.

Para calcular la carga correspondiente al conjunto de viviendas se obtendrá multiplicando el número de ellas por la demanda máxima prevista por vivienda. Este valor estará afectado por un coeficiente de simultaneidad que corresponde aplicar por razón de la no coincidencia de las demandas máximas de cada vivienda. la carga del

fraccionamiento (35 lotes) se tomo un consumo de 4 KW/lote con un factor de carga de 0.6 ya que el fraccionamiento es de tipo residencial en el cual no hay hospitales, escuelas, gimnasios sino por el contrario se piensa que cada lote contara con una casa habitación con alberca la cual está contemplada en la carga ya que las piscinas tienen bombas o bien tinas de hidromasaje el alumbrado de los postes 14 lámparas 250W cada una

Se escogieron conductores que tengan buena conductividad y cumplan con requisitos en cuanto a sus propiedades eléctricas y mecánicas. La mayor parte de los conductores empleados son de cobre o aluminio por su gran conductividad y su costo es relativamente bajo.

#### PLANO ILUSTRATIVO DEL FRACCIONAMIENTO

SUP. TOTAL TERRENO	24,912.50 m <sup>2</sup>
sup.total de calles	4,510.00 m <sup>2</sup>
sup.total lotes	20,402.50 m <sup>2</sup>

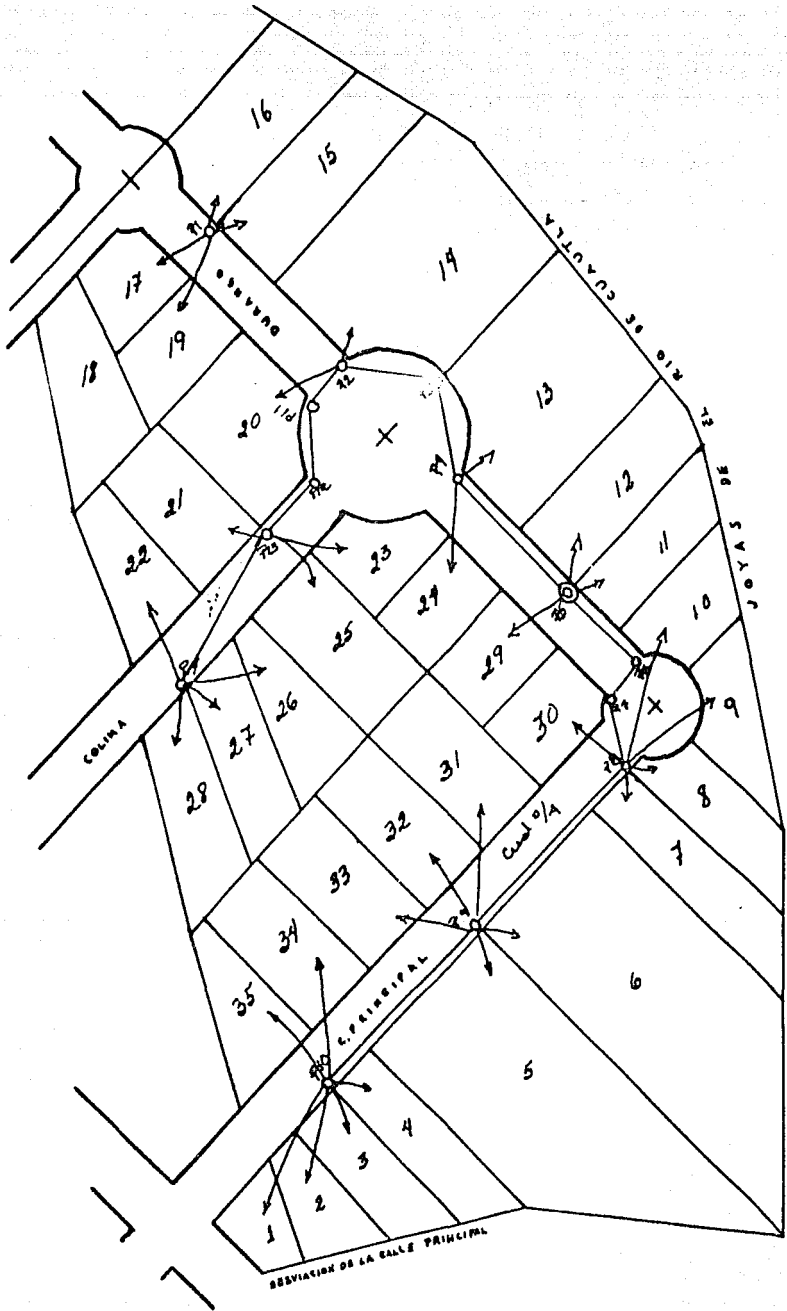


TABLA DE TIPO DE POSTE DEL FRACIONAMIENTO "JOYAS DE CUAUTLA"

POSTE	TIPO	LUMINARIA	LOTES ALUMBRADOS
1	CR12	X	15,16,17,19
2	CR12	X	14,20
3	CR12		
4	CR12	X	13,24
5	CR12E	X	11,12,29
6	CR9	X	9,10
7	CR9		
8	CR9	X	7,8,30
9	CR9	X	5,6,31,32,33
10	CR9	X	1,2,3,4,34,35
11	CR9		
12	CR9		
13	CR9	X	21,23,25
14	CR9	X	22,26,27,28

NOTA: Area residencial de baja densidad.- hasta 5 Mva/km<sup>2</sup>, comprende consumidores domesticos con 2.5 Kva de promedio por cada una.



# CALCULOS DEL FRACCIONAMIENTO JOYAS DE CUAUTLA

EL FRACCIONAMIENTO CUENTA CON 35 LOTES

PARA CALCULAR LA CARGA DE UNA CASA ES NECESARIO SABER APROXIMADAMENTE

LA DISTRIBUCION :

FOCOS CONTACTOS

SALA	1	1
COMEDOR	1	1
COCINA	1	2
TRES RECAMARAS	3	3
DOS BAÑOS	2	2
CUARTO DE SERVICIO	2	2
CUARTO DE LAVADO	1	1
ALBERCA		BOMBA 1/2 HP

FOCOS	75 Watts cada uno	11 =	825
CONTACTOS	120 Watts cada uno	12 =	1440
BOMBA		=	335
IMPREVISTOS		=	<u>1400</u>
TOTAL DE CARGA		=	<u>4000</u> Watts

CARGA MAXIMA POR LOTE ES DE 4KW POR LOTE YA QUE ES UN AREA

RESIDENCIAL DE BAJA DENSIDAD, LOS CONSUMIDORES SON DE TIPO DOMESTICO

(34 LOTES) X (4KW)=136KW

EL ALUMBRADO DE LAS CALLES SON 10 LAMPARAS 250Watts CADA UNA A.I.P.; LA EFICIENCIA DE LAS LAMPARA 95%

LA DISTRIBUCION DE LOS POSTES CUMPLE CON LA DISTANCIA PERMISIBLE QUE ES COMO MAXIMO DE 50 metros LINEALES TOME COMO MAXIMA 40 metros.

EN EL FRACIONAMIENTO NO EXISTEN BOMBAS DE AGUA PARA EL  
SUBMINISTO DE ESTE VITAL LIQUIDO YA QUE LA TUBERIA ESTA CONECTADA A  
LA RED DEL MUNICJPAL.

CON UN FACTOR DE CARGA PARA CASA HABITACION ES DE 0.6

LOTES (136KW) X (0.6) = 81.6 KW

ALUMBRADO (10 X (0.25/(0.95 X 0.9))) = 2.924KW

CARGA TOTAL 84.524KW

KVA =  $\frac{84.524}{0.85}$  = 99.44 Kva.

POR LO TANTO EL TRANSFORMADOR SERA DE 112.5 Kva;

13.8 -0.220/177KV.

LA REGULACION DE BAJA TENCION ESTA MARCADA EN EL POSTE 5

DISTANCIA 107 metros a 220 Volts

$I = \text{Potencia (KVA)} / 220 (1.7321)$

111AMP V=IR S=VI(1.7321)

R=Cud4-0.9625 ohms/Km

Long 120m

SI LO HACEMOS CON Cud 4

R=0.9625 ohms/Km

Vc = 0.120 X 0.9625 X 111AMP = 12.82V

%Reg V = ((12.82 X 100)/(220-12.82)) = 6%

SI LO HACEMOS CON Cud 0/4

R=0.3801 ohms/Km

Vc = 0.120 X 0.3801 X 111 = 5.0629

$$\% \text{Reg V} = ((5.06 \times 100) / (220 - 5.0629)) = 2.35\%$$

REGULACIÓN POR NORMA DEBE DE SER MENOR DEL 4% DE VOLTAJE

PARA LA ALTA TENSION = 60 k.p.s.

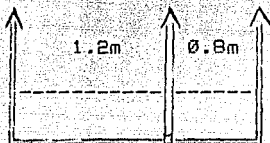
DISTANCIA 105 m

RESISTENCIA ALUMINIO 1/0 = 0.599 ohms/Km

DIAMETRO 9.36mm

por lo tanto R. alta tension =  $0.599 \times 0.150 = 0.09 \text{ ohms}$

$X_r = 0.00289 \text{ Log DMG/RMG}$



$$\text{RMG} = 0.726r$$

$$= 0.726(9.36/2) = 3.39 \text{ mm}$$

$$\text{DMG} = 0.80 \times 1.20 \times 2.00 = 1.24$$

$$X_L = 0.00289 \times 60 \text{ Log.} (1.24 / 3.39 \times 10)$$

$$X_L = 0.443$$

$$X_L \text{ total} = 0.443 \times 0.105 = 0.047$$

$$R_2 = 0.09 + j0.047 \text{ ohms}$$

$$/z/ = 0.1737 \text{ ohms}$$

$$I_{\text{total}} = 103.64 \text{ KVA} / 23 \sqrt{3} = 7.79 \text{ A}$$

$$\text{POR TANTO } V_{\text{CAT}} = 7.79 \times 0.1737 = 1.353 \text{ V}$$

$$\text{POR LO TANTO } \% \text{ Reg VAT} = 1.353 \times 100 / 23000 = 1.353 = 0.0058\%$$

## CONCLUSIONES

OBTUVIMOS UNA GANANCIA ECONOMICA AL ESTABLECER UNA DISTRIBUCION AEREA PUESTO QUE HACIENDO EL PARADO DE POSTES ES MAS BARATO QUE HACER LA ESCAVACION PARA METER LA TUBERIA, LOS CONDUCTORES ESPECIALES, ASI COMO LOS REGISTROS, ETC.

EL CABLE ES MAS ECONOMICO AEREO YA QUE EL SUBTERRANEO ESTA COMPUESTO POR DIFERENTES CAPAS DE MATERIALES:

- CONDUCTOR, SEMICONDUCTOR, MALLA CONDUCTORA
- AISLANTE, CAPA SEMICONDUCTORA AISLANTE
- ALIBIO MECANICO

ECOLOGICO. HACER UNA BUENA DISTRIBUCION DE LAS LINEAS VA A TENER MENOR CONSUMO DE CORRIENTE IMPLICANDO UNA MENOR GENERACION.

COSTO. SI FUE EFICIENTE EL SISTEMA YA QUE SE PUDD AHORRAR DINERO AL TENER UNA PERDIDA MINIMA DE ENERGIA, LA ADECUADA DISTRIBUCION DE LOS POSTES NOS IMPLICA DE IGUAL FORMA UN AHORRO, LO MISMO QUE LA SELECCION DEL MEJOR CABLE PARA PODER ELIMINAR PERDIDAS. EL EQUIPO JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE EN CUANTO A QUE AL ESCOGERLO CON UN ALTO GRADO DE EFICIENCIA ASI COMO RENTABILIDAD, GENERANDO ASI UN AHORRO ADICIONAL.

MANTENIMIENTO. EN UNA RED AEREA ES MAS SENCILLO QUE EN UNA RED SUBTERRANEA ESTO COMPENSA LOS COSTOS DE OPERACION DEL SISTEMA AEREO CONTRA EL SISTEMA SUBTERRANEO.

EN ESTA CIUDAD EL SISTEMA DE DISTRIBUCION ES RED AEREA, CON LO CUAL ESTAMOS CUMPLIENDO NOSOTROS CON LA NORMATIVIDAD DE LA CFE.

LA CARGA NO ES ALTA PARA QUE AMERITE INSTALACION SUBTERRANEA.

CUAUTLA NO TIENE PERSONAL QUE DE MANTENIMIENTO A UNA RED DE SUBMINISTRO SUBTERRANEO.

EL CABLE SUBTERRANEO, DISTRIBUCION EN ANILLO QUE ES EL INDICADO PARA ESTE TIPO DE INSTALACIONES, RESULTA SEGUN ESTUDIOS ANTERIORES CUATRO O CINCO VECES MAS COSTOSO QUE LA RED AEREA PROPUESTA, DADO EL TAMANO DE ESTE PROYECTO LOS COSTOS DEL SISTEMA SUBTERRANEO PODRIAN SER SUPERIORES A LOS VALORES ANTES ANOTADOS.

LA REGULACION DE VOLTAJE TANTO EN ALTA COMO EN BAJA TENSION TIENE VALORES DENTRO DE LAS NORMAS EXIGIDAS POR LA CFE.

EN TODAS LAS MEMORIAS DE CALCULO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION, YA SEA SISTEMA AEREO O SUBTERRANEO ES NECESARIO ANOTAR TANTO EN EL MATERIAL A USAR COMO EN EL TIPO DE MONTAJE UTILIZADO LA NORMA CORRESPONDIENTE QUE BIENE MARCADA EN EL MARGEN SUPERIOR DERECHO DE LA NORMAS DE MATERIALES O MONTAJES C.F.E. O L.Y.F. CORRESPONDIENTES

## BIBLIOGRAFIA

CATALOGO GENERAL  
HOLOPHANE  
MEXICO, 1991

CATALOGO GENERAL  
SIEMENS  
MEXICO, 1991

REDES ELECTRICAS TOMOS I Y II  
JACINTO VIQUEIRA LANDA  
ED. REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA  
MEXICO 1986

DISEÑO DE INSTALACIONES INDUSTRIALES  
EDITORIAL NORIEGA LIMUSA  
GILBERTO ENRIQUEZ HARPER  
MEXICO 1era EDICION 1987

NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

MANUAL CONDUCTORES ELECTRICOS  
CONDUMEX

MANUAL TECNICO DE CABLES DE ENERGIA  
ED. MC GRAW HILL  
MEXICO 1987

ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA  
WILLIAM D. STEVERSON  
ED. MC GRAW HILL  
MEXICO 1985

REDES ELECTRICAS  
BELEVITCH VITOLD  
ED. HOLDEN DAY

REDES ELECTRICAS  
ZOPPETT JUCHEZ GAUDENCIO  
ED. GILI  
MEXICO 1983

NORMA OFICIAL MEXICANA  
(NOM) NOM Z-13/1-1975  
(ASTM) ASTM B117-73

NORMAS DE MONTAJE LUZ Y FUERZA DE LINEAS AEREAS  
COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA

MANUAL DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
RESIDENCIALES E INDUSTRIALES  
ENRIQUEZ HARPER  
ED. LIMUSA  
MEXICO 1984

SISTEMA DE DISTRIBUCION AEREO Y SUBTERRANEO DE LA  
COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. DESCRIPCION Y  
APLICACION DE NORMAS.  
ING. DAVID LUCE VAZQUEZ