

20  
20/



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

METODO PRACTICO PARA PROYECTO  
Y CALCULO DE UN SISTEMA DE  
DISTRIBUCION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N

JOSE TRINIDAD CASAS CASTILLO  
MIGUEL ANGEL CONTRERAS GAMBOA  
ROLANDO ARTURO MONTUFAR AVILEZ  
MARIO ANTONIO SALCIDO GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS: ING. JUAN VICENTE LEDUC RUBIO  
MEXICO D. F. 1986





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:

### I INTRODUCCION

- 1.1. Historia.
- 1.2. Ley de Joule.
- 1.3. Sistemas de Distribución.
- 1.4. Desarrollo de la Industria Eléctrica en México.

### II SISTEMAS DE DISTRIBUCION

- 2.1. Definición.
- 2.2. Importancia de su Estudio.
- 2.3. Características Principales.
- 2.4. Componentes de un Sistema.
- 2.5. Sistemas Comunes en Mediana Tensión.
- 2.6. Sistema de Distribución Radial, Anillo.
- 2.7. Sistemas Comunes en Baja Tensión.

### III PROYECTO

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Gráficas de Demanda.
- 3.3. Regulación de Voltaje.
- 3.4. Tipo de Subestaciones.
- 3.5. Conductores.

### 3.6. Obra Civil.

## IV TABLAS DE LA CAPACIDAD Y NUMERO DE SUBESTACIONES

4.1. Demanda Total.

4.2. Tabla Normalizada de Transformadores.

4.3. Conceptos Básicos.

4.4. Factor de Coincidencia Normalizado.

4.5. Selección del Tipo de la Red de Distribución Primaria.

## V DESCRIPCION DE LAS CARGAS

5.1. Zonificación del Proyecto y Cálculos.

5.2. Carga del Alumbrado Público.

5.3. Subestaciones.

5.4. Centros de Carga.

## VI MATERIALES

6.1. Cables.

6.2. Conductores.

6.3. Aislamientos.

6.4. Cubiertas.

6.5. Postes.

6.6. Conclusiones.

## I INTRODUCCION

1.1. El descubrimiento del fenómeno de la inducción electro\_magnética por Michael Faraday, en 1831, dió lugar al invento del generador eléctrico, punto inicial de la electrotecnia cuyo desarrollo está intimamente ligado a los sistemas de distribución de energía eléctrica. Se considera que los sistemas de energía eléctrica se inician en 1882 con las instalaciones de Thomas Edison, en la ciudad de Nueva York.

En un principio el suministro de energía eléctrica se realizó mediante corriente continua a baja tensión, utilizando generadores o dínamos desarrollados por Gramme en 1870, y teniendo como carga lámparas incandescentes. Posteriormente se empezaron a utilizar motores de corriente continua por el año de 1884.

Estos sistemas de distribución empleaba dos hilos a potencial constante pero a medida que crecía la carga se tuvo necesidad de desarrollar el sistema de tres hilos, siendo limitada la distancia a que podía transmitirse la energía eléctrica con una regulación de voltaje aceptable.

Si la tensión de trasmisión aumenta  $n$  veces, el peso del conductor necesario para transmitir una potencia

dada constante ( $P = V \times I$ ), la corriente disminuye a

$$I_1 = \frac{I}{n};$$

- 1.2. Las pérdidas por efecto de Joule en los dos conductores se mantienen al mismo valor:

$$I^2 \times R = p \quad I^2 R = I_1^2 R_1 \quad R_1 = \frac{I^2}{I_1^2} \times R$$

$$I_1^2 \times R_1 = p \quad R_1 = \frac{I^2 R}{I_1^2} \quad R_1 = n^2 \times R$$

Por lo expuesto anteriormente, la resistencia de los conductores, cuando se emplea una tensión mayor, puede ser  $n^2$  veces mayor que la que se tiene por tensión  $V$ , para que se cumpla con la condición de que las pérdidas sean iguales; por lo tanto la sección, el volumen y el peso del conductor son  $1/n^2$  veces menores.

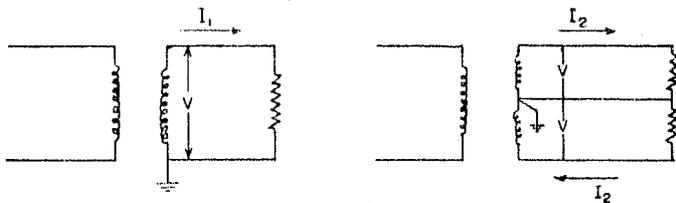
Del mismo modo si consideramos la caída de tensión:

$$\frac{RI}{V} = \frac{R_1 I_1}{V_1} = \frac{R_1 \frac{I}{n}}{nV} \quad R_1 = n^2 R$$

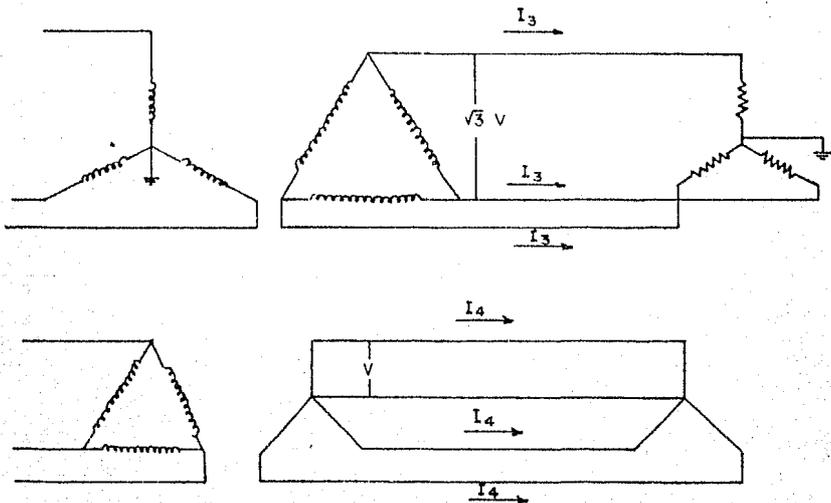
- 1.3. En 1883 Goulard y Gibbs inventaron el transformador obteniendo la elevación eficiente y económica de la tensión utilizando sistemas de corriente alterna, desplazando la generación y transmisión del sistema de corriente directa, permitiendo trasladar grandes cantidades de energía eléctrica a grandes distancias.

Estos primeros sistemas fueron monofásicos, pero en 1883 Tesla descubrió las corrientes polifásicas y en 1887 patentó en Estados Unidos un sistema de transmisión trifásico.

Este sistema se desarrolló rápidamente y es en la actualidad de empleo general, ya que resulta más económico que el monofásico.



SISTEMA MONOFASICO DE DOS Y TRES HILOS



SISTEMA TRIFASICO DE TRES Y CUATRO HILOS

Suponiendo que la carga conectada está equilibrada y que el factor de potencia en las cargas es el mismo en todos los casos, para una misma potencia transmitida e igual voltaje:

$P$  = Potencia real transmitida

$p$  = Pérdidas por efecto Joule

$V$  = Tensión a tierra

$I_1, I_2, I_3, I_4$  = Corrientes que circulan en los conductores.

Monofásicos a dos hilos:

$$P = V I_1 \cos\theta \quad ; \quad I_1 = \frac{P}{V \cos\theta}$$

$$p = 2 R_1 I_1^2 \quad ; \quad p = \frac{2 R_1 P^2}{V^2 \cos^2\theta}$$

Trifásico de tres hilos.

$$P = \sqrt{3} V I_3 \cos\theta \quad ; \quad I_3 = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\theta}$$

$$p = 3 R_3 I_3^2 \quad ; \quad p = \frac{3 P^2 R_3}{3 V^2 \cos^2\theta}$$

Igualando las pérdidas por efecto Joule:

$$\frac{2 R_1 P^2}{V^2 \cos^2\theta} = \frac{3 R_3 P^2}{3 V^2 \cos^2\theta} \quad \frac{R_1}{R_3} = \frac{1}{2}$$

Para la misma longitud y la misma resistibilidad, el área de la sección recta de los conductores es inversamente proporcional a la resistencia

de donde:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{A_3}{A_1} = \frac{1}{2}$$

Como el área y el peso del conductor son directamente proporcionales:

$$\frac{C_3}{C_1} = \frac{A_3}{A_1} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\text{Cobre sistema trifásico 3 hilos}}{\text{Cobre sistema monofásico 2 hilos}} = \frac{1 \times 3}{2 \times 2} = \frac{3}{4}$$

Podemos deducir que en un sistema trifásico 3 hilos la cantidad de cobre es un tercio menor que en un sistema monofásico 2 hilos.

1.4. En nuestro país el desagüe de minas por medio de bombas de vapor fué empleado hasta los años de 1890.

En 1895, ya se había comprobado la superioridad de una nueva ciencia: el aprovechamiento de la energía eléctrica. En este año una gran inundación inutilizó los tiros de San Rafael y anexas, los que permanecieron sumergidos por mas de dos años hasta que en junio de 1897 comenzó el bombeo eléctrico y ya para fines del siguiente año, 1898, se habían reintegrado totalmente a la producción.

Anteriormente, allá por el año de 1889, en las minas de Batopilas se instalaron dos turbinas hidroeléctricas.

En 1892, en la mina de Santa Ana, San Luis Potosí, se aplicaba la electricidad generada por vapor para las obras de desagüe.

Podemos afirmar, que la industria minera fué la pionera de la industria eléctrica en México.

Junto con la industria minera, la industria textil abre el camino de la electrificación mexicana.

La primera planta generadora que dió servicio a una fábrica de hilados fue construida por Hyser y Portillo de Guanajuato. Ya hacia 1900 la electricidad se empleaba en la industria textil de Durango, Puebla, Guanajuato, Aguascalientes, Veracruz, México y Coahuila,

empleándose únicamente para el alumbrado, haciendo notar que la economía obtenida era de cerca del 100% sobre la iluminación por velas o candiles.

Entre las fábricas textiles que se apresuraron a adoptar la energía eléctrica se pueden mencionar a las de San Idelfonso, la cía. Industrial de Orizaba, la de San Antonio Abad, etc.

Siguiendo el ejemplo de la minería y de la industria textil, la energía eléctrica se aprovecha en otras actividades: la fábrica San Rafael de papel adquiere generadores eléctricos en 1892. Santa Gertrudis, la primera fábrica de yute que se instaló en México, es también la primera fábrica de yute que se electrifica en el mundo.

En 1899 la fábrica de sombreros de Carcano, en la ciudad de Puebla, trabaja con un generador de 40 H.P.; y por esas fechas se adapta también la electricidad a los molinos de harina en México y Toluca.

Las ventajas del empleo de la energía eléctrica son apreciadas por las grandes industrias de la época y en el año 1900 existían mas de 15 plantas hidráulicas que generan mas de 8 000 H.P.

Las empresas propietarias de plantas eléctricas, observaron que el excedente de la energía que se pro\_

ducía era un lucro adicional, por lo que este exceden\_ te fué prontamente vendido a negociaciones incapaces financieramente de tener sus propios equipos de genera\_ ción, o bien para servicios municipales de alumbrado, o para la iluminación de residencias particulares.

Don Carlos Pacheco, ministro de Porfirio Díaz, obtiene la primacía como usuario de la energía eléctrica para servicio particular en la ciudad de México.

En marzo de 1882, 70 lámparas de 16 bujías, alumbraron su residencia ubicada en el número 5 de la calle de Humboldt.

El ejemplo fue prontamente seguido, y para fines de siglo, en 1899 funcionaban en la república 177 plantas de las cuales tres eran hidroeléctricas y 174 de vapor. Estas plantas servían a 1 433 lámparas de arco y 140.322 incandescentes.

Así mismo la cía. Mining & Milling de Guanajuato desti\_ naba parte de su generación a la ciudad; la cía. indus\_ trial de Atlixco, colocaba su excedente de producción de energía en el mercado comercial y doméstico de Puebla; la cía. industrial de Guadalajara, reservaba bastante corriente para residencias de los tapatíos; la ciudad de Tepic compraba su corriente eléctrica a la fábrica de tejidos de Bellavista, etc.

Es en 1881, cuando la generación de energía eléctrica apunta como servicio público municipal. En ese año, el ayuntamiento de la ciudad de México contrata con la firma Siemens y Halske la instalación y servicio de 40 lámparas a lo largo de una de las principales avenidas. En 1890 la electricidad había ya remplazado al gas en el alumbrado público.

Junto con la iluminación, la energía eléctrica pasa a contribuir a una nueva concepción urbanística y de servicios municipales al utilizarse en otros trabajos como el bombeo de agua potable, etc.

Paralela a la transformación de los servicios municipales de la ciudad de México, existe y se sigue la misma tendencia en otras entidades y pronto aparecen servidas por la energía eléctrica las ciudades de Guadalajara, Veracruz, Mérida, Zacatecas, Oaxaca, Morelia, Saltillo y Toluca.

Al nacer el año de 1900, 75 poblaciones del país contaban con alumbrado público eléctrico.

## II SISTEMAS DE DISTRIBUCION.

- 2.1. Un sistema de distribución eléctrico es el conjunto de elementos encargados de suministrar energía desde una subestación de potencia hasta el usuario.
- 2.2. Los sistemas de distribución son muy importantes debido a que es necesario conocer el ordenamiento del cableado en un complejo, de ahí que se conocen varios arreglos tales como anillo, malla, etc.; uno de ellos es bastante económico, pero reduce su confiabilidad en cuanto a un servicio continuo, al contrario de otro que es más confiable pero mucho mayor será su costo.
- El conocimiento de estos sistemas nos lleva al perfeccionamiento y acondicionamiento de sistemas actuales, esto proporciona un buen manejo y por ende un mejor servicio tomando en cuenta las limitaciones de los sistemas que hay en existencia, de este modo tiene un mejor funcionamiento y un ahorro considerable.
- A medida que el progreso de México nos imponga cada vez mas el empleo de aparatos eléctricos, dando como resultado que el índice de Kw instalados y el Kwh consumidos por habitante vaya en aumento.
- Esta demanda de los servicios eléctricos, se va incre\_

mentando debido al desarrollo incesante que está viviendo de nuestro país, tanto en el aspecto industrial como en el habitacional, por lo tanto, tomando en consideración este crecimiento actual, existe una imperiosa necesidad de proporcionar la energía eléctrica en sistema de distribución, es decir, los cables enterrados físicamente en la tierra, Unidos entre si por medio de registros se forma, como en tipo aérea, diferentes formas de distribución, por supuesto en zonas en donde los medios lo convengan; eliminando así lo antiestético y peligroso de la línea aérea, y de esta forma asegurar una mejor continuidad en el servicio.

Durante los años de los sesenta la Compañía de Luz y la C.F.E. iniciaron las instalaciones en redes de distribución eléctrica subterráneas sobre todo en zonas residenciales, pero no fue sino hasta el año de 1969 cuando se despertó un gran interés de los fraccionadores por las instalaciones de este tipo. Debido a esto se llevaron a cabo una serie de pláticas y convenios que mas tarde se normalizaron con las compañías suministradoras de energía eléctrica y fabricantes de equipo para impulsar el desarrollo en este ámbito.

2.3. A continuación analizaremos las ventajas que trae consigo la distribución eléctrica subterránea.

Seguridad: En los sistemas de distribución subterránea no es posible el riesgo de accidentes tan comunes como en las líneas aéreas, ya que no hay acceso directo con las personas y las líneas de conducción.

Estética: El aspecto de las avenidas y de las calles es mejorado sin tener la presencia de los postes, de cables colgados, así como las retenidas, herrajes y transformadores.

Durabilidad: Dado los excelentes materiales que existen actualmente y que son empleados en la construcción de los conductores para las instalaciones, pues no están expuestos directamente a los cambios de temperatura y elementos atmosféricos y otros factores deteriorantes, por lo cual se cuenta con un amplio margen de vida útil.

Continuidad del Servicio: Todos los factores que afectan a las líneas aéreas por parte de la naturaleza incrementan el porcentaje de fallas, éstas no afectan de ninguna manera a una instalación subterránea ya que no están expuestas a estos tipos de agentes atmosféricos.

Costos de Instalación y Mantenimiento: Actualmente el costo de una instalación es mucho mayor en un sistema subterráneo que en forma aérea, sin embargo, en lo que se refiere a costos de mantenimiento los costos son mucho mayores en una instalación aérea que en una subterránea.

La línea aérea está sujeta a deterioros y daños por agentes físicos e incluso químicos, mientras que la instalación subterránea está casi (\*) libre de este tipo de elementos que hacen necesario un mantenimiento constante en una instalación.

(\*) No se desconoce el problema de la corrosión a que están sujetos los sistemas subterráneos; pero las técnicas y metas que se están estudiando día a día en éste campo, nos ha llevado al perfeccionamiento de los materiales utilizados para las redes subterráneas, así, de ésta manera, se ha logrado ya eliminar en una gran medida este problema.

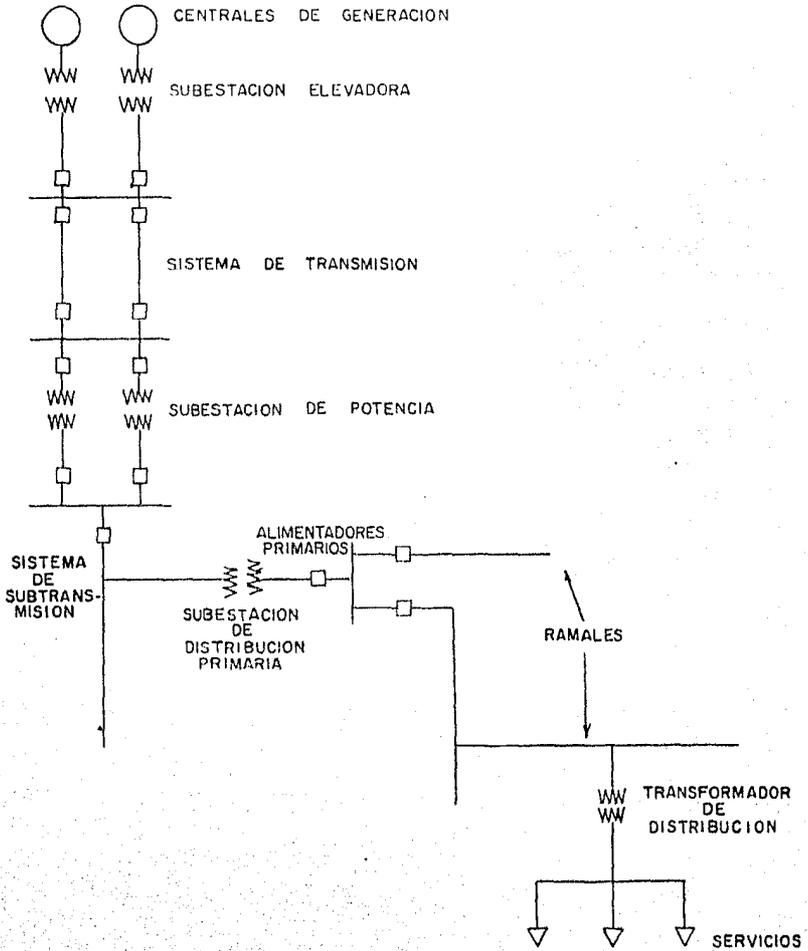
Cuando se estudia algún proyecto para una instalación subterránea, donde gran superficie de calles y carreteras serán afectadas, es necesario tener una visión de planeación al futuro, dando un rango considerable para aplicaciones improvisadas, de esta manera dejaremos por lo menos realizada la obra civil, que incluye pozos y

registros, con esto se evitará hacer nuevas instalaciones en banquetas ya terminadas con la consiguiente reducción de molestias al público debidas al bloqueo de tránsito y a la falta de acceso a las propiedades y negocios de alguna zona.

Existe la tendencia actual a desarrollar los sistemas subterráneos debido a las ventajas antes mencionadas y el costo total de la obra eléctrica se reparte en el terreno de venta, resultando un pequeño aumento en el costo por metro cuadrado, el cual no resulta gravoso y sin embargo los beneficios obtenidos son considerables. Los planes de las compañías suministradoras de energía se encuentran en impulsar el desarrollo de redes de distribución subterráneas en áreas urbanas y suburbanas. Observando la discrepancia actual normal, existe la necesidad de uniformizar los criterios para el cálculo de un sistema de distribución, de acuerdo a las normas de la C.F.E. y de la C.L. y F., considerando criterios del reglamento de obras e instalaciones eléctricas a nivel del país, haciendo la aplicación de sistemas radiales y anillos sus ventajas y desventajas.

2.4.

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION



### Subestaciones de Potencia.

Son aquellas que reciben la energía del sistema de transmisión y la transforma para alimentar al sistema de subtransmisión.

En el D.F. existen 59 subestaciones de potencia con un promedio de 8 alimentadores por subestación.

### Subestaciones de Distribución Primaria.

Son aquellas que reciben la energía del sistema de subtransmisión y baja el voltaje a la tensión de utilización en los alimentadores primarios.

### Transformadores de Distribución.

Por medio de estos transformadores se reduce nuevamente la tensión proveniente de los alimentadores primarios a la tensión de utilización de los usuarios.

### Conexión de Subestaciones.

Los alimentadores primarios o de mediana tensión son los encargados de distribuir la energía eléctrica de la subestación de distribución a los transformadores de distribución, adquiriendo configuraciones que permiten hacer movimientos de carga con relativa facilidad, ampliaciones en la red con un mínimo de modificaciones, asegurar al máximo la continuidad y operar de manera mas eficiente posible.

La tensión de operación de estos alimentadores más

comunes son: 2 400, 3 000, 4 160, 4 300, 5 600, 7 200, 12 470, 13 200, 13 800, 22 900, y 24 940 Volts.

En la República Mexicana las tensiones mas comunes son: 6 600, 13 200 y 22 900 Volts., refiriéndose a esta última por comodidad como 23 KV. En la actualidad estan en operación únicamente 6 600 y 23 000 Volts. en distribución primaria.

## 2.5. Tipo de Red Subterranea en Mediana Tensión.

Con objeto de dar una idea general acerca de los diferentes tipos de sistemas de redes subterranas que se emplean en la distribución de energía eléctrica en mediana tensión, se hará una breve exposición de ellas en lo referente a su diseño y funcionamiento.

Las redes subterranas de distribución de energía eléctrica primaria, se pueden clasificar de acuerdo como se encuentran conectadas las subestaciones de distribución en dicha red, siendo principalmente las siguientes:

### A. Redes de alimentación simple.

Estos sistemas también se emplean en sistemas aéreos y pueden dividirse en dos grupos:

I. Redes radiales. Las cuales tienen conectadas las subestaciones de distribución en derivación y pueden ser del tipo radiante como se muestra en la figura No. 4a o del tipo ramificada, tal como se muestra en la figura No. 4b.

Como se podrá apreciar en las dos figuras el diseño de estas redes es muy simple, pero con el gran inconveniente que al salirse de servicio un alimentador, ya sea por algún trabajo o falla, deja fuera de servicio totalmente las subestaciones de distribución conectadas a el.

REDES DE ALIMENTACION RADIALES

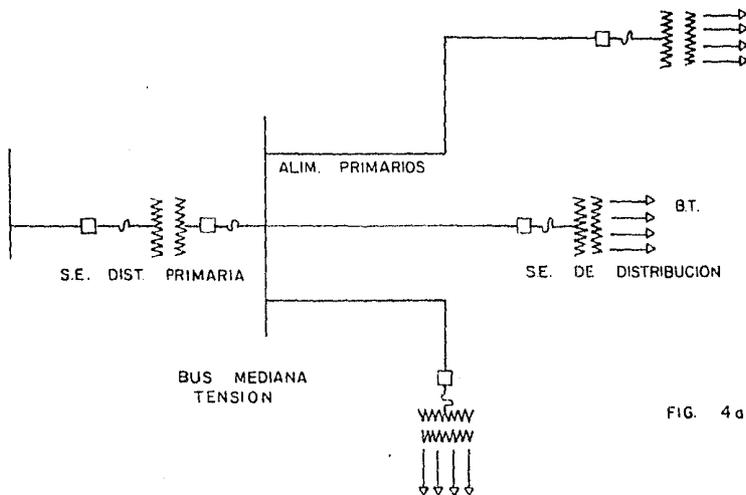


FIG. 4a

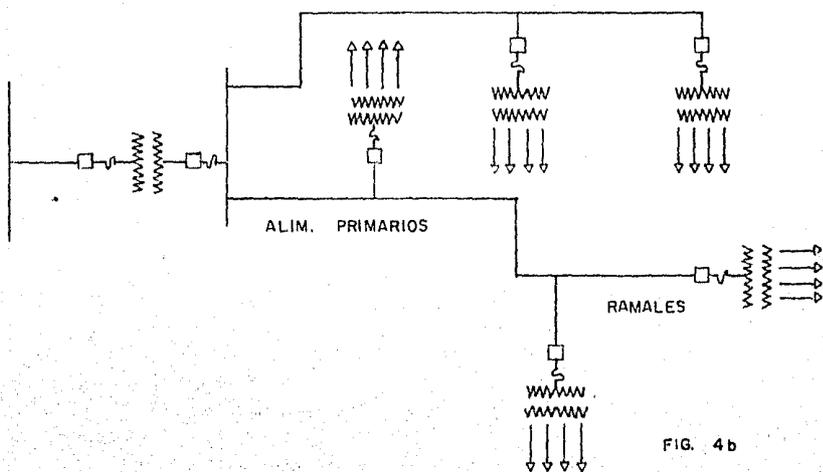


FIG. 4b

11. Redes con seccionamiento. En este tipo de redes las distribuciones se encuentran conectadas en seccionamiento, es decir, el alimentador pasa dentro de cada transformador o subestación y dispositivos de seccionamiento que se encuentran instalados a la entrada y salida de los mismos.

El cable alimentador puede estar conectado por uno u otro lado de los extremos de la subestación de distribución primaria, formando un anillo tal como lo muestra la figura No. 5a, o puede estar conectado en dos subestaciones diferentes, figura No. 5b.

En estos sistemas, por ser más funcionales que los anteriores, desde luego se eleva su costo ya que el equipo que integra la red de distribución es más complicado. Además la sección del alimentador (línea troncal) deberá ser constante y sobrada para permitir la alimentación por cualquier extremo y el número de secciones AT/BT que alimenta la troncal: por esta razón si los dos extremos del alimentador acometen a la misma subestación o subestaciones diferentes, siendo en el último caso de los antes mencionados, más costoso ya que aumentaría la potencia instalada de los transformadores de la subestación de distribución, Ver figura No. 5b.

REDES EN SECCIONAMIENTO

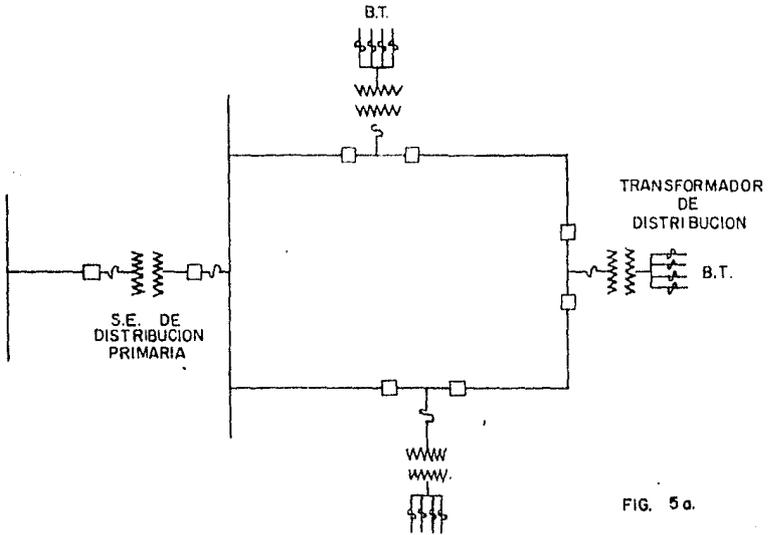


FIG. 5 a.

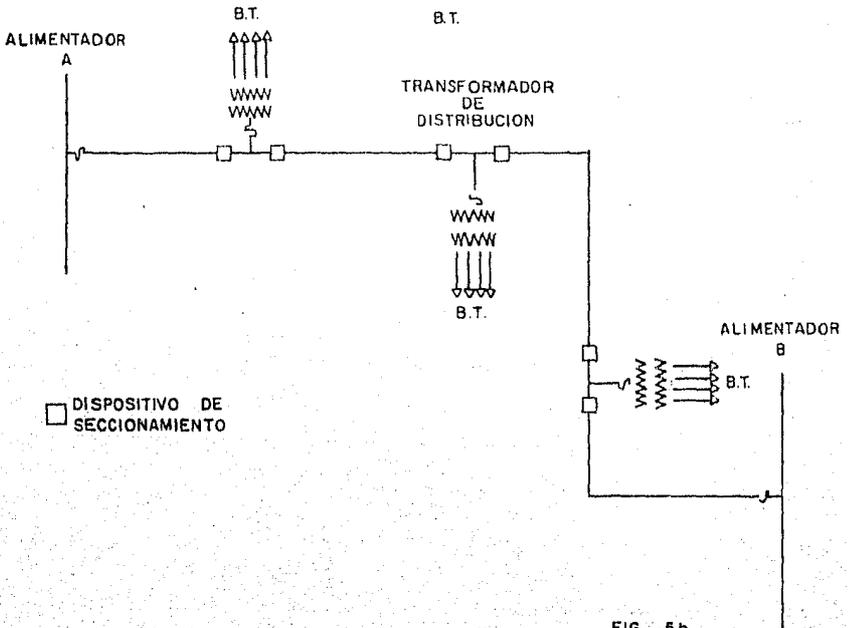


FIG. 5 b

B. Redes de alimentación a doble derivación. Este tipo de redes están compuestas de dos cables colocados sobre la misma ruta, las subestaciones de distribución están conectadas a través de las derivaciones que parten de cada uno de los cables; normalmente una derivación es la que está llevando la carga.

En este tipo de sistema los dos cables alimentadores parten de la misma subestación (distribución primaria) y se emplea para dar servicio a grandes concentraciones de carga como la figura No. 6a. Sin embargo, si se desea tener una gran seguridad en la continuidad del servicio, será entonces necesario que los dos cables alimentadores partan de subestaciones reductoras diferentes o fuentes diferentes, tal como se muestra en la figura No. 6b. Cuando uno de los alimentadores, 6a ó 6b, queda fuera de servicio en cualquiera de los dos casos anteriores, todas las subestaciones de distribución se transfieren sobre el otro cable alimentador que aún se encuentra energizado. Esta transferencia podrá ser manual o automática, según lo requiera el caso.

Para el segundo caso, será necesario utilizar dispositivos de bloqueo para evitar que puedan quedar en paralelo los dos alimentadores dentro de las subestaciones de distribución, ya que las fuentes que los alimenta

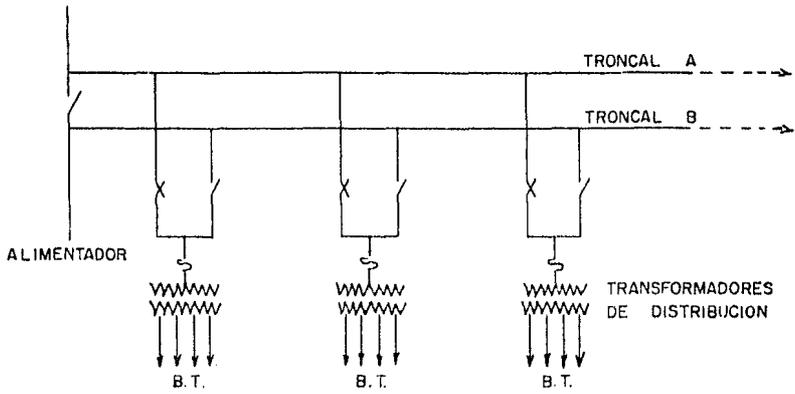


FIG. 6a.

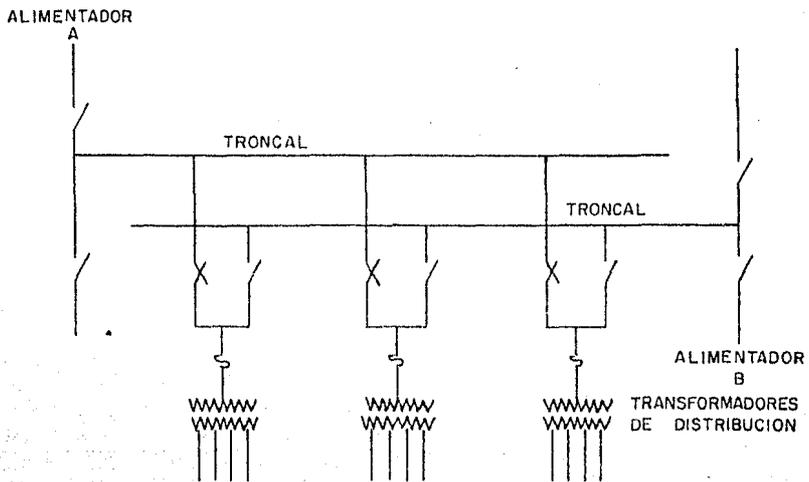


FIG. 6b.

REDES DE ALIMENTACION A DOBLE DERIVACION

pueden presentar diferencia de regulación, arreglo de fase, etc.

En este último tipo de diseño es necesario instalar dos veces la potencia de transporte en el cable, en las subestaciones y, teóricamente, en todos los dispositivos necesarios.

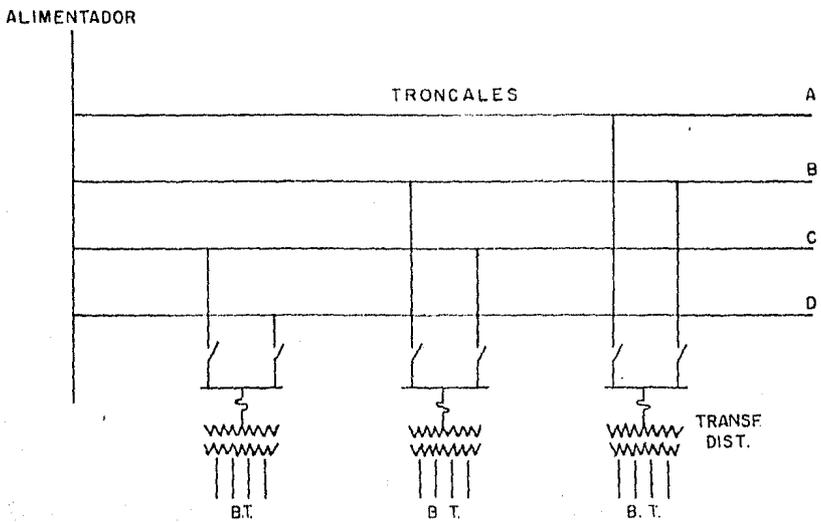
C. Redes imbricadas. En este tipo de sistemas, las subestaciones están unidas como en el caso anterior en doble derivación, pero la selección de los cables alimentadores sobre los cuales se van tomando las derivaciones, se van alternando paulatinamente.

La figura No. 7 da una idea de lo que sería una red imbricada con cables alimentadores que se supone son: A, B, C, D.

En esta figura las subestaciones de distribución están unidas entre A-B, B-C, C-D, A-C, A-D, B-D de tal forma que si se queda fuera de servicio el alimentador A, la carga conectada sobre éste se transfiere sobre el resto de los cables alimentadores y no únicamente sobre uno solo, como ocurriría en el caso anterior; estando las cargas bien equilibradas bastará con aumentar un tercio la capacidad de cada cable.

Aunque aparentemente este sistema presenta ventajas en el aspecto económico, no lo es así en cuanto a su insta

lación, ya que la repartición de las cargas presenta muchas dificultades y conduce a alargar enormemente el trayecto de las calles. Además es indispensable supervisar continuamente el equilibrio de las cargas.



## 2.6. Sistema de Distribución Radial.

Los sistemas de distribución radiales aéreos se usan generalmente en las zonas urbanas y en las zonas rurales. Los alimentadores primarios que parten de la subestación de distribución, están constituidos por líneas aéreas sobre postes y alimentan los transformadores de distribución, que están también montados sobre postes. En regiones rurales, en las que la densidad de carga es baja, se utiliza el sistema radial puro. En regiones suburbanas, con mayor densidad de carga, los alimentadores primarios tienen punto de interconexión, los cuales están abiertos en servicio normal, y en condiciones de emergencia permiten pasar parte de la carga de un alimentador a otro. Para la alimentación primaria radial se utilizan dos sistemas: trifásico de tres hilos y trifásico de cuatro hilos.

Los sistemas de distribución radial subterráneos se usan en zonas urbanas de densidad de carga media y alta. Los sistemas de distribución subterráneos están menos expuestos a fallas que los aéreos, pero cuando se produce una falla, es más difícil de localizar y su reparación se lleva más tiempo, no así en los sistemas de distribución aéreas ya que la falla se puede localizar a simple vista, por ejemplo, una línea caída, un trans

formador quemado, etc. y su reparación se efectúa en menor tiempo. Por esta razón se instalan seccionadores para permitir conectar los circuitos secundarios, evitándose así interrupciones prolongadas y proporcionando flexibilidad a la operación del sistema. Otra ventaja de los seccionadores es que en caso de falla o desconexión de un transformador, se pueden conectar sus circuitos secundarios a un transformador contiguo, como se puede apreciar en la figura No. 1.

Por definición en un sistema radial el flujo de energía tiene una sola trayectoria de la fuente de la carga. Las redes subterráneas de operación radial debido a su bajo costo y simplicidad, siempre seguirán usándose, pero tratando también de mejorar sus características de operación para hacerlas más confiables.

Sistema de distribución en anillo. La aplicación de esta estructura es recomendable en zonas con densidades de carga media, particularmente para conjuntos habitacionales en zonas urbanas.

Generalmente los alimentadores primarios consisten en cables subterráneos en disposición de anillo que funciona normalmente abierto, conectados a un alimentador aéreo próximo. En la figura No. 2 se muestra un diagrama unifilar de una instalación de este tipo.

Por lo general cada centro de carga está constituido por transformadores instalados en casetas o en gabinetes de tipo intemperies donde se tienen dispositivos desconectores a cada lado del transformador.

Al principio de las troncales hay interruptores que protegen todo el alimentador los cuales operan en caso de falla. La falla es aislada abriendo los dispositivos desconectores a cada lado de la misma y una vez efectuado esto en el alimentador puede ser normalizado. En caso de una falla en el troncal, el total de la carga puede ser llevado a otro alimentador cerrando el anillo y abriendo el desconector instalado al final del troncal dañado.

## 2.7. Tipo de Red Subterránea en Baja Tensión.

A continuación se hará una breve exposición acerca de los sistemas empleados en las redes secundarias en baja tensión.

Las redes secundarias se pueden clasificar en varios tipos, de los cuales analizaremos los tres principales. En las redes de baja tensión todos los usuarios están conectados en derivación simple de los cables de distribución. A continuación explicaremos los principales tipos de redes en baja tensión.

I. Radial pura. Esta se obtiene cuando varias salidas radiales parten de una subestación de distribución y van a alimentar la zona a servir.

Como se podrá apreciar en la figura No. 1, no existe conexión entre los extremos de las ramificaciones con otras subestaciones de distribución.

Este tipo de instalación por ser la más simple y económica, es la más utilizada en la mayoría de redes de distribución en baja tensión, no obstante presenta la desventaja que al quedar fuera de servicio la subestación de distribución, lógicamente todos sus ramales quedan fuera también y no hay forma de hacer alimentados provisionales.

Aquí los cables que parten de la subestación se encuen\_\_

tran protegidos por medio de fusibles.

II. Radial interconectable. En este tipo de sistemas varias salidas radiales parten de la subestación de distribución y por medio de ramificaciones sucesivas van a alimentar la zona de demanda; ver figura No. 2, en servicio normal no hay conexiones entre las mismas salidas que parten de la subestación.

Cuando se requiere por causas de trabajo o debido a fallas alimentar una de las salidas ya sea total o parcialmente, desde otras salidas de la misma subestación o de subestaciones circunvecinas, se prevee entonces ciertos puntos de seccionamiento a través de cajas de distribución, juegos de barras (Buses), etc., además en los límites o extremos entre salidas, se prevee de posibilidades de alimentación (cajas de seccionamiento sobre banquetas).

Por medio de fusibles de la subestación se protegen los alimentadores de baja tensión.

Resumiendo, se puede decir que en servicio normal cada subestación posee su propia sección de baja tensión.

III. Red automática. En este sistema, la red propiamente dicha se forma por medio de todos los alimentadores en baja tensión, que parten de la subestación de distribución, así como sus ramificaciones, que se unen

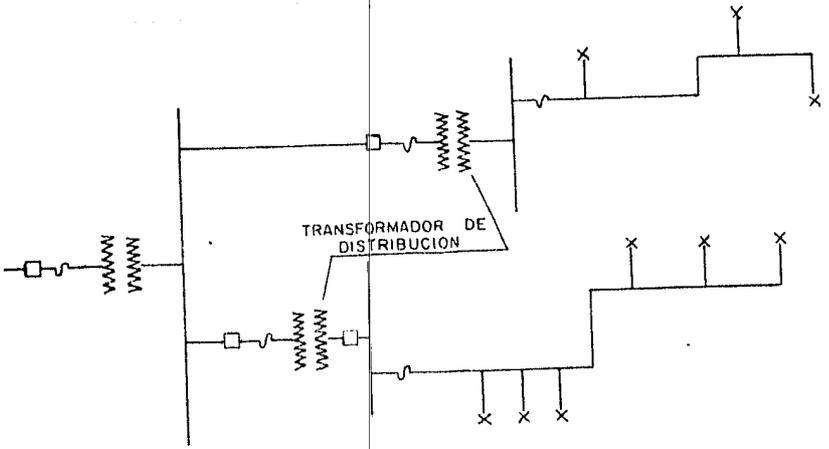


FIG. No. 1 SISTEMA RADIAL

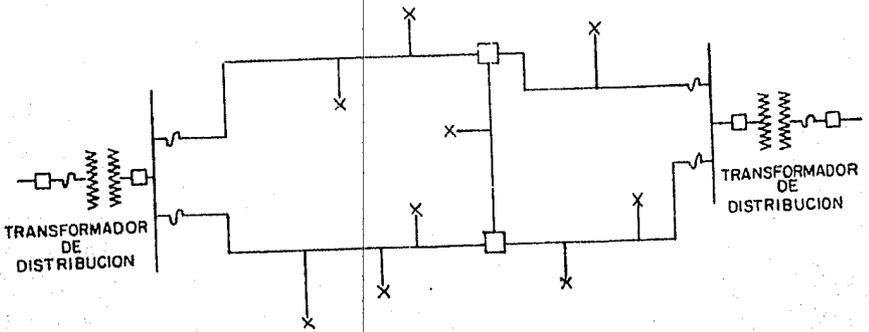


FIG. No. 2 RADIAL INTERCONECTABLE

solidamente de tal manera que de la impresión de formar una verdadera red.

Así, de esta manera, la red queda alimentada a través de un gran número de transformadores, que a su vez son alimentados por medio de alimentadores en mediana tensión independientes.

Si por cualquier causa, uno o varios transformadores quedan fuera de servicio, la red de baja tensión sigue en servicio, debido a que se las provee con suficiente capacidad a las subestaciones para poder abastecer la carga máxima que puede haber en el caso más desfavorable.

Cuando llega a presentarse el caso de mas de una falla de baja tensión, sucede que la enorme capacidad combinada de todas las subestaciones que alimentan la red, produce una corriente de falla que alcanza tal intensidad en el lugar de la falla que irremediamente troza el cable, quemándolo lo suficiente para dejar aislado dicho suceso.

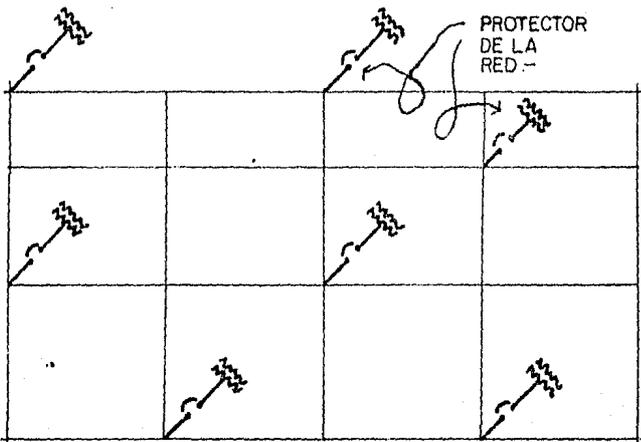
A este fenómeno se le denomina como alimentación de falla por autoextinción.

Si este caso se llega a presentar en la rama de alimentación de algún usuario, se interrumpe la corriente de inmediato y este sería el peor caso que se presentará

ya que el resto de los usuarios contaría con el servicio normal.

Si el cable se llega a trozar entre dos usuarios, no existiría interrupción alguna y el mal se tendría que localizar mediante pruebas que se ejecutan de mantenimiento periódico; veamos un ejemplo con esta figura No. 3.

### Redes automáticas.-



### III PROYECTO.

3.1. Para resolver cualquier sistema eléctrico es necesario efectuar un análisis de las cargas involucradas, es decir, obtener la Carga Instalada. Esto se logra sumando las potencias nominales de los equipos o aparatos eléctricos conectados al sistema; expresándose la carga en Watts por la carga que consume, se expresa también en Amperes o múltiplos de Amperes por la corriente requerida por la carga, considerando un  $\text{fp} = 0.85$  de acuerdo a normas. Nuestro monto a considerar variará de acuerdo al tipo de carga y su categoría como: carga residencial, alumbrado público, carga comercial, zonas de hospitales, escuelas, parques y factorías.

Al iniciar el estudio es indispensable analizar el tipo de carga que se desea alimentar ya que la demanda no puede ser la misma para todos los casos, por lo que al proyectar un sistema de distribución de energía eléctrica resulta laborioso determinar la carga instalada que habrá de conectarse al sistema, ya que se desconoce el número, potencia y característica de los equipos y aparatos eléctricos con que contará nuestro sistema. Por esta razón se hace necesario basarse en los estudios realizados por la Compañía de Luz y Fuerza y de la Comisión Federal de Electricidad, quienes han determinado

en base a su experiencia, las cargas que intervienen directamente en la conexión de los sistemas.

Siguiendo este razonamiento, nos remontamos a efectuar gráficas estimativas de carga con respecto al tiempo.

De esta forma nuestro proyecto lo dividiremos en siete zonas, tomando en cuenta los recursos sociales, económicos, políticos y necesidades imperiosas. Ver gráficas de demandas máximas coincidente (3.2.).

Las compañías eléctricas, generalmente, entregan la energía al cliente consumidor en la forma que ésta es más económica para transmitirse. Muy a menudo la tensión de la transmisión es más elevada de la que el cliente puede usar. Una ventaja de la alta tensión de transmisión es que ocasiona pérdidas de transmisión mínimas. Además, la tensión de transmisión alta presenta otra ventaja para las compañías de luz así como para el cliente: reduce la variación de tensión en el punto de utilización (la diferencia entre la tensión cuando no hay carga y la tensión cuando hay carga plena en el sistema).

Cuando se conectan las cargas al sistema, la tensión del mismo cae. El bajo voltaje ocasiona que los motores se sobrecalienten y, por esa razón, fallen prematuramente. También es causa de que los equipos electróni\_

cos funcionen erráticamente y, asimismo, da lugar a una baja eficiencia de alumbrado.

Por otro lado, cuando se desconectan las cargas del sistema la tensión sube. El sobrevoltaje causará mayores exigencias en el mantenimiento del equipo electrónico, así como la reducción de vida útil de lámparas. Al conectar y desconectar las cargas del sistema, habrá variación en el voltaje. Estas variaciones causan cambios molestos en el nivel de alumbrado, aumenta el porcentaje de rechazo en las etapas de producción, así como otros efectos indeseables en el control de procesos. Por consiguiente, una de las características principales que la energía eléctrica debe tener para que sea aprovechable, es que sea administrada con la estabilidad adecuada de su tensión, no olvidar que el control de calidad de un buen sistema de distribución en la regulación de voltaje, según normas y reglamentos de la Industria Eléctrica de la RM, no deberá ser mayor del 3% en AT y en BT. Ver inciso 3.3.

EL PROYECTO; CONJUNTO URBANO  
400 x 400 = 160 000 m<sup>2</sup>

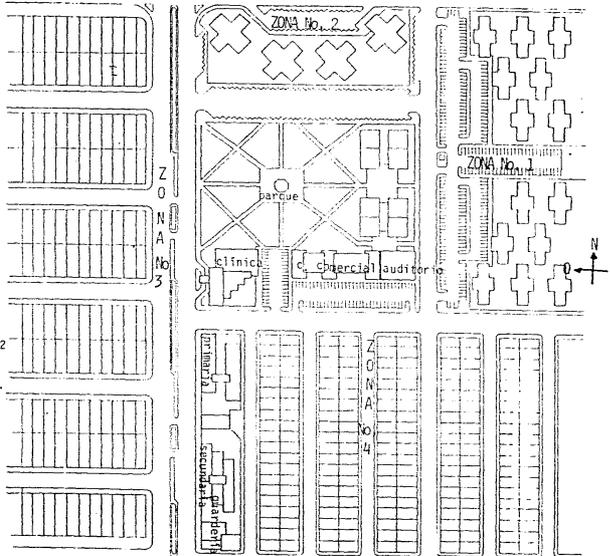
**ZONA No. 1** Edificios de departamentos de 80 m<sup>2</sup> c/dptos. 14 edificios de 3 plantas y 4 dptos/planta total de dptos. 4d x 3p x 14e = 168

**ZONA No. 2** Edificios de departamentos de 120 m<sup>2</sup> c/dptos. 4 edificios de 4 plantas c/u y 4 dptos/planta. total de dptos. 4d x 4p x 4e = 64

**ZONA No. 3** Terrenos de categoría media, lotes de 8 x 25 m; área = 200 m<sup>2</sup>, total de lotes 132.

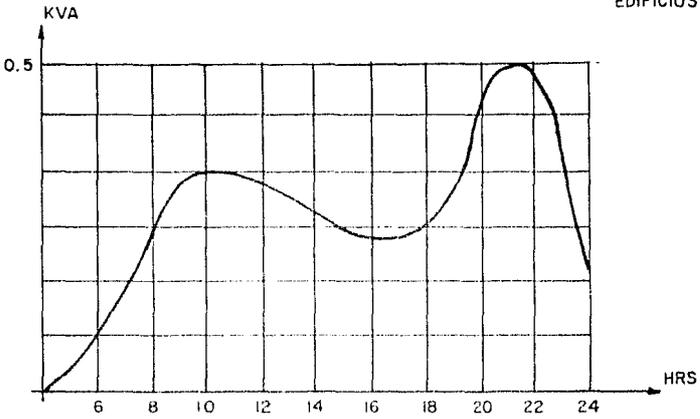
**ZONA No. 4** Terrenos de categoría popular, lotes de 7 x 14 m; área = 98 m<sup>2</sup>, total de lotes 220.

- \* Parque de área 13 500 m<sup>2</sup> incluye 4 canchas de basquetball y kiosko.
  - \* Auditorio-área 25 x 20 m = 500 m<sup>2</sup> por dos pisos total = 1000 m<sup>2</sup>
  - \* Centro comercial-60 x 20 m = 1200 m<sup>2</sup> por dos pisos total = 2400 m<sup>2</sup>
- El auditorio y el centro comercial cuentan con una subestación de 500KVA.
- \* Clínica SS-área aprox. 1 900 m<sup>2</sup> (cuenta con subestación de 300 KVA).
  - \* Guardería y Kinder-área 600 m<sup>2</sup>
  - \* Primaria- área aprox. 2 000 m<sup>2</sup>
  - \* Secundaria-área aprox. 3 000 m<sup>2</sup>



3.2.

ZONA No. 1  
EDIFICIOS



ZONA No. 2

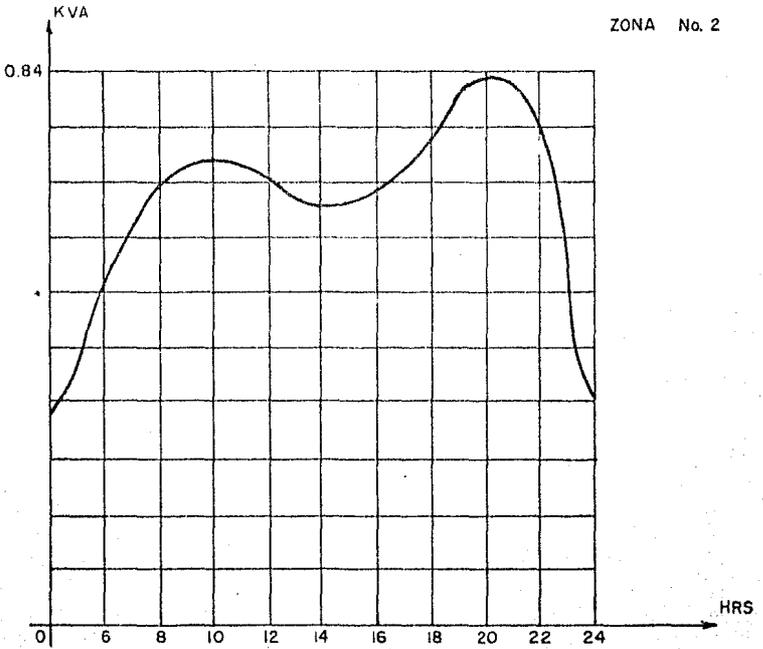


FIG. 3.2

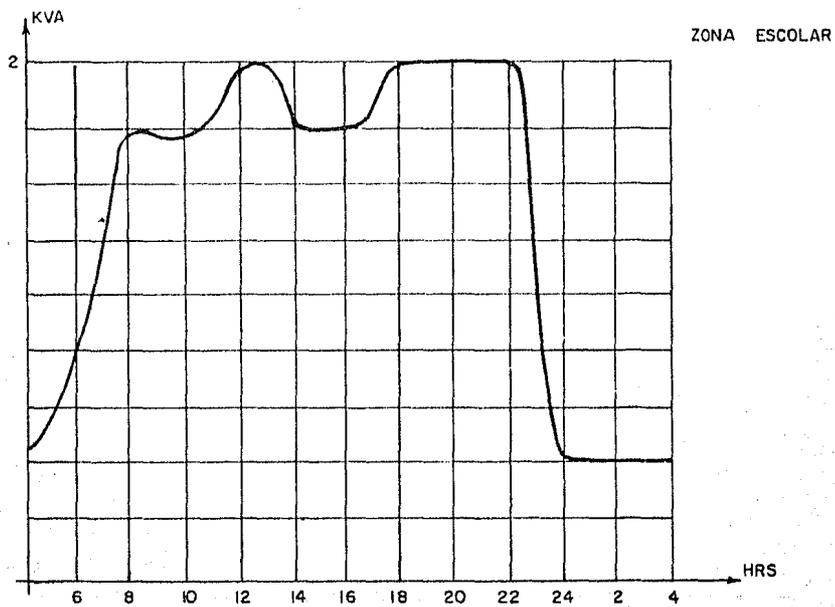
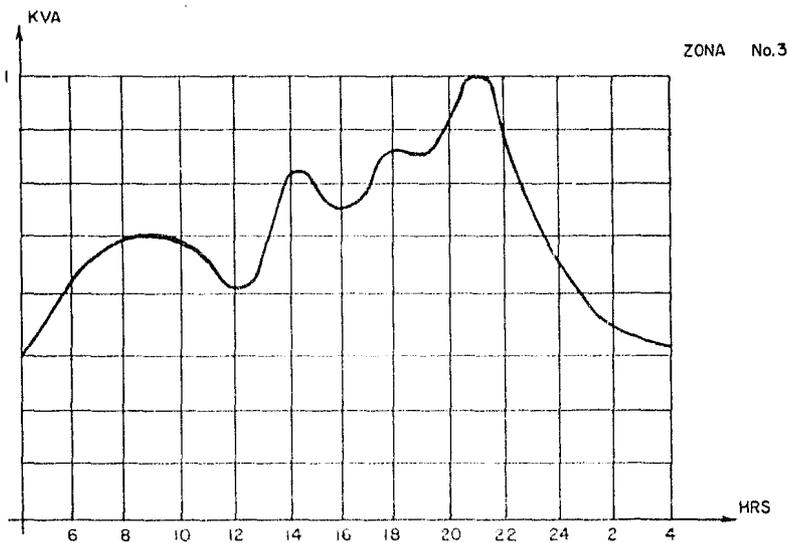
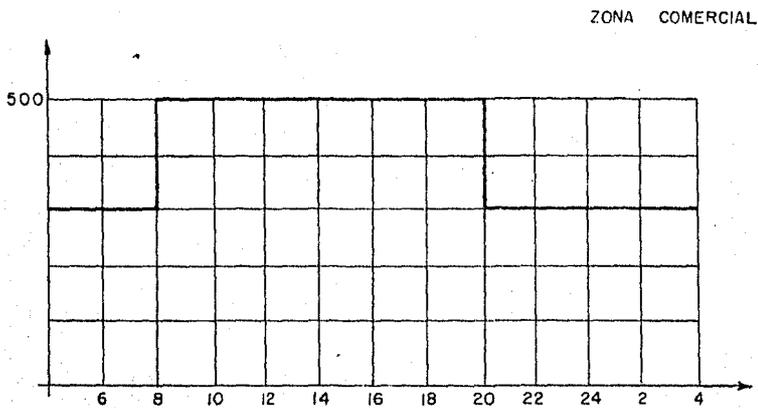
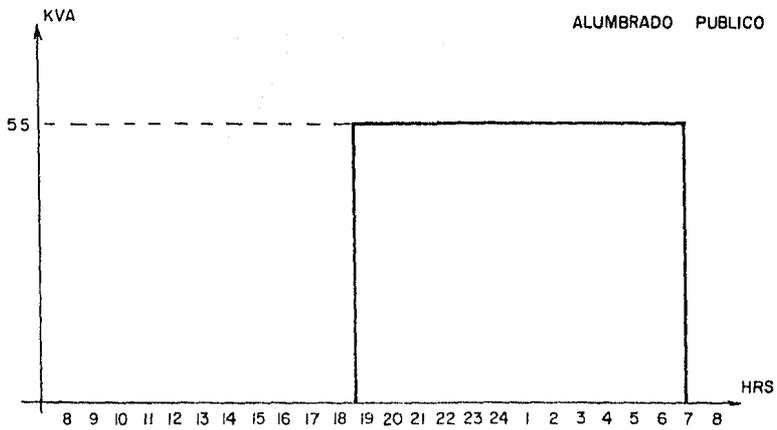
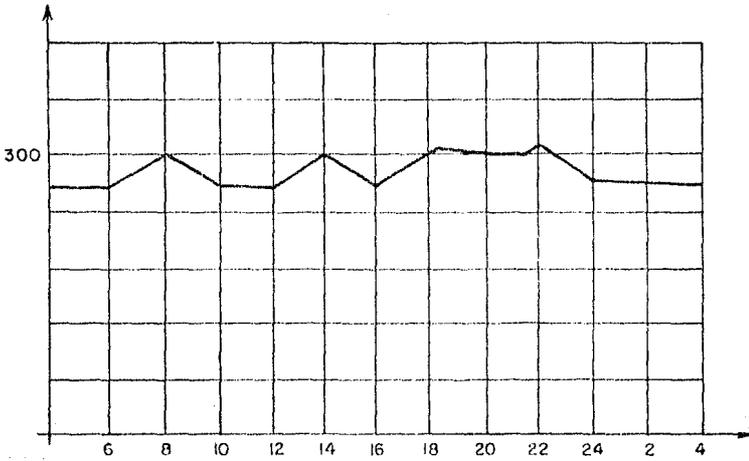


FIG. 3.2



300 KVA = 240 KW  
ZONA CLINICA



### 3.3. Regulación de Voltaje.

El uso de la electricidad en los edificios comerciales, plantas industriales, conjuntos habitacionales, etc. está creciendo a un ritmo muy acelerado, sin que puedan apreciarse signos de que decretezca en el futuro. Mayores cargas de alumbrado, nuevas máquinas de oficina, equipos de aire acondicionado, artículos para el hogar contribuyen al crecimiento de la demanda de todas las zonas de nuestro país, asimismo, el ritmo de crecimiento de la densidad de carga eléctrica en área de alumbrado público con niveles mayores de iluminación a máquinas más rápidas y al crecimiento de la automatización.

Un sistema de distribución adecuado es una necesidad básica en nuestra economía en desarrollo, puesto que el sistema de distribución moderno cuenta solamente del 5% al 15% del costo total de un edificio; el aumentar ligeramente el costo del sistema para tomar en cuenta las necesidades futuras de demanda es una inversión inteligente y económica. Un sistema con capacidad insuficiente es causa de una mala regulación de voltaje, lo cual ocasiona un alumbrado defectuoso, mayor mantenimiento, baja productividad en fábricas y oficinas del personal y del equipo y reducción de la vida útil del sistema de distribución y de las máquinas eléctricas. Además, la capacidad inadecuada de un sistema limita lasti-

mosamente las posibilidades de modernizar las instalaciones y de usar equipo y máquinas modernas.

La regulación de tensión de una línea es el incremento de tensión en el extremo de recepción, expresado en porcentaje de la tensión a plena carga cuando la carga a un cierto factor de potencia se retira, mientras que la tensión en el extremo de envío permanece constante.

En forma de ecuación:

$$\% \text{ regulación} = \frac{(\text{Tensión sin carga} - \text{Tensión a plena carga}) \times 100}{\text{Tensión a plena carga}}$$

En los diagramas fasoriales se puede observar que se requiere una tensión de envío ( $E_1$ ) ma-

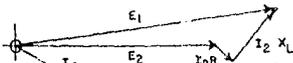


FIGURA - A  
Factor de Potencia Atrasado.

yor para mantener la tensión reci- bida ( $E_2$ ) constante, cuando la co- rriente requerida por la carga está desfasada en atraso con res- pecto a la tensión, comparada con

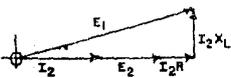


FIGURA - B  
Factor de Potencia Unitario.

la misma corriente pero en fase (vemos fig. B). Una tensión de envío todavía menor se requiere para mantener la tensión recibida cuando la corriente tomada por la carga está desfasada en adelanto (fig. C). Se dice que el primer

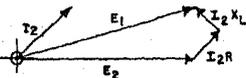


FIGURA - C  
Factor de Potencia Adelantado

caso F (factor de poten\_

cia atrasado) la regulación es mayor, mientras que es menor (factor de potencia unitario) o incluso negativa, cuando el factor de potencia está adelantado.

Por lo tanto la regulación de la tensión está ligado directamente al factor de potencia de carga.

La regulación ocurre debido a la impedancia del circuito siendo:

$$Z = R + jX$$

en nuestro estudio eliminaremos la parte compleja del plano y nos situaremos en una forma puramente real resistiva, dentro de un límite tolerable que es de 3% para el cálculo de conductor apropiada y su sección transversal.

### 3.4. Tipo de Subestaciones.

Después de determinar el número de subestaciones, de común acuerdo con el responsable de la obra y siguiendo la política de la Compañía de Luz y Fuerza, se determina el tipo de subestación considerando 5 tipos básicos de montaje.

1. Tipo Poste. Se emplea en redes mixtas, es decir, la de mediana tensión es de construcción aérea y la de baja tensión es de construcción subterránea. También se emplea en los fraccionamientos donde toda la red de distribución de BT es aérea. Ver figura No. 1 y 2 de este capítulo.

2. Tipo Gabinete. Para este tipo de subestación se dispone de cinco arreglos que corresponden a la especificación de la subestación FRAC-23-BT y se muestran figuras No. 3 y 4. Este tipo de subestación, así como las siguientes, se emplean únicamente en redes totalmente subterráneas.

3. Tipo Pedestal. Para este tipo de subestación se dispone únicamente de un arreglo normalizado mostrado en la figura No. 5. Montado sobre una base según figura No. 3.6 del capítulo 3.6, sirve para alimentar redes de distribución residencial subterránea y servicios en baja tensión.

4. Tipo Caseta. Se dispone de tres arreglos, figura No. 6, siendo su uso muy limitado y ha caído en desuso por sus grandes dimensiones, empleándose únicamente cuando el cliente lo solicite y comprometiéndose a construirla.

5. Tipo Pozo. Se utiliza generalmente para fraccionamientos donde no existan terrenos destinados a áreas verdes o dada la calidad del fraccionamiento o a la estética del conjunto, sea necesario que toda la red sea oculta. En la figura No. 7 se muestran los arreglos empleados para este tipo de subestación.

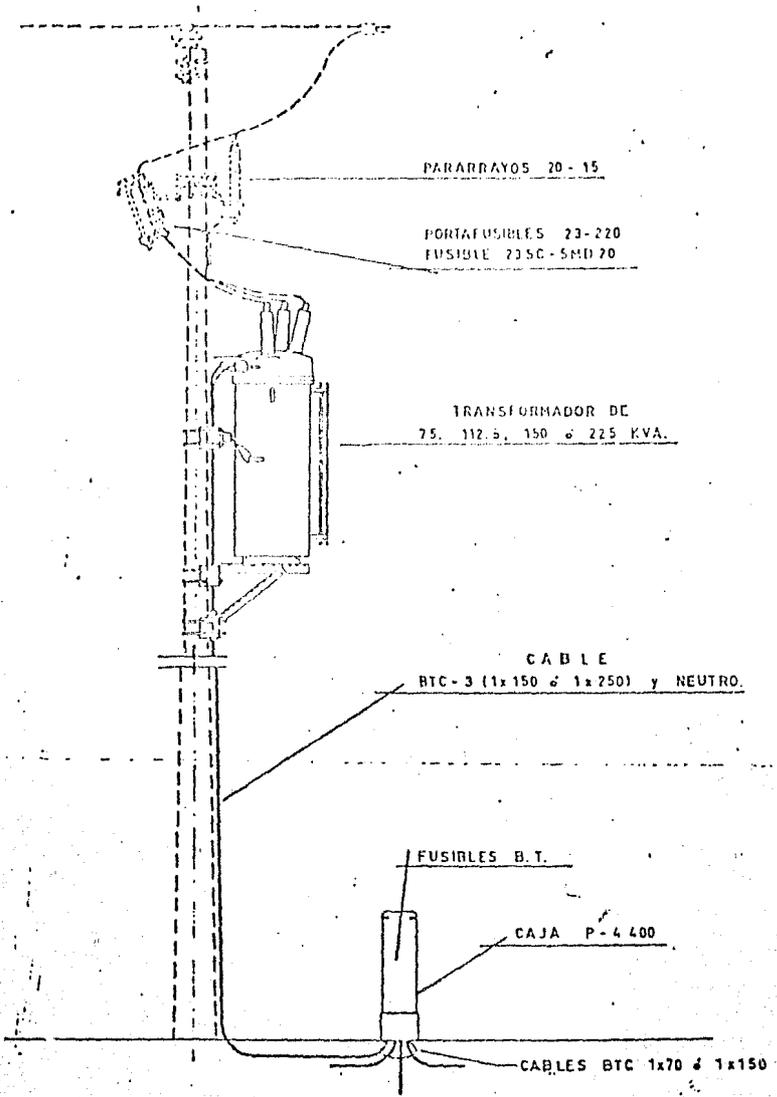
Todo tipo de subestación debe instalarse lo más cerca del centro de carga y en lugares convenidos con los responsables de la obra en general, pudiendo ser zonas verdes, andadores, lotes, camellones grandes, etc. procurando siempre que la estética del lugar no sea afectada, así como la vialidad y teniendo acceso fácil para su mantenimiento.

La Comisión Electrotécnica Internacional ha procurado poner orden debido a la diversidad de voltajes que se usan, motivo por el cual la Compañía de Luz y Fuerza ha optado por la distribución trifásica de cuatro hilos, con voltajes de 220/127, procurando que cada transformador de distribución alimente una red de distribución aislada eléctricamente de las demás. En estos sistemas

subterráneos automáticos, las líneas secundarias operan en paralelo, conviene que la corriente de corto circuito sea de gran magnitud, pues de esta forma se funde el cable evitando la interrupción en el servicio. En líneas aéreas ocurre todo lo contrario, ya que al fundirse el conductor representa un gran peligro y una interrupción en el servicio, teniendo como ventaja que la reparación en caso de falla, los empalmes se hacen con mayor facilidad.

Estando las líneas aisladas una de otra se les puede dar la disposición radial o de Loop, facilitando el cálculo de la caída de voltaje, considerando corrientes equilibradas y las cargas trabajando a un factor de potencia de 0.8

De acuerdo a la conductibilidad eléctrica, se prefiere el cobre, pues tiene la mínima resistencia específica, variando con la temperatura.



SUBESTACION TIPO POSTE  
 FIGURA-1

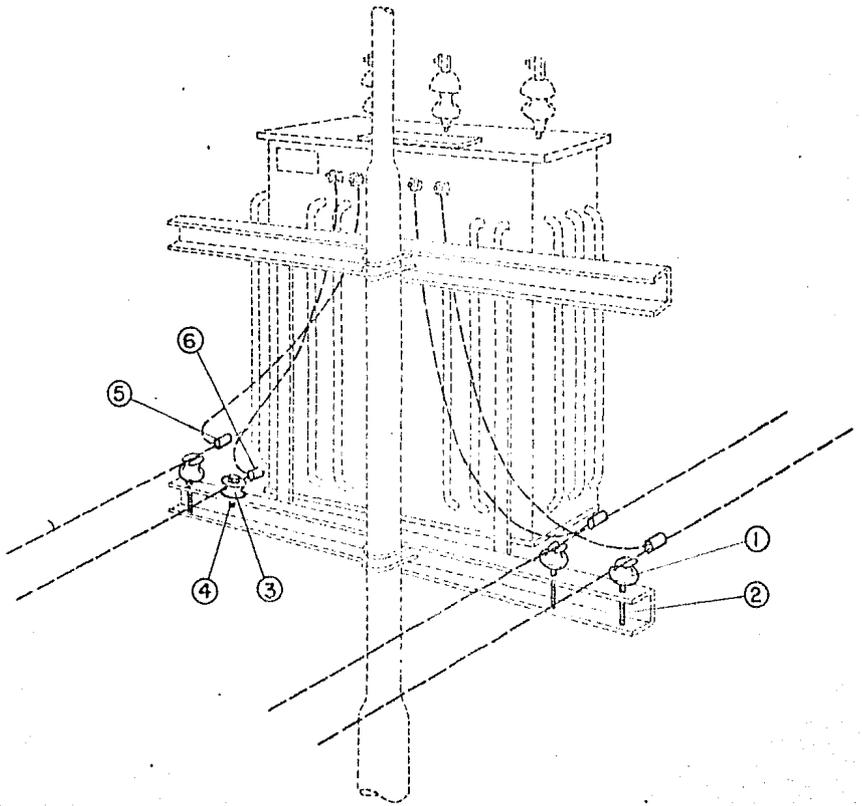
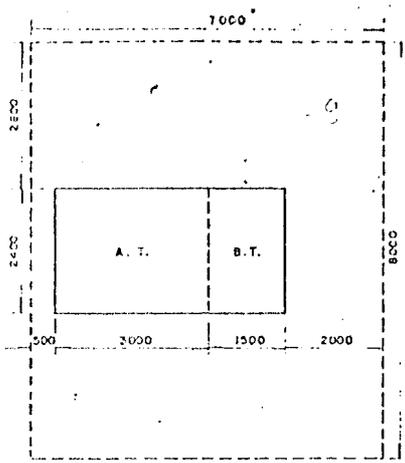
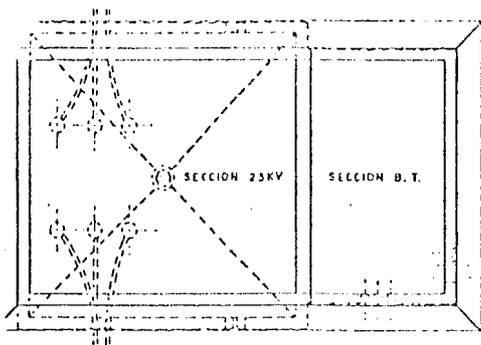
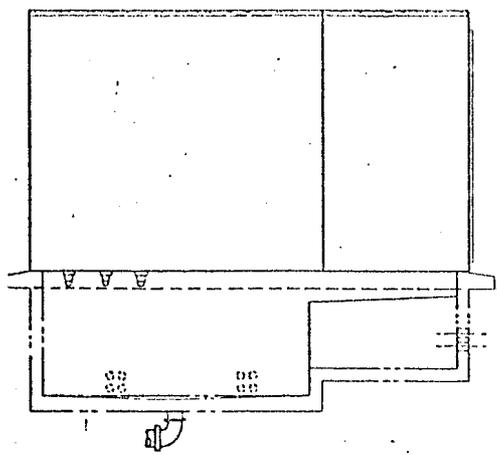


FIGURA - 2



ESPACIO NECESARIO PARA MONTAJE



NIVEL DE PISO TERMINADO

LISTA DE MATERIAL

- 1.- TERMINAL 25 IPC 1150-70E
- 2.- CUCHILLAS 25401 O INTERRUPTOR EN AIRE 25401
- 3.- PORTAFUSIBLES 25-2191 ó 25-220
- 4.- BARRAS DE 25 KV
- 5.- TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION 25000/220-127 VOLTS
- 6.- CUCHILLAS DEL BUS DE DT
- 7.- SALIDA DE CIRCUITOS DERIVADOS

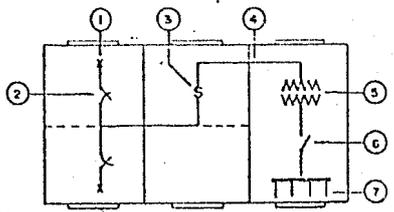
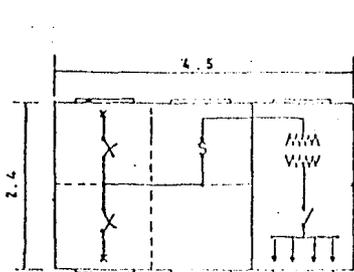
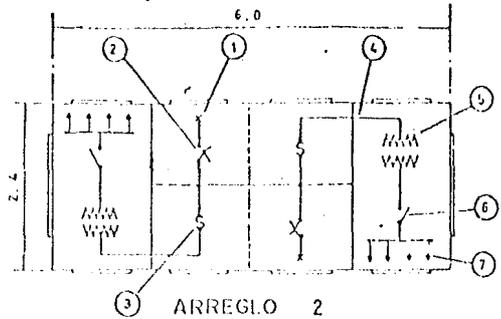


DIAGRAMA UNIFILAR

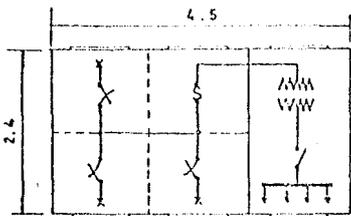
**TIPO GABINETE**  
**FIGURA-3**



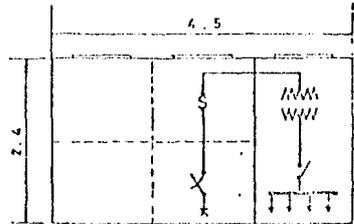
ARREGLO 1



ARREGLO 2

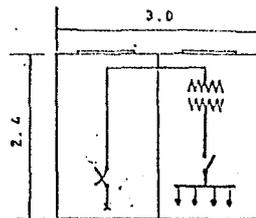


ARREGLO 3



ARREGLO 4

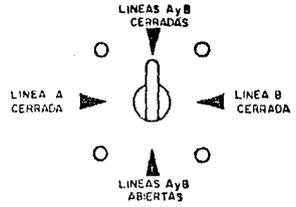
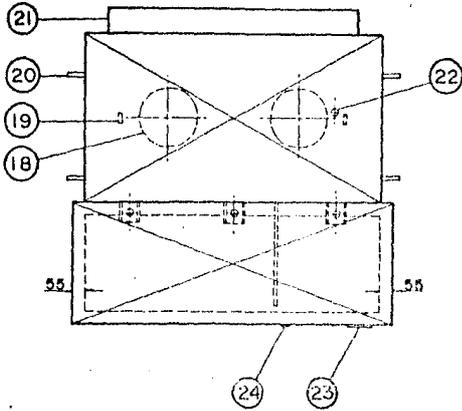
- 1 Terminal 23 IPC 1x50-70E.
- 2 Cuchillas 23401 o interruptor en aire 23401.
- 3 Portafusibles: 23-215 I - 23-220.
- 4 Barras de 23 KV.
- 5 Transformador de distribución 23000/220-127 volts.
- 6 Cuchillas del bus de B.T.
- 7 Salida de circuitos derivados.



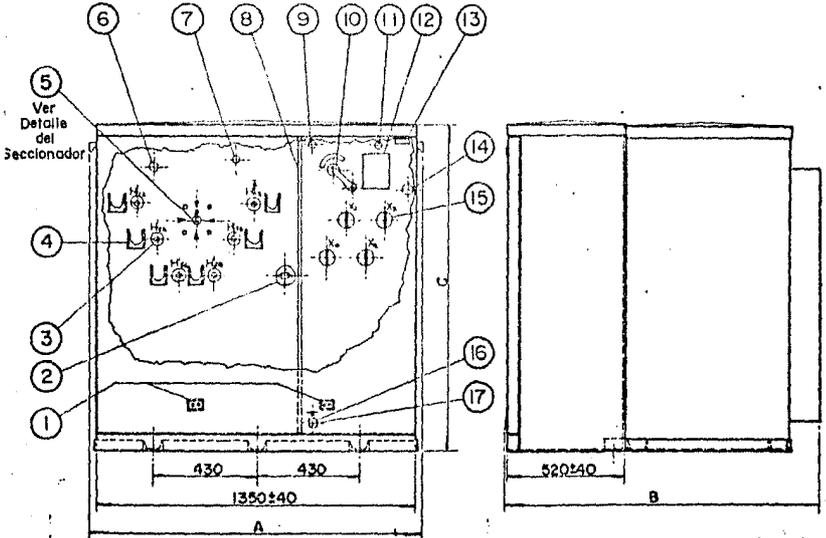
ARREGLO 5

## TIPO GABINETE

FIGURA - 4



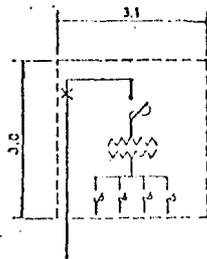
Detalle del Seccionador



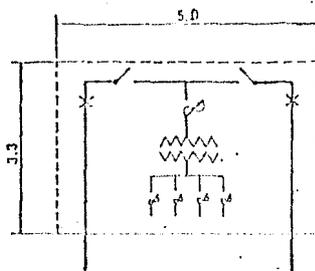
Esc: 1:20

Anotaciones en mm.

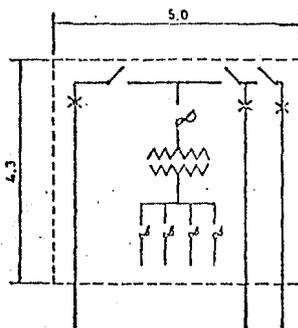
TIPO PEDESTAL  
FIGURA-5



ARREGLO 1  
SEGUN PLANO  
DIST-X-1035

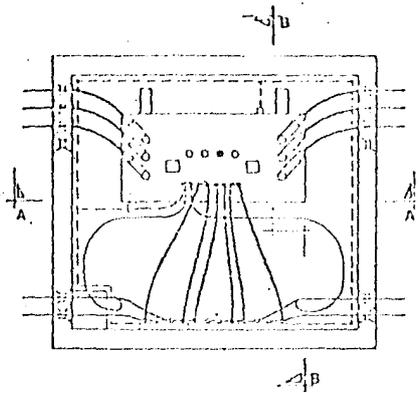


ARREGLO 2  
SEGUN PLANO  
DIST-X-952



ARREGLO 3  
SEGUN PLANO  
DIST-X-992

**TIPO CASETA**  
FIGURA-6



PLANTA

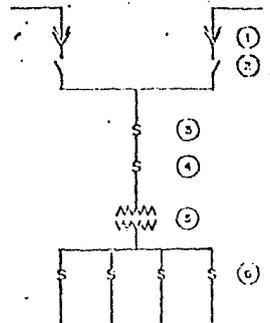
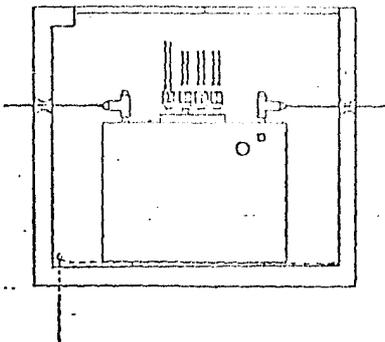
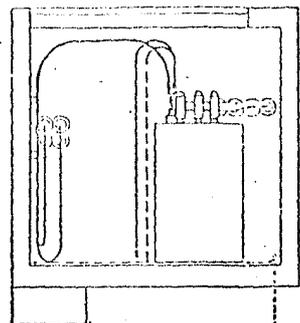


DIAGRAMA UNIFILAR



CORTE A - A



CORTE B - B

LISTA DE MATERIAL

- 1.- TERMINAL TIPO CODO 23TC 200 1x50-70
- 2.- INTERRUPTOR . 3 φ , 200 AMP , 23 KV
- 3.- FUSIBLE PARA SOBRECARGA (RTE)
- 4.- FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE (CLT)
- 5.- TRANSFORMADOR 75, 112.5, 150, 225 y 300 KVA
- 6.- FUSIBLES DE BT CR-200

**TIPO POZO**  
FIGURA-7

### 3.6. Obra Civil.

En general, se puede considerar que las obras civiles realizadas para una instalación, corresponde a cables subterráneos, siendo ejecutadas por parte de la campaña o por parte del cliente con supervisión de la primera.

Las obras civiles que se requieren son:

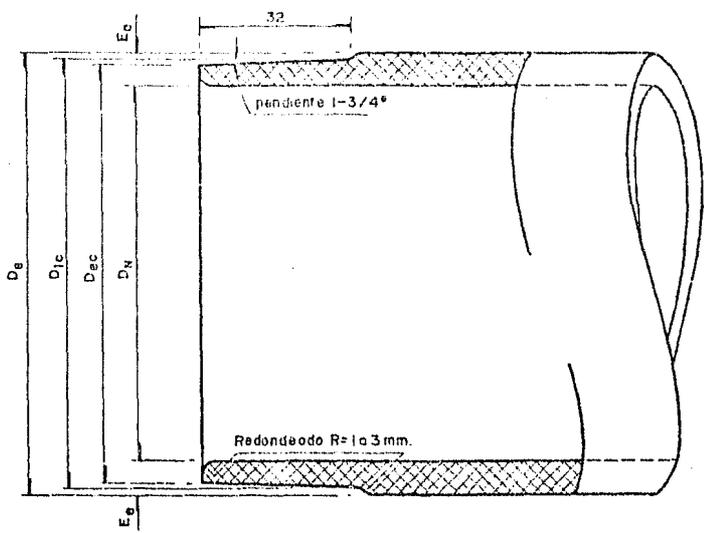
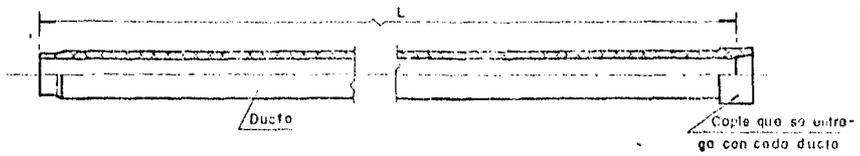
- a. Ductos.
- b. Crucero con otras instalaciones.
- c. Cimentaciones para subestaciones.
- d. Pozos.
- e. Registros (alta y baja tensión, alumbrado Público).
- f. Muretes para acometidas.
- g. Cepas para alojar cables tanto de alta como de baja tensión.
- h. Varillas para tierras (copperweld).
- a. Ductos. Sirven para colocar en su interior uno o varios cables, protegiéndolos contra daños mecánicos y facilitando su instalación o retiro. Unidos entre sí con coples ducto se obtiene un ducto de la longitud deseada. Se utilizan ducto A 75-1 y ducto A 100-1 para contener conductores tanto de mediana como de baja tensión respectivamente.

# DUCTOS A 75-1, 100-1

NORMAS DE MATERIAL  
2.0251

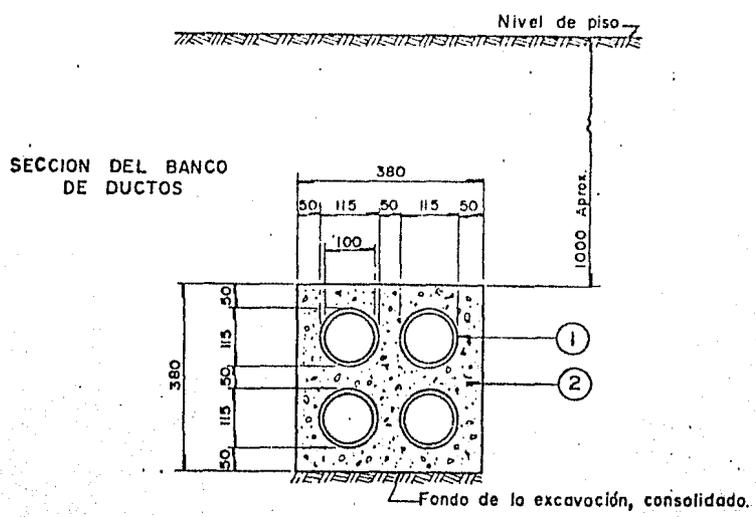
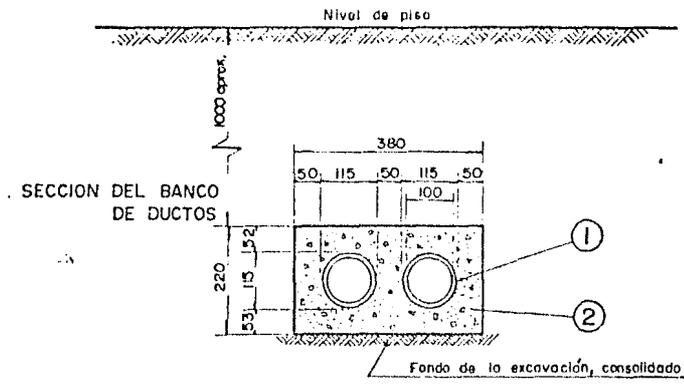
1 de 4

135



Anotaciones en mm

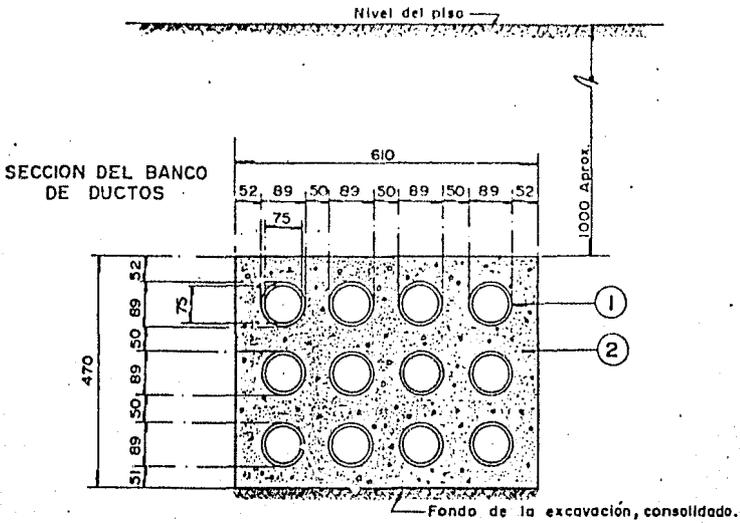
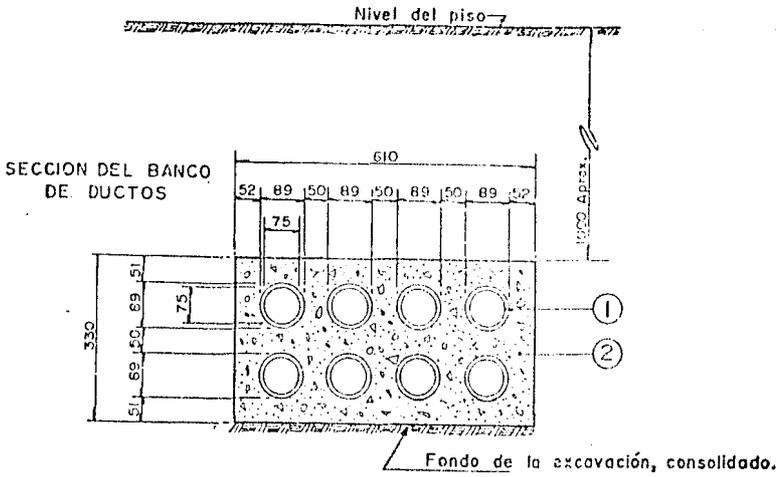
## DUCTOS



Esc. 1:10

Acotaciones en mm

# VIAS DUCTOS 2, 4



Esc. 1:10

Acotaciones en mm

## VIAS DUCTOS 8, 12

En múltiples ocasiones se utilizan bancos de ductos para cruceros de calles o avenidas, interconexión entre registros en banquetas o camellones, en desniveles debidos a la topografía del terreno.

Los bancos pueden tener varios arreglos, según normas 4.0110, 4.0111, 4.0112, 4.0113, 4.0114, etc.

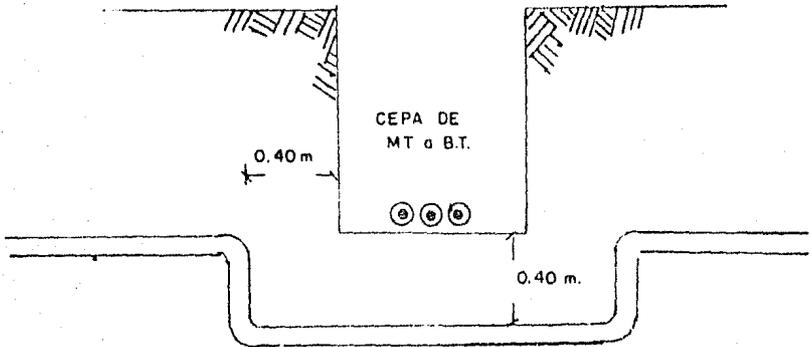
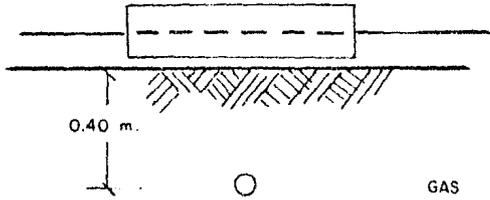
b. Cruceros con otras instalaciones. En las obras en general, es en muchas ocasiones necesarios los cruzamientos con otras instalaciones, tales como agua potable, gas, teléfonos, drenaje, alumbrado público; teniendo como norma la Compañía de Luz tratar en lo posible la protección de sus instalaciones así como las de otras compañías. En la mayoría de los casos, es deseable que estas instalaciones pasen por debajo de las eléctricas aproximadamente 40 cms. para que en caso de falla en un cable al hacer las reparaciones excavando, no se rompan ductos de gas o de agua. Asimismo, el cruzamiento se lleva a efecto utilizando tramos de ducto para colocar en ellos los cables subterráneos.

c. Cimentaciones para subestaciones. De acuerdo al tipo de subestación se tienen las siguientes normas:

Tipo Gabinete	Cimentación según plano 081-16155
Tipo Pedestal	Cimentación según plano DIST/X-2093
Tipo Caseta	Cimentación según plano 0620-13736

1.00 m.

MEDIA CAÑA DE DUCTO



DETALLE DE CRUCE DE CABLES Y DUCTOS DE GAS

d. Pozos. Cimentación según plano DIST-Y-1699  
y plano 620-19243.

En general los pozos se construyen para la colocación y retiro de cables 23 PT, elaborar uniones en dichos cables soportandose a las paredes del pozo mediante correderas, mensulas y porcelanas, ya que se construyen en ducto-línea para cruceros con terminal en poste. Pueden ser del tipo precolado (pozo 4.280 P) o colando en el lugar de ubicación (pozo 4.280C).

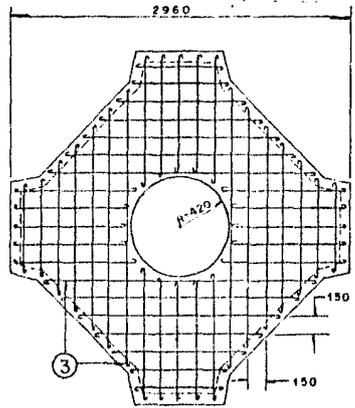
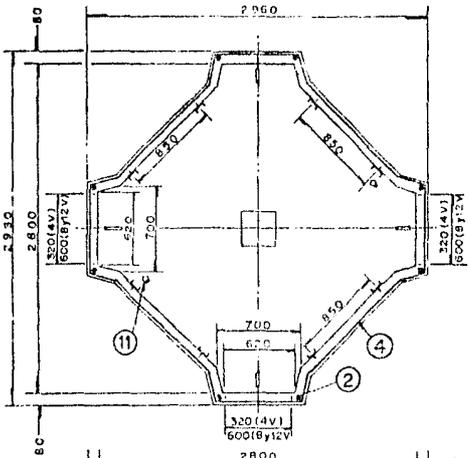
La línea ducto que acomete a dicho pozo pueden ser de 4, 8 ó 12 vías con ductos A 75-1.

En algunos casos se utilizan para instalar dispositivos de seccionamiento como interruptores CS 23.3.400 0 600 y ampliando su profundidad se pueden colocar buses cubiertos 6.800.

Los pozos pueden ser 2.280, 3.280, 3.480 dependiendo del número de vías que infieren en el.

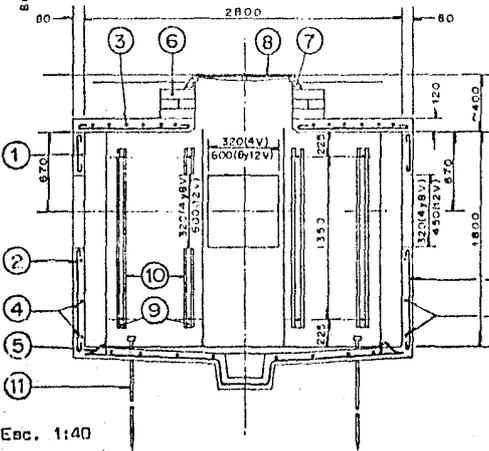
e. Registros. Se construyen en banquetas o lugares no transitados por vehículos, permitiendo señalar la ruta de cables tanto de mediana como de baja tensión, elaboración de empalmes, colocación y retiro de cables, de acuerdo a norma 2.0048 el registro es de 1.25 x 1.25 x 1.25 ó 3.120 pudiendo ser colado en el terreno de utilización o precolado.

# POZO 4.280 C



Varillas 12.7(1/2") en arroyo; 9.5(3/8") en banqueto.

## REFUERZO DE LA CUBIERTA

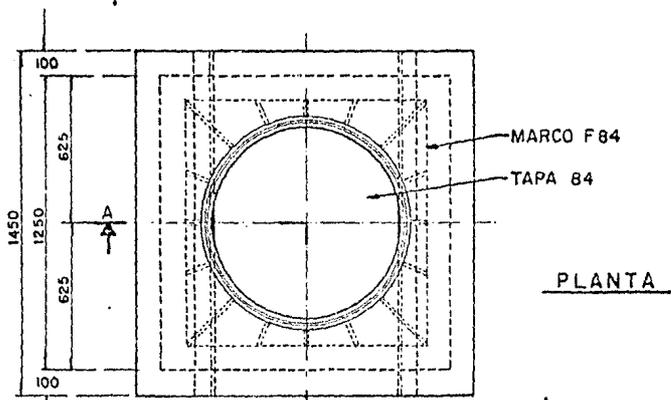


2 Varillas 9.5 (3/8") diám.

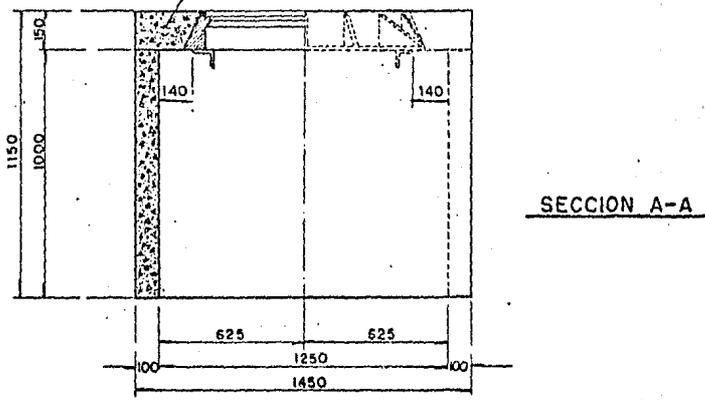
4 Anillos de atambrón 6.3(1/4")

Esc. 1:40

Acotaciones en mm



COLADO POSTERIOR A LA  
COLOCACION DEL MARCO F 84



Esa 1:2

Acotaciones en mm

REGISTRO 125 x 125 C

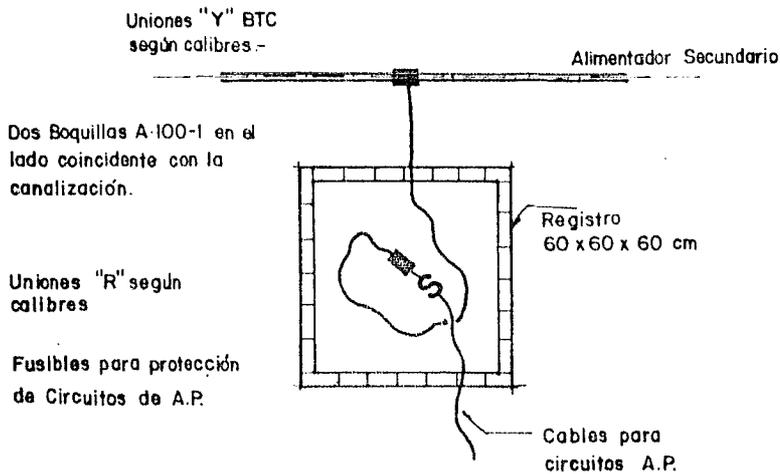
los registros para acometidas de edificios o casas habitación así como de alumbrado público, se construyen de 0.60 x 0.60 x 0.60 m. y utilizan tapas de concreto de las mismas dimensiones con jaladeras de fierro.

f. Muretes para acometidas. Se construyen generalmente de tabique para contener los tableros donde se colocan las concentraciones y donde colocar los equipos de medición.

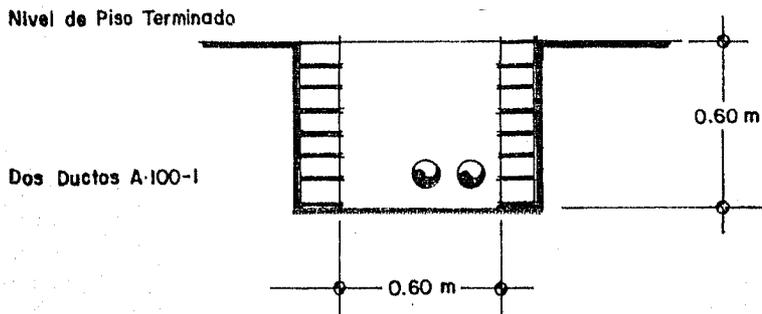
Pueden ser para acometidas subterráneas o aéreas, en conjuntos habitacionales donde existen solamente casas individuales de habitación.

Si es alimentación aérea en la parte superior del murete se coloca el tubo C-40 que tiene la función de sostener e introducir la acometida de cable hacia el tablero. En la acometida subterránea, en la base del murete se construye un registro para B.T. y se eleva el cable a través de un PVC de aproximadamente 50 mm. de diámetro hacia el tablero.

En caso de edificios en la actualidad se prefiere que los tableros para concentraciones entren en el interior del mismo, en parte visible y de fácil acceso para el mantenimiento de los mismos y de la acometida.



## DETALLE DE ACOMETIDA DE A.P.



## DETALLE DE REGISTRO A.P. y B.T.

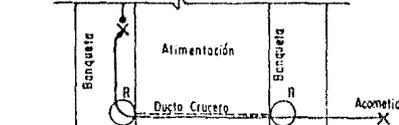
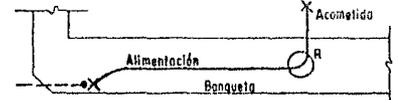
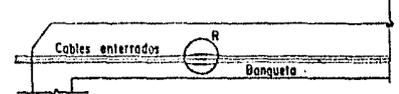
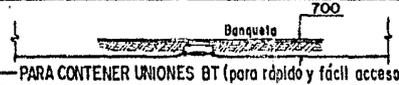
Las concentraciones generalmente se indican por una M (medidor) seguida por dos números de los cuales el primero indica el número vertical de canales M 11 por columna y el segundo el número horizontal de 4 canales M 11 por hilera.

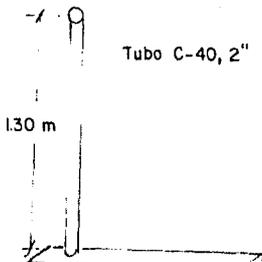
g. Cepas para alojar cables tanto de alta como baja tensión. En la actualidad las excava el cliente, así como ductos cruceros que se encuentren dentro de la urbanización.

Los cruceros en avenidas o calles, los elabora la Compañía de Luz y Fuerza en el departamento de obras civiles. Las cepas para B.T. son de 0.60 x 0.60 y para M.T. de 0.6 x 1.0 m. alojándose los cables.

h. Varillas para tierras. Se usan para conectar a tierra líneas, cables, cubiertas, equipos y aparatos cuando se entierran en lugares adecuados. Son de Copperweld y redondo de 5/8" de diámetro y de 3 m. de longitud. Viene con un recubrimiento de 0.8 mm. de cobre y se entierra dejando aproximadamente 15 cm. afuera para efectuar conexiones.

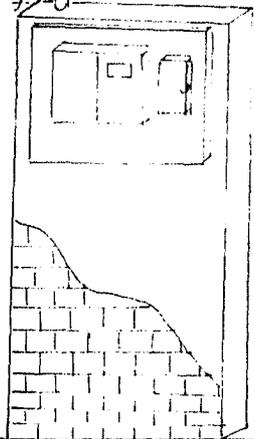
TABLA

Partes del Registro que pueden componerlo	Variantes de Aplicación	Colocación de los Cables
<p><b>REGISTRO 3.120 P</b> s/norma</p> <p>Completo con: Tapa Anillo (superior) Anillo (inferior) Fondo</p>	 <p>—ACOMETIDA DESDE BANQUETA OPUESTA</p>  <p>—PASO DE CABLES 23 KV POR DUCTO CRUCERO</p>  <p>—PASO DE CABLES BT POR DUCTO CRUCERO</p>	<p>En el Anillo inferior pasan los ductos del Ducto Crucero (a profundidad aprox. de 1000mm)</p> <p>En el Anillo superior pasan los ductos ó cables bajo banqueta (a profundidad aprox. de 800mm) a acometida ó de alimentación.</p>
<p><b>REGISTRO 3.120 P</b> <b>(T, A, F)</b></p> <p>Tapa Anillo (uno sólo) Fondo</p>	 <p>—ACOMETIDA DESDE LA MISMA BANQUETA</p>  <p>—PARA CONTENER UNIONES 23KV (para rápido y fácil acceso)</p>	<p>Los cables colocados en banqueta (de alimentación ó acometida) sólo requieren el Registro con su Anillo superior para quedar a profundidad de aprox. 800mm. Puede contener uniones 23 KV.</p>
<p><b>REGISTRO 3.120 P</b> <b>(T)</b></p> <p>Tapa (sólomente)</p>	 <p>—PARA CONTENER UNIONES BT (para rápido y fácil acceso)</p>  <p>—SEÑALAMIENTO DE RUTA O LOCALIZACION DE CABLES</p>	<p>Para contener uniones BT (en banqueta) o señalar ruta de cables puede instalarse sólomente la tapa.</p>

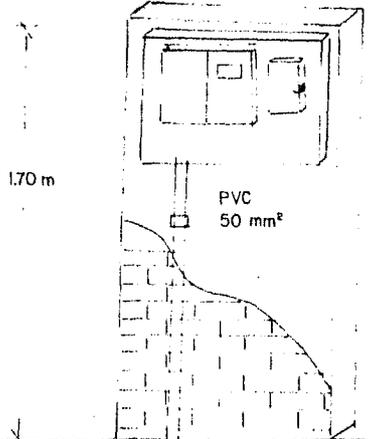


1.30 m

Tubo C-40, 2"

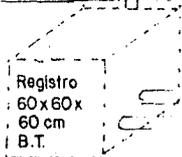


**ACOMETIDA  
AEREA**



1.70 m

PVC  
50 mm<sup>2</sup>



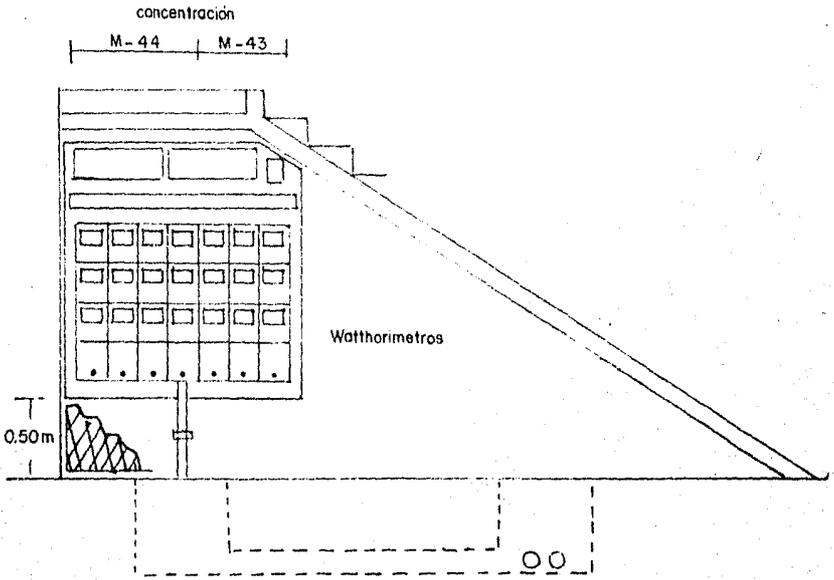
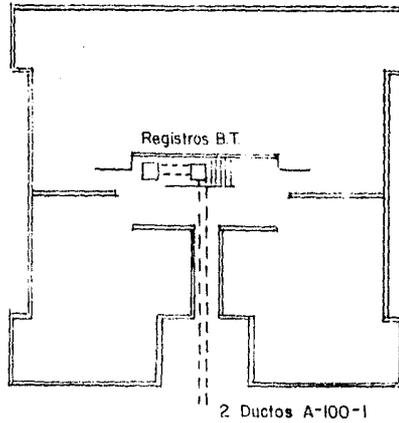
Registro  
60 x 60 x  
60 cm  
B.T.



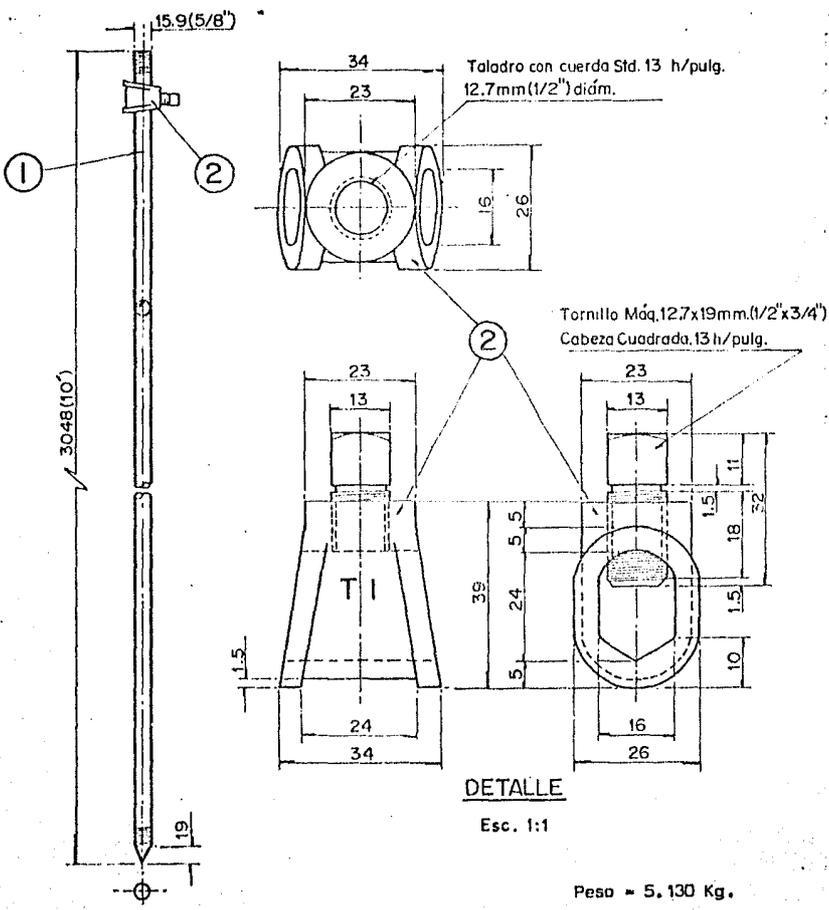
Ductos  
A-100-1

**ACOMETIDA  
SUBTERRANEA**

**DETALLE DE  
ACOMETIDA A  
EDIFICIOS**



**DETALLE DE ACOMETIDA Y CONCENTRACION  
EN EDIFICIOS**



Esc 1:5

Acotaciones en mm

# VARILLA PARA TIERRA



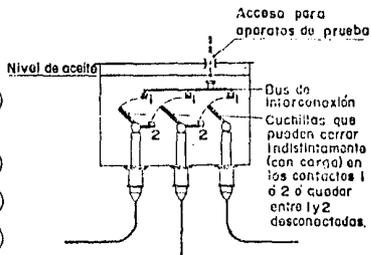
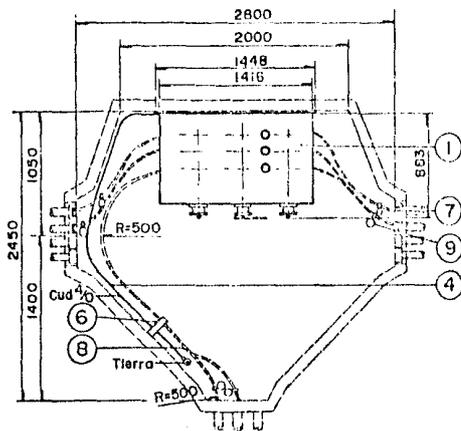
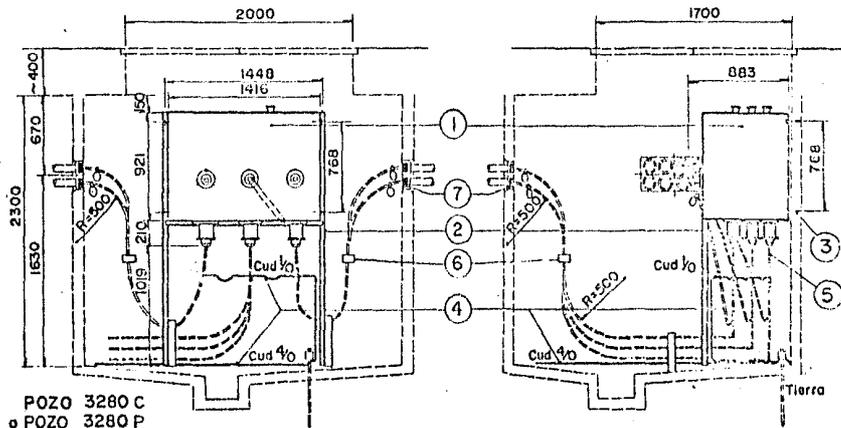


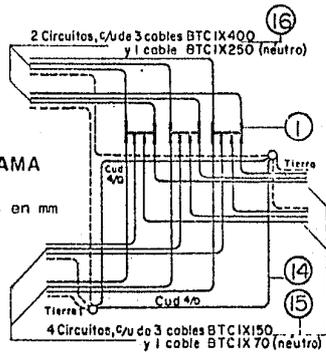
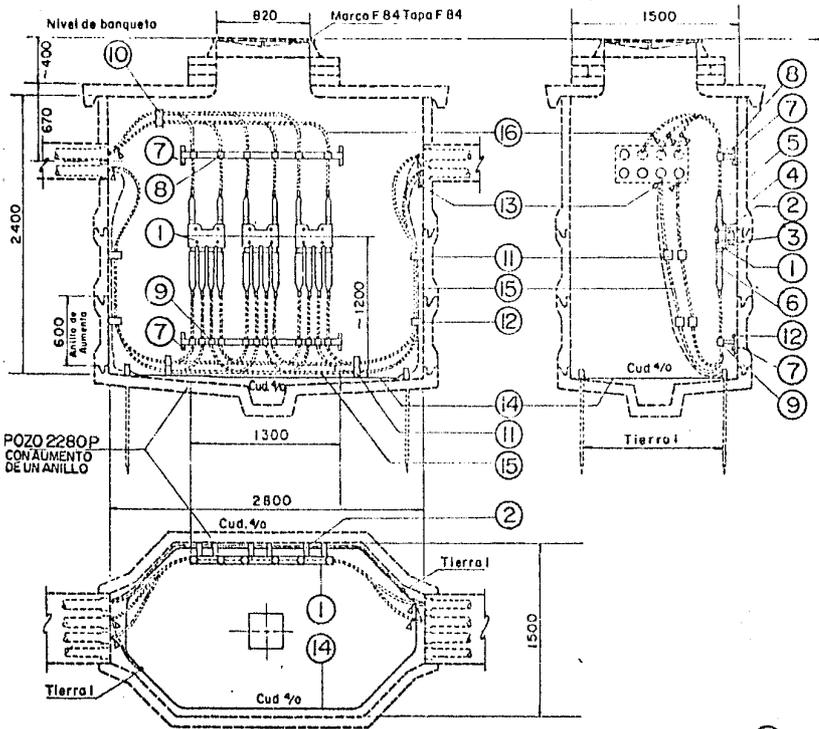
Diagrama unifilar del interruptor



Esc 1:40

Acotaciones en mm

# INTERRUPTOR CS 23.3.600



DIAGRAMA

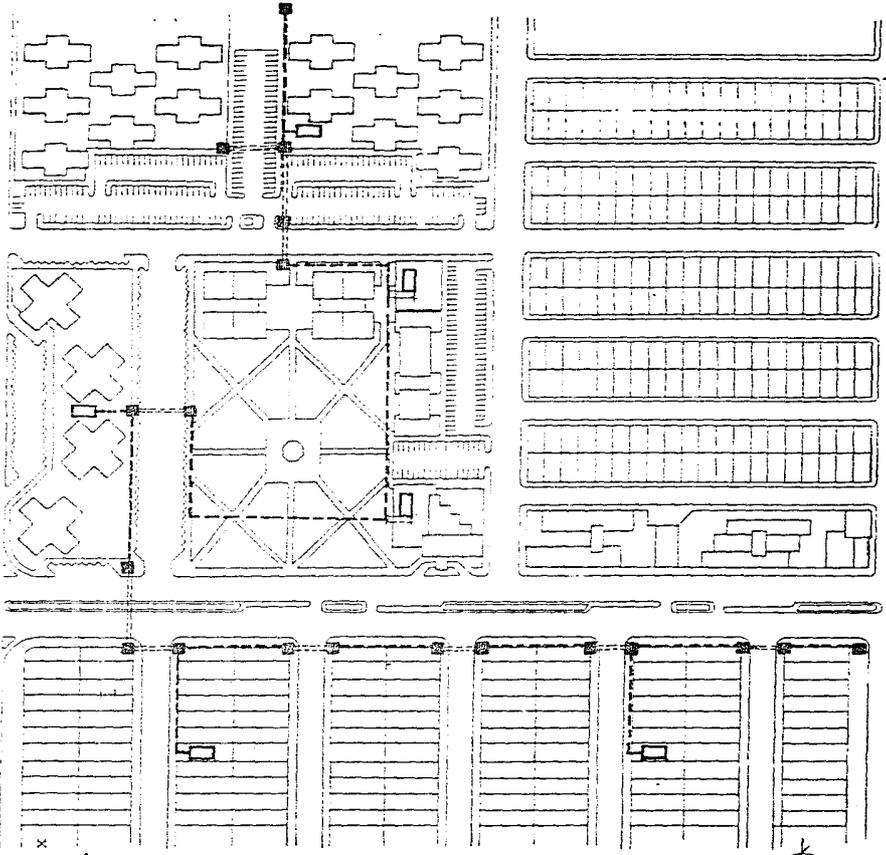
Acotaciones en mm

Esc 1:40

# BUS C 6.800 BTC 150

OBRAS CIVILES

- Registro 1.25 x 1.25 x 1.25 m.
- Base S.E. tipo pedestal.
- Cepa
- Ducto 2V - A-75 - 1



#### IV TABLAS DE LA CAPACIDAD Y NUMERO DE SUBESTACIONES

Estos se calculan en función de la demanda total, de las capacidades normalizadas de los transformadores, la topografía y la geometría.

4.1. La demanda total se puede calcular:

Demanda Máxima.

Carga Conectada x Factor de Demanda x Factor de Coincidencia

Los transformadores normalizados para conjuntos habitacionales cuya densidad de carga es del orden de  $10 \text{ MVA/KM}^2$

4.2. KVA.	RELACION	CORRIENTE NOMINAL	
		PRIMARIO	SECUNDARIO
75	23000/220-127	1.9	197
112.5	23000/220-127	2.8	297
150	23000/220-127	3.8	395
225	23000/220-127	5.6	595
300	23000/220-127	7.6	788

Para las subestaciones de los fraccionamientos cuya carga es del orden de  $5 \text{ MVA/KM}^2$ , se dispone de transformadores de las siguientes capacidades.

KVA	RELACION	CORRIENTE NOMINAL	
		PRIMARIO	SECUNDARIO
45	23000/220-127	1.1	119
75	23000/220-127	1.9	197
112.5	23000/220-127	2.8	297
150	23000/220-127	3.8	395

Valores de factores de coincidencia en función del número de consumidores de casa habitacional en fraccionamientos.

No. de Consumidores	Factor de Simultaneidad o coincidencia
1 a 4	1.00
5 a 9	0.78
10 a 14	0.63
15 a 19	0.53
20 a 24	0.49
25 a 29	0.46
30 a 34	0.44
35 a 39	0.42
40 a 49	0.41
50	0.40

#### 4.3. El Factor de Coincidencia.

Nos indica la diversidad existente en el uso de la energía eléctrica por los distintos tipos de consumidores.

Se define como la relación existente de la demanda máxima de un sistema a la suma de las demandas máximas de sus componentes.

$$F_c = \frac{D_{ems}}{\text{suma de Dem. Max. Ind.}} \leq 1$$

Demanda Máxima de las Cargas. La demanda máxima de un grupo de cargas (casas habitación), se obtiene multiplicando el número de cargas (n) por la demanda máxima de cada una (Dmi) y por el factor de coincidencia (Fc).

$$D_{mc} = n \times D_{mi} \times F_c$$

La Demanda Máxima por A.P. Es igual al producto del número de unidades (n) por su potencia nominal (Pn) y por 1.25

$$D_{map} = n \times P_n \times 1.25$$

La Demanda Máxima por Servicio. Se obtiene multiplicando la capacidad de la carga (Cc) por su respectivo factor de demanda.

$$D_{msc} = Cc \times Fd$$

Valor de la Demanda Máxima Total. Es la suma de las demandas máximas de las cargas constitutivas.

$$D_{mt} = D_{mc} + D_{map} + D_{msc}$$

Carga Instalada. Es la suma de las potencias nominales de los equipos conectados a un sistema o zona determinada, expresandose en MVA.

Demanda. Es la potencia consumida por la carga a un factor de potencia determinado.

Demanda Máxima. Es la mayor de las demandas que se tiene dentro de un periodo especificado en un sistema.

Factor de Demanda. Es el cociente de la demanda máxima de un sistema y la carga instalada al mismo.

- 4.4. La magnitud de la carga en conjuntos habitacionales es función del tipo y categoría de los edificios y se ha determinado en base a experiencias, muestreos y registros

estadísticos con el fin de conocer los valores de dichas cargas.

Para diseñar una red, se toma como coincidentes (Factor de coincidencia - 1) las demandas máximas de todas las cargas del conjunto. Para departamentos la demanda coincidente varía de 500 a 800 Watts, dependiendo del número de habitaciones con que cuenten.

Las cargas concentradas de servicios colectivos, comerciales, escolares, etc. que se indican a continuación con su factor de demanda se consideran coincidentes con la carga de los departamentos.

#### TABLA NORMALIZADA DE FACTOR DE DEMANDA COINCIDENTE.

##### TIPO DE CARGA:

Tienda de Autoservicio	0.37 - 0.47
Centro Social	0.38 - 0.48
Restaurantes	0.52 - 0.62
Sistemas de Bombeo	0.67 - 0.77
Servicios Propios Edificio	0.41 - 0.51
Escuelas	0.31 - 0.41
Gasolinerías	0.46 - 0.56
Cines	0.40 - 0.50
Talleres Pequeños	0.42 - 0.52
Bancos	0.40 - 0.50
Centros de Teléfonos	0.61 - 0.71
Iglesias	0.20 - 0.30
Alumbrado Público	1.00

Como una guía del número aproximado de Subestaciones necesarios, se divide la Demanda Total de la carga entre la capacidad de la Subestación.

$$\text{No. de S.E.} = \frac{\text{Demanda Total (KVA)}}{\text{Capacidad de la S.E. (KVA)}}$$

Demanda Total = Suma Demandas Máximas Individuales

Los conjuntos habitacionales podemos clasificarlos en tres tipos básicos, tomando en cuenta su ubicación, construcción, demanda máxima por departamento y servicios propios del edificio; de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo	Niveles de Construcción	Dpto/nivel	Dm.Mx./Dpto	Servicio
Popular	hasta 5	2 y 4	hasta 0.5 KVA	hasta 1.5 KVA
Medio	de 6 a 10	2 y 4	0.6 a 1 KVA	hasta 10 KVA
Lujo	más de 10	2 y 4	más de 1 KVA	más de 10 KVA

Demandas coincidentes; se aplican en función del tipo de construcción de cada departamento y se puede tomar como norma la siguiente tabla:

Dpto/tipo	Características	Demanda Coincidente
Sencillo	una recámara, un baño	0.3 - 0.9 KVA
Medio	2-3 recámaras, un baño	0.5 - 1.0 KVA
Lujo	3-4 recámaras, 2-3 baños	1.0 - 3.0 KVA

Fraccionamientos: Valores de demanda coincidente para casa habitacional, dependiendo del tipo de fraccionamiento.

Tipo de Fraccionamiento	Superficie del lote	Demanda Coincidente
Popular	hasta 160 M <sup>2</sup>	hasta 0.5 KVA
Medio	de 160 a 300 M <sup>2</sup>	de 0.5 a 1.5 KVA
Lujo	mas de 300 M <sup>2</sup>	mas de 1.5 KVA

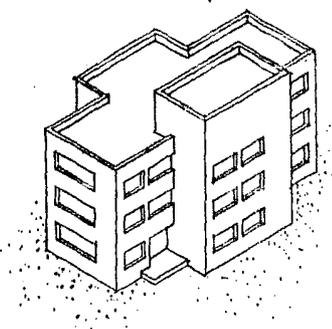
#### 4.5. Selección del Tipo de la Red de Distribución Primaria.

Considerando las características de los diferentes tipos de redes de distribución primaria mencionadas anteriormente, se propone la utilización del tipo de red de alimentación en Alta Tensión de anillo con seccionador. En la figura (II 5a) se muestra el tipo de instalación que será utilizado y en el plano No. 1 se muestra el trayecto de la línea de Alta Tensión, la localización de las subestaciones y los diferentes puntos por donde se alimentará la red subterránea primaria.

## V DESCRIPCION DE LAS CARGAS A ALIMENTAR Y CALCULOS

5.1. Para efecto de su estudio, dividiremos nuestro proyecto en zonas. (Ejemplo práctico).

Zona 1. Edificios de departamentos, con  $80 \text{ m}^2$  por departamento, y siendo 14 edificios de 3 plantas cada uno, y 4 departamentos por planta.



Total de departamentos:

$$4d \times 3p \times 14e = 168 \text{ dptos.}$$

Donde:

d = Departamento

p = Planta

e = Edificio

Esto entra en la categoría según las tablas, como departamentos de tipo popular. Cada departamento cuenta con una capacidad instalada de 2 Kva mas;  $Dmc = 0.5$  Kva de servicios del edificio (luz, bomba, interfón, etc.). Haremos un ejemplo en donde se involucra el factor de demanda máxima, factor de coincidencia y carga instalada.

Carga Instalada por departamento,  $Ci/dpto = 2 \text{ Kva}$

Factor de Demanda,  $fd = 0.6$

Factor de Coincidencia,  $fc = 0.4$  (tablas).

Demanda Máxima Coincidente/ Dpto.

$$D_{mc} = C_i \times f_d \times f_c$$

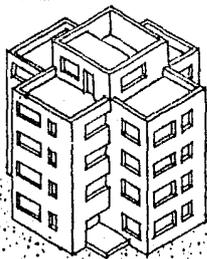
$$D_{mc} = 2 \times 0.6 \times 0.4 = 0.48 \text{ Kva}$$
$$= 0.5 \text{ Kva}$$

Ahora multiplicamos por el número de departamentos y edificios y obtendremos la demanda máxima coincidente de la zona 1, con respecto a las cargas mayores que serían los edificios, es decir, despreciando las luminarias.

$$D_{MC} = 0.5 \times 12 \times 14 + (14 \times 0.5) = 91 \text{ Kva}$$

$$D_{MC} = 91 \text{ Kva}$$

Zona 2. Edificios de departamento con  $120 \text{ m}^2$  por departa\_



mento, 4 edificios de 4 plantas cada uno y 4 departamentos por planta.

Total de departamentos:

$$4d \times 4p \times 4e = 64 \text{ dptos.}$$

Aquí cada departamento tiene una carga instalada de 3.5 Kva mas 2 Kva

de servicio del edificio. Esto nos apunta a edificios de categoría media.

$$C_i/dpto. = 3.5 \text{ Kva}$$

$$f_d = 0.6$$

$$f_c = 0.4$$

Demanda Máxima Coincidente/Dpto.

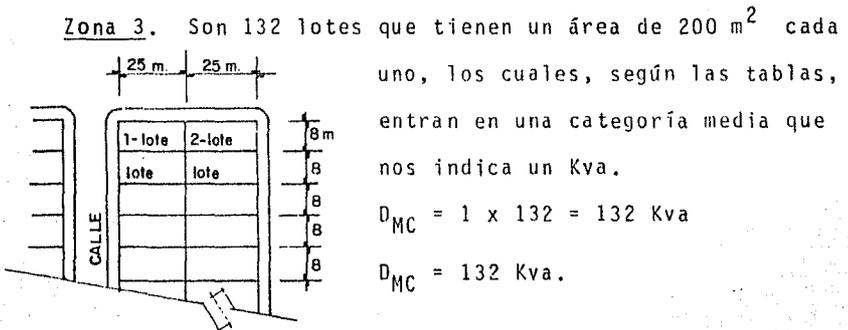
$$D_{mc} = C_i \times f_d \times f_c$$

$$D_{mc} = 3.5 \times 0.6 \times 0.4 = 0.84 \text{ Kva}$$

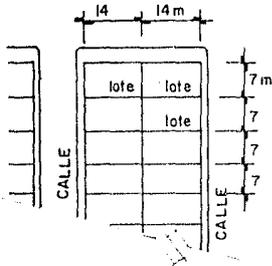
Son 64 departamentos de 0.84 Kva, por lo tanto,

$$D_{MC} = 0.84 \times 64 + (4 \times 2) = 61.76 \text{ Kva}$$

$$D_{MC} = 61.8 \text{ Kva}$$



Zona 4. Aquí son 200 lotes con una área de  $98 \text{ m}^2$  cada uno, esto nos refleja, según las



tablas, que está dentro de la categoría popular. Donde:

$$D_{MC} = 0.5 \text{ Kva, por lo tanto,}$$

$$D_{MC} = 200 \times 0.5 = 100 \text{ Kva}$$

$$D_{MC} = 100 \text{ Kva.}$$

#### 5.2. Carga del Alumbrado Público.

Lámparas de mercurio. En una instalación de alumbrado público, el proporcionar una buena iluminación es un factor muy importante, ya que como consecuencia se tendrá la visibilidad y seguridad en el tránsito de peatones y automóviles. Otra de las razones de una buena iluminación son aquellas que traen consigo muchas ventajas que influyen en el comportamiento de los habitantes de una zona iluminada, así como:

1. Mayor atractivo en las calles
2. Mayor seguridad y protección contra daños a propiedad ajena o transeúntes.
3. Aumento en la actividad comercial
4. Mejor comportamiento civil y moral de los ciudadanos.

Para resolver este problema emplearemos lámparas de vapor de mercurio de 250 Watts. Este tipo de luminarias pertenecen al tipo de descarga, la luz es producida al hacer

pasar un potencial eléctrico a través de un gas; la aplicación de un potencial eléctrico ioniza el gas y permite a la corriente fluir entre electrodos, causando aceleraciones en los electrones, que al chocar con los átomos de gas o vapor, alteran temporalmente su estructura atómica, produciéndose consecuentemente la luz.

Estas lámparas están construidas de dos bulbos: uno interior que contiene electrodos y el mercurio, estando construido de cristal de cuarzo, y el bulbo exterior protege al interior de cambios bruscos de temperatura, este bulbo exterior está construido de vidrio suave común, el espacio comprendido entre los dos bulbos está lleno con gas inerte. La eficiencia de estas lámparas alcanzan un valor de 65 lumens/Watts, su vida útil se calcula en 7 000 horas aproximadamente, y proporciona una eficiencia luminosa de 13 000 lumens iniciales y 11 000 lumens promedio después de 4 000 horas de servicio.

Para el cálculo del número de luminarias de vapor de mercurio de 250 Watts operado a 220 Volts (el fabricante recomienda a 6,5 m de altura y una ménsula de 1.5 m) consideraremos un nivel de iluminación de 6 luxes, que es el recomendado; considerando que las calles tienen 15 m de ancho aproximadamente en su totalidad, así como los estacionamientos, para determinar los lumens efectivos de cada

luminaria debemos considerar los siguientes factores:

Factor de utilización. Es la relación de la luz total o emitida por la fuente de luz que llega sobre el plano de trabajo, y la cantidad de luz emitida por la fuente. Este factor es obtenido de la gráfica siguiente, por lo que los lumens efectivos en la superficie de la calle son:

Lumens efectivos = 0.421

Factor de mantenimiento. Es el resultado de la depreciación de las luminarias debido al polvo que se acumula en las pantallas, etc. causando así una disminución de lumens emitidos. Este factor varía de un 70 a un 80% según al mantenimiento a que son sometidas. Para este proyecto consideraremos un 75% de factor de mantenimiento

$$D_i = \frac{l/l \times f_u \times f_m}{L_p \times A_c}$$

$D_i$  = Distancia interpostal

$l/l$  = Lumens por lámpara

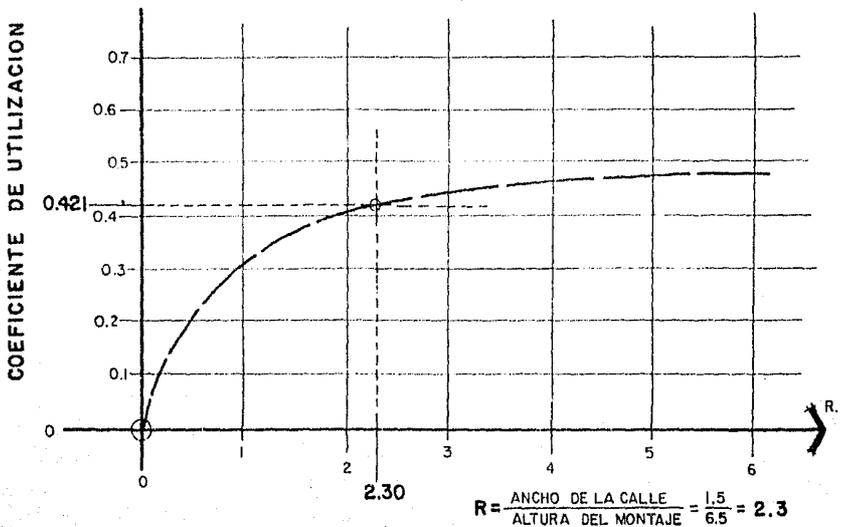
$L_p$  = Luxes promedio

$f_u$  = Factor de utilización

$f_m$  = Factor de mantenimiento

$A_c$  = Ancho de la calle

GRAFICA.-  
Curva de utilizacion.-



$$Di = \frac{11\ 000 \times 0.42 \times 0.75}{6 \times 15} = 38.5 \text{ m}$$

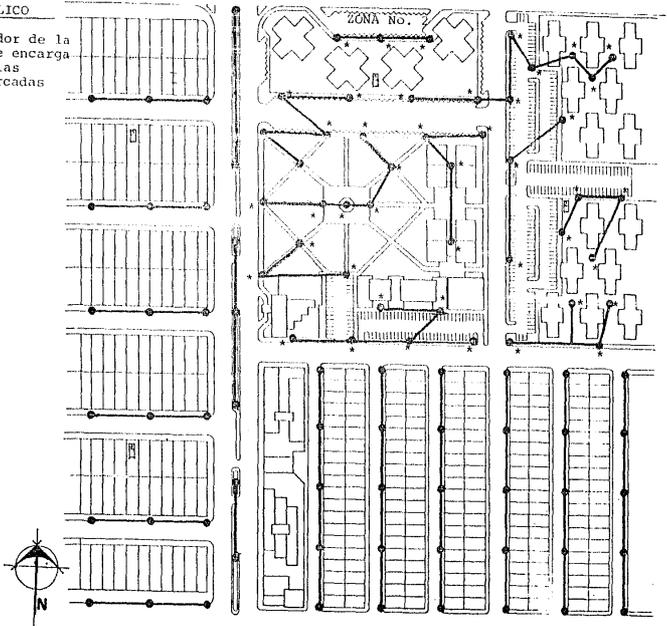
\* 39 m \*

\* Se colocaran entre 30 y 40 m

Por esta razón las luminarias son colocadas de 35 a 40 metros cada una de separación, considerandose así un buen nivel de iluminación.

ALUMBRADO PUBLICO

El transformador de la  
Zona No. 2, se encarga  
de alimentar las  
luminarias marcadas  
así ; ( \* )



Dando un total de 150 luminarias para el alumbrado público nos remitiremos a calcular la carga total del sistema:

$$A_p = \frac{\text{No. de luminarias} \times \text{Potencia de luminaria} \times 1.25}{0.85} =$$

$$A_p = \frac{150 \times 0.250 \times 1.25}{0.85} = 55.1 \text{ Kva}$$

$$A_p = 55.1 \text{ Kva}$$

Suma Total de las Cargas.

Zona 1	91.0 Kva	Densidad de carga
Zona 2	61.8 Kva	$s = 160\ 000 \text{ m}^2 = 0.16 \text{ Km}^2$
Zona 3	132.0 Kva	$D_m = 440 \text{ Kva} = 0.44 \text{ Mva}$
Zona 4	100.0 Kva	$d = 2.75 \text{ Mva/Km}^2$
$A_p$	<u>55.1 Kva</u>	
	439.9 Kva	

$$D \text{ total} = 440.0 \text{ Kva}$$



### 5.3. Subestaciones.

Nuestra densidad de carga es del órden de  $3 \text{ MVA/Km}^2$ , por lo tanto podremos utilizar transformadores desde 45 hasta 150

Kva según las normas.

El número de subestaciones lo determinaremos en base a nuestra demanda total en Kva y la capacidad de las subestaciones a elegir.

$$\text{No. de S.E.} = \frac{\text{Demanda total Kva}}{\text{Cap. de S.E. Kva}} = \frac{440 \text{ Kva}}{112.5 \text{ Kva}}$$

$$\text{No. de S.E.} = 3.91 \approx 4 \text{ trabajando al } 100\%$$

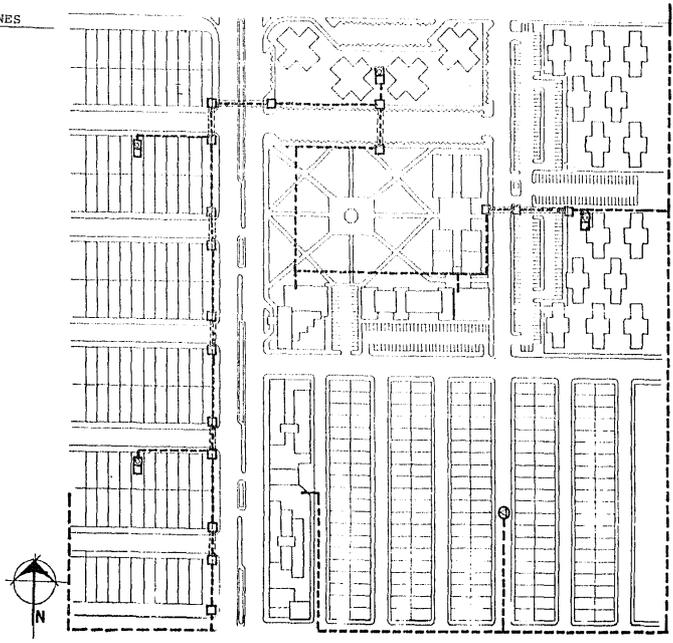
Por norma hay que dejar un 20% en cada transformador para reserva, o como un colchón de emergencia para prevenir un futuro crecimiento.

Por lo tanto, número de subestaciones = 5 transformadores de 112.5 Kva quedando al:

$$\frac{440 \times 100}{112.5 \times 5} = 79\% \approx 80\%$$

De esta manera cumplimos con la norma y tenemos un rango más amplio para poder distribuir los transformadores más convenientemente de acuerdo a su centro de carga

SUBESTACIONES



### Determinación de los Centros de Carga.

Para determinar los centros de carga, primeramente se calcula el valor de la carga total.

1. Determinar la carga individual de cada uno de los elementos que intervienen en el proyecto.
2. Determinar la demanda máxima de cada uno de ellos.
3. Sumar las demandas máximas individuales.
4. Calcular el número de subestaciones de esta forma:  
Dividimos la suma de las demandas máximas individuales entre la capacidad nominal del transformador.
5. Dividimos el área total entre el número de transformadores, el cociente anterior nos indica el número determinado de áreas iguales.
6. Calcular el centro de carga de cada una de las áreas por el método de momento de cargas.

#### 5.4. Centros de Carga.

Los centros de carga se calculan mediante el método de momento de cargas, que no es sino sumar las distancias multiplicadas por la carga instalada y dividirla entre la carga total. Utilizaremos transformadores de pedestal de 112.5 Kva para la instalación subterránea y se interconectan todas las líneas subterráneas para tener un anillo. Calcularemos, por ejemplo, la zona No. 1:

## Cálculos

Carga por edificio = 24 Kva

Carga total = (14 edificios x 3 plantas x 4 departamentos x  
2 Kva) = 336 Kva

$$X = \frac{(\text{Distancia} \times \text{carga inst.} + \text{serv.}) \times \text{No. edificios}}{\text{Carga total}}$$

$$X = (23 \times 24 + .5) 4 + (35 \times 24 + .5) 2 + 48 \times 24 + .5) 4 + \\ (63 \times 24 + .5) 2 + (75 \times 24 + .5) 2 = 15,127$$

$$X = \frac{15,127}{336} = 45.02 \text{ m}$$

$$X = 45.02$$

$$Y = \frac{(\text{Distancia} \times \text{carga inst.} + \text{serv.}) \times \text{No. edificios}}{\text{Carga total}}$$

$$Y = (26 \times 24 + .5) 3 + (56 \times 24 + .5) 2 + (75 \times 24 + .5) 2 + \\ (146 \times 24 + .5) 2 + (176 \times 24 + .5) 2 + (195 \times 24 + .5) 3$$

$$Y = 37,633$$

$$Y = \frac{37,663}{336} = 112.09 \text{ m}$$

$$Y = 112.09 \text{ m}$$

Zona 1

$$X = 45.02 \text{ m}$$

$$CC = (x,y) = (45.02, 112.09) \quad Y = 112.09 \text{ m}$$

El centro de carga para la zona 1 viene siendo en el estacionamiento con pavimento, por lo que vamos a corregirlo sobre el jardín en línea diagonal al noreste, aproximadamente 20 m, de esta forma nos unimos a la subestación del auditorio.

Los otros centros de carga:

Zona 2:

$$X = 198 \text{ m}$$

$$Y = 58 \text{ m}$$

Zona 3:

$$X = 336 \text{ m}$$

$$Y = 85 \text{ m}$$

Zona 3':

$$X = 336 \text{ m}$$

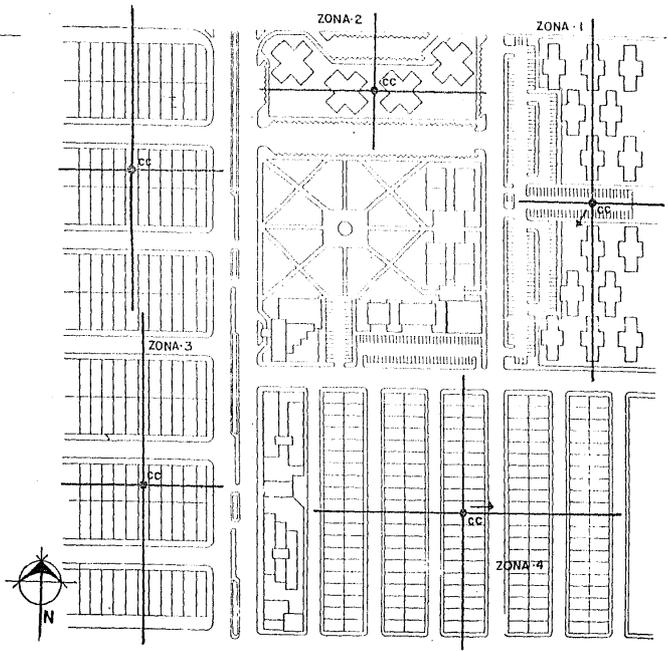
$$Y = 395 \text{ m}$$

Zona 4:

$$X = 90 \text{ m}$$

$$Y = 315 \text{ m}$$

CENTROS DE CARGA



### Cálculo de Alimentadores Secundarios Trifásicos.

Los circuitos de B.T. en fraccionamientos y conjuntos habitacionales se tienden con un sistema de tres fases a cuatro hilos.

Dependiendo de la carga, se pueden proporcionar acometidas monofásicas, bifásicas o trifásicas.

Después de efectuado el cálculo del número de subestaciones, su capacidad, localización, se determina la ruta de los alimentadores secundarios o circuitos de B.T., su longitud a las acometidas, así como el número de éstas por circuito, considerando que de cada una de ellas (subestaciones) se alimentan cuatro circuitos de B.T.

### Alimentadores Trifásicos de Sección Constante con Cargas Trifásicas.

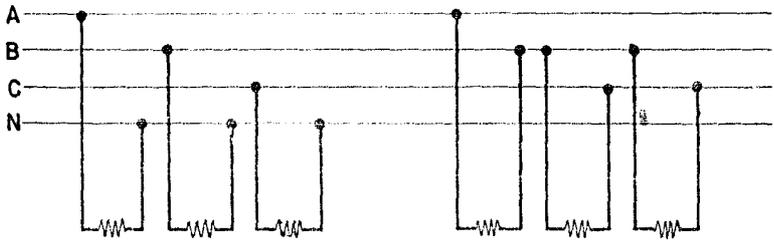
Para determinar la sección recta del conductor consideraremos la caída total de voltaje, igualándola como máximo a 4 Volts que es por norma en la Compañía de Luz y Fuerza.

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 + \dots \dots \dots E_n$$

$$E_t = I_1 L_1 Z + I_2 L_2 + I_3 L_3 + \dots \dots \dots I_n L_n Z$$

$$E_t = Z (I_1 L_1 + I_2 L_2 + I_3 L_3 + \dots \dots \dots I_n L_n)$$

La Z viene suministrada en normas de cables subterráneos como caída de tensión por fase Vol/Amp Km, siendo los más utilizados BTC 1 x 15, BTC 1 x 35, BTC 1 x 70, BTC 1 x 150, BTC 1 x 250 y BTC 1 x 400



Alimentador trifásico con cargas monofásicas fase-neutro y fase-fase.

En estos circuitos la corriente en el hilo neutro no cambia al agregar la carga entre fases.

Al agregar la carga entre fases, dos de las fases serán las afectadas.

Se considera que el área de la sección recta del neutro es igual a la mitad de las de las fases, y que la corriente  $I_{1\phi}$  y la  $I_{2\phi}$  están en fase.

$$E_t = E_f + E_n$$

$$E_t = Z (I_1 L_1 + I_2 L_2 \dots + I_k L_k) + 2/3 I_n Z_n (L_1 + L_2 \dots + L_3) + Z L_{2\emptyset} I_{2\emptyset}$$

Cálculo del Calibre del Cable en Baja Tensión.

Calcularemos una zona paso a paso para mostrar el procedimiento y así de esta forma se seguirá calculando los circuitos restantes.

Zona No. 1 Se debe alimentar 14 edificios con 6.5 KVA cada uno, que se encuentran a diferentes distancias como se muestra en el plano. Se utiliza una subestación de 112.5 KVA solamente para los edificios (porque el alumbrado público será alimentado por la subestación No. 2).

Primero se procede a encontrar la corriente de cada edificio.....

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1000}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V}} = \frac{6.5 \text{ KVA} \times 1000}{1.73 \times 220 \text{ V}} = 17.05 \text{ AMP}$$

A continuación se busca la distancia de los edificios a alimentar a la subestación.

Es muy importante la selección del cable; utilizaremos cable BTC del calibre adecuado (ver norma siguiente). Cuidaremos de no sobrepasarnos de un 3% de caída de tensión.

Tomaremos el primer circuito que alimentará el 1, 2 y 3 siguiendo el cálculo de caída total de voltaje primeramente de la subestación hasta el punto cc<sub>123</sub> pues es donde se centra toda la corriente.

Emplearemos el cable BTC 1 x 35 =

$$0.58 \frac{\text{volts}}{\text{amp-km}} \text{ (ver norma).}$$

$$e_t = zL (I_1 + I_2 + I_3)$$

$e_t$  = caída de voltaje.

$z$  = caída de tensión por fase

$L$  = distancia en Km.

$I$  = corriente de cada carga.

Sustituyendo

$$e_t = (0.58) (0.100) (17.05 \times 3)$$

$$e_t = 2.96 \text{ Volt; } e_{cc} = 2.3\%$$

Esto significa que 2.96 volts para 127 volts es el 2.3% de caída de tensión.

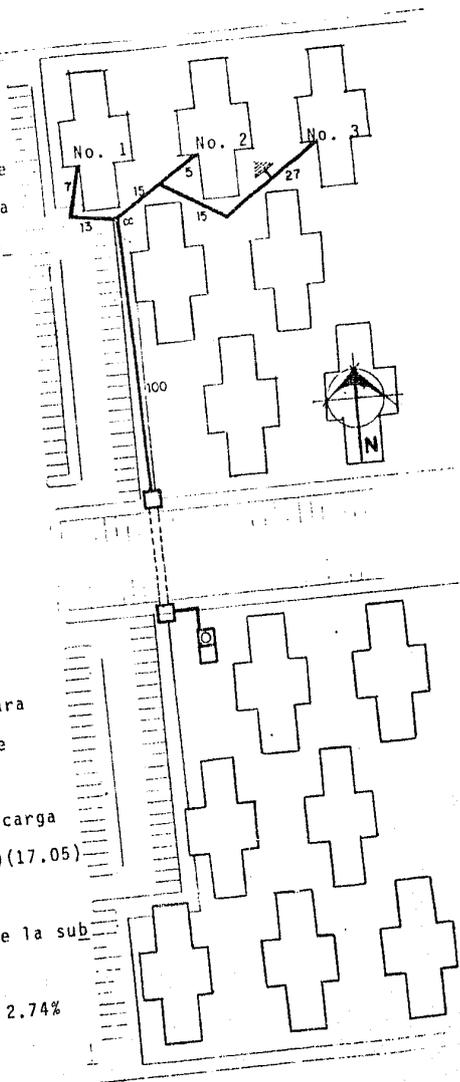
Ahora del punto cc<sub>123</sub> hasta la carga

$$\text{más distante } e_t = (0.58)(0.057)(17.05)$$

$$e_t = 0.56 \text{ volt; } e_3 = 0.44\%$$

un total de caída de voltaje de la subestación a la carga

$$\%e_T = e_{cc} + e_3 = 2.3 + 0.44 = 2.74\%$$



Alimentandonos de otro circuito de la subestación proveremos de corriente eléctrica a 4,5,6 y 7 como se muestra en el plano.

Usaremos el BTC 1 x 35 hasta cc<sub>4567</sub>

$$e_t = z L (I_4 + I_5 + I_6 + I_7)$$

$$e_t = (0.58)(0.045)(17.05 \times 4)$$

$$e_t = \underline{1.78 \text{ volts}}; \%e_{cc} = \underline{1.4\%}$$

De aquí en adelante utilizaremos el BTC 1 x 15 = 1.39  $\frac{\text{volts}}{\text{amp-Km}}$

Se calcula para el edificio más distante (No. 5), nos situamos en el otro empalme cc<sub>45</sub>.

$$e_t = z L (I_4 + I_5)$$

$$e_t = (1.39)(0.025)(17.05 \times 2)$$

$$e_t = \underline{1.18 \text{ volts}}; \%e_{45} = \underline{0.93\%}$$

Ahora de aquí al edificio No. 5

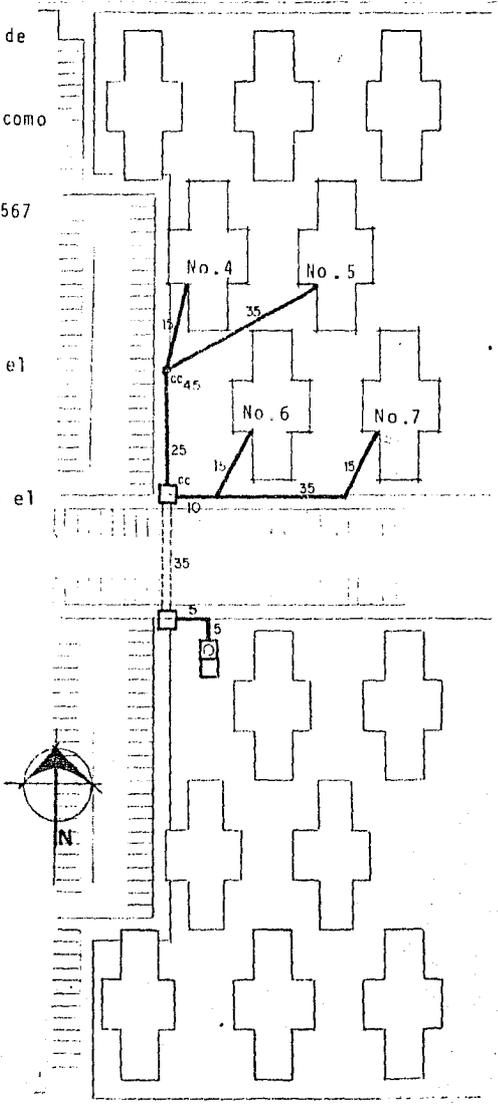
$$e_t = (1.39)(0.035)(17.05)$$

$$e_t = \underline{0.829 \text{ volts}}; \%e_5 = \underline{0.065\%}$$

$$\%e_T = e_{cc} + e_{45} + e_5$$

$$\%e_T = 1.4 + 0.93 + 0.65$$

$$\%e_T = \underline{\underline{2.98\%}}$$

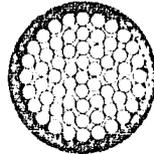
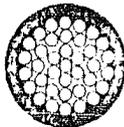
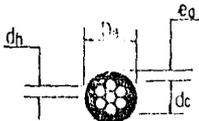


# CABLES BTC

1x15 a 1x400

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0041

1 de 2



7 hilos

19 hilos

37 hilos

61 hilos

CS

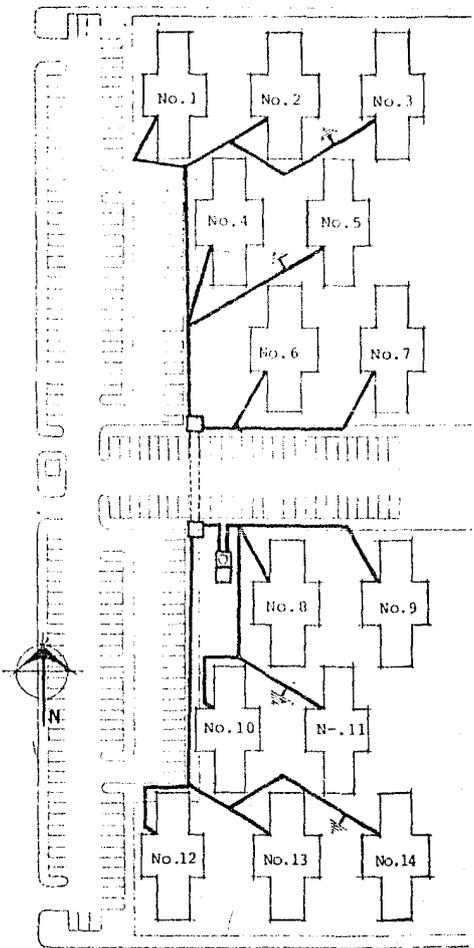
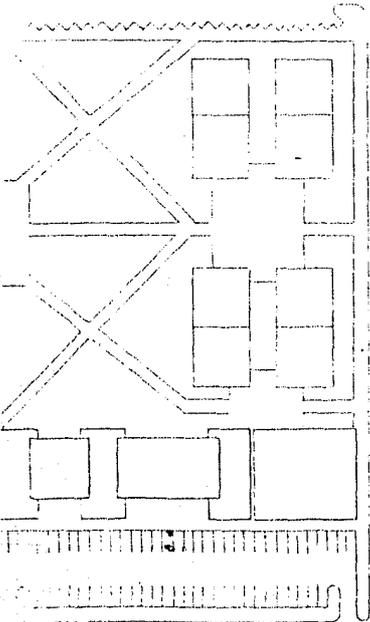
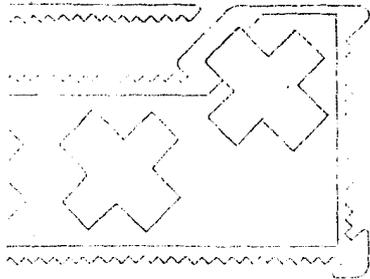
SIM BOLD	CARACTERISTICAS	UNIDAD	CABLES BTC					
			1x15	1x25	1x20	1x150	1x250	1x400
N	Sección nominal del conductor de cobre	mm <sup>2</sup>	15	35	75	150	250	400
	Sección real del conductor de cobre	mm <sup>2</sup>	13,5	33,6	67,4	152,1	253,2	405,4
	Número de hilos	-	7	7	19	37	57	61
	d <sub>c</sub> Diámetro del conductor	mm	4,67	7,42	10,62	16,00	20,55	26
	d <sub>h</sub> Diámetro de cada hilo	mm	1,55	2,47	2,13	2,29	2,95	2,9
e <sub>a</sub>	Espesor del aislamiento de polietileno de cadena cruzada	mm	1,57	1,57	1,93	2,39	2,39	2,77
D <sub>h</sub>	Diámetro del cable	mm	7,61	10,55	14,59	20,78	23,45	31,54
	Peso aproximado del cobre	Kg/Km	129	205	511	1377	2295	3725
	Peso aproximado del aislamiento	Kg/Km	28,05	40,75	72,05	136,95	174,50	252
	Peso total del cable	Kg/Km	148,05	345,75	583,05	1503,95	2469,50	3978
	Longitud del tramo de cable	m	500	500	500	500	500	300
	Tolerancia en longitud	%	+5	+5	+5	+5	+5	+5
	Peso del tramo de cable	Kg	74,03	172,88	291,53	751,98	1234,75	1989,4
R <sub>ca</sub>	Resistencia óhmica a 50 Hz y 90°C	Ohm/Km	1,685	0,655	0,333	0,149	0,090	0,053
X	Reactancia a 50 Hz circuito trifásico cables horizontales	Ohm/km	0,078	0,078	0,075	0,075	0,075	0,044
ΔV	Caída de tensión por fase	$\frac{\text{Volt}}{\text{Amp-Km}}$	1,394	0,5795	0,312	0,163	0,117	0,071
I	Enterrados corriente normal de trabajo	Amp	110	170	270	420	-	-
	Enterrados corriente máxima de trabajo	Amp	150	240	350	520	-	-
	En aire corriente normal de trabajo	Amp	-	-	-	-	450	600
	En aire corriente máxima de trabajo	Amp	-	-	-	-	700	950

En esta parte de los cálculos podemos apreciar que los cables a usar serán los BTC 1 x 15 de esta forma:

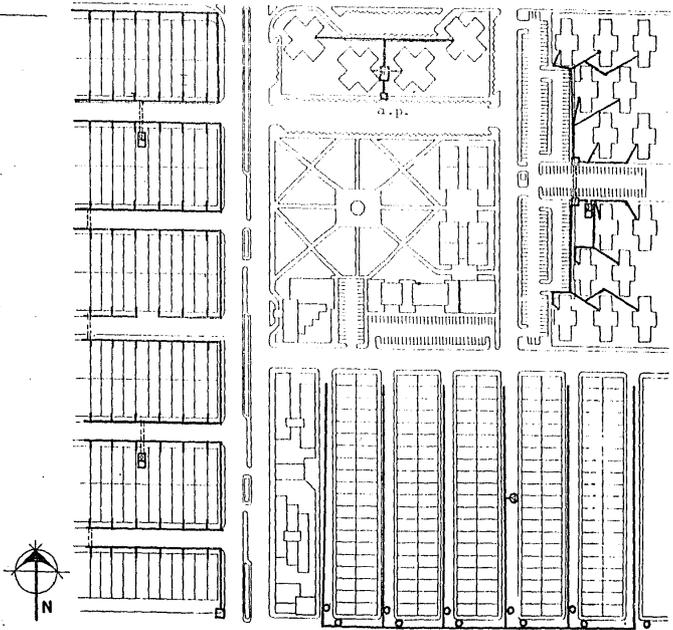
Circuito No. 1	Cable	Metros
de la subestación al cc (centro de carga)	BTC 1 x 35	100
del cc al No. 1	BTC 1 x 35	20
del cc al No. 2	BTC 1 x 35	20
del cc al No. 3	BTC 1 x 35	42

#### Circuito No. 2

de la subest. al cc	BTC 1 x 35	45
de cc al cc <sub>4,5</sub>	BTC 1 x 15	25
del cc <sub>4,5</sub> al No. 4	BTC 1 x 15	15
del cc <sub>4,5</sub> al No. 5	BTC 1 x 15	35
del cc al cc <sub>6,7</sub>	BTC 1 x 15	10
del cc <sub>6,7</sub> al No. 6	BTC 1 x 15	15
del cc <sub>6,7</sub> al No. 7	BTC 1 x 15	40



BAJA TENSION



### Cálculo de Calibre de Cable en Mediana Tensión.

En este cálculo sumaremos todas las zonas que atraviesa el anillo y tendremos la consideración que se alimenta por cualquiera de los dos extremos.

Suma de las Potencias de las Subestaciones:

Zona 1            112.5   KVA.

Zona 2            112.5   KVA.

Zona 3            112.5   KVA.

Clinica            300.0   KVA.

C. Comercial    300.0   KVA.

---

1050.0   KVA.

Calculamos la corriente total:

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1000}{\sqrt{3} \cdot E}$$

Por corriente:

$$I = \frac{1050}{\sqrt{3} \cdot 23} = 26.3 = 27 \text{ AMP.}$$

Por caída de tensión:

$$e_t = Z \cdot L \cdot I$$

(viendo la norma siguiente 23 TC)

$$1 \times 50 = 0.468 \frac{\text{volt}}{\text{amp-km}}$$

Substituyendo:

$$(L = 1200\text{m})$$

$$e_t = (0.468) (1.2) (27) = 15.16 \text{ Volt.}$$

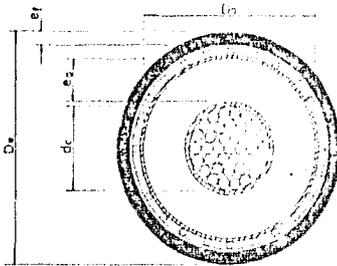
$$e_t = 15.2 \text{ volt.} \quad : \quad \%e = 0.06\%$$

Por lo que emplearemos el cable 1 x 50 siendo éste el más chico usado en las normas.

# CABLES 23 TC 1x50 a 1x240

NORMAS LYF  
MATERIAL  
2.0002

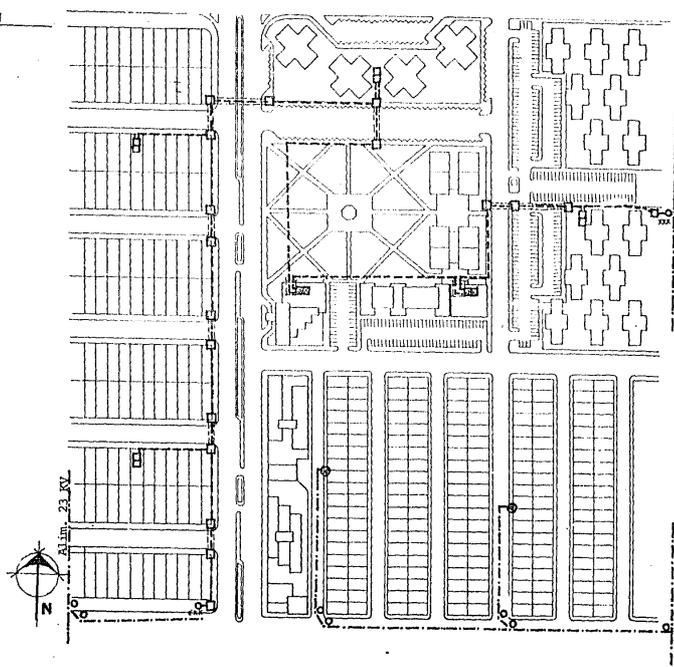
1 de 2



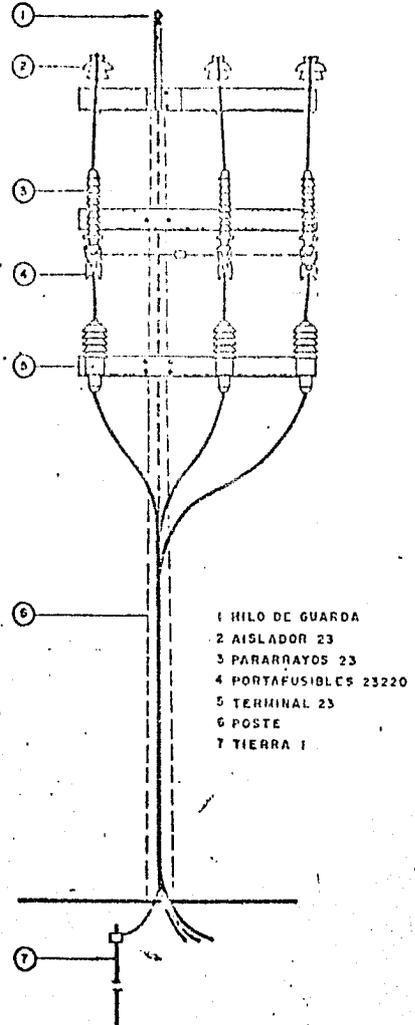
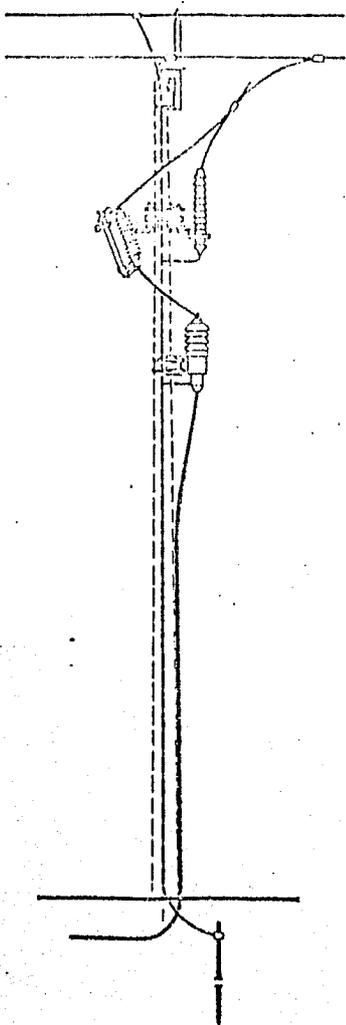
- Conductor interior compacto
- Pantalla semiconductora sobre el conductor
- Aislamiento de polietileno de cadena cruzada
- Pantalla semiconductora sobre el aislamiento
- Conductor exterior (neutro)
- Cinta reunidora (Nylar ó equivalente)
- Cubierta exterior polietileno

Símbolo	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	CABLES 23 TC			
			1 x 50	1 x 70	1 x 150	1 x 240
$S_{r_1}$	Sección real de cobre de cada conductor	$mm^2$	53.48	57.43	152	253.2
	Número de hilos	-	19	19	37	37
$d_c$	Diámetro del conductor	mm	8.70	9.25	14.63	19.87
$e_a$	Pantalla semiconductora sobre el conductor	mm	0.4	0.4	0.4	0.4
	Espesor Aislamiento, Polietileno de Cadena Cruzada	mm	8.75	8.75	8.75	8.75
$D_a$	Diámetro sobre el aislamiento	mm	28.0	29.05	34.40	36.42
	Pantalla semiconductora sobre el aislamiento	mm	1.0	1.0	1.0	1.0
	Diámetro hilo, conductor exterior - (neutro)	mm	1.29	1.53	1.63	1.63
	Número de hilos, conductor exterior (neutro)	-	20	15	25	40
$e_f$	Espesor cubierta exterior de polietileno	mm	2.03	2.03	2.03	2.79
$D_e$	Diámetro exterior del cable	mm	37.40	39.13	44.25	50.0
	Peso aproximado del cobre	Kg/Km	452.5	533.5	1357.5	2172
	Peso aproximado del aislamiento	Kg/Km	501	529	571	786
	Peso aproximado total del cable	Kg/Km	1405	1573	2755	4119
	Longitud del tramo de cable	m	500	500	500	500
	Tolerancia en longitud	%	$\pm 5$	$\pm 5$	$\pm 5$	$\pm 5$
	Peso del tramo de cable	Kg	703	837	1382	2030
	Carrete U.S.	-	6.12.8	6.12.8	8.15.8	3.15.8
$R_{ca}$	Resistencia eléctrica a 60 Hz y 90°C	Ohms/Km	0.429	0.341	0.154	0.095
X	Reactancia a 50 Hz, circuito trifásico, cables horizontales uno junto a otro	Ohms/Km	0.214	0.209	0.188	0.179
$\Delta V$	Caída de tensión por fase	$\frac{Volt}{Amp-Km}$	0.459	0.397	0.235	0.183
	Corriente normal de trabajo	A	180	220	350	475
	Corriente máxima de trabajo	A	250	300	450	595

MEDIANA TENSION



Alim. 23 KV



- 1 HILO DE GUARDA
- 2 AISLADOR 23
- 3 PARARRAYOS 23
- 4 PORTAFUSIBLES 23220
- 5 TERMINAL 23
- 6 POSTE
- 7 TIERRA I

**ACOMETIDA 23NTC**

74

CIUDADELA 21 ENERO / 75

## VI MATERIALES

6.1. Selección de Cables. Para seleccionar cables de energía a usar, debemos tomar en cuenta que funcionen con el mínimo mantenimiento y a la máxima confiabilidad, a la vez con el mínimo costo anual. Esto quiere decir, que los cables deberán de ser diseñados adecuadamente, hechos con materiales de calidad, correctamente seleccionados e instalados cuidadosamente.

Naturalmente que el problema de seleccionar los cables es un procedimiento muy complejo, debido no solamente a la gran variedad de materiales, sino también a los diversos ambientes en los cuales se instalan los cables.

En un cable de energía intervienen tres elementos básicos: conductor, aislamiento y cubierta; y dos elementos suplementarios: pantallas y armaduras.

A continuación se hará un estudio analizando estos diferentes elementos constructivos, dando las bases para su selección.

### 6.2. Conductores.

El cobre suave se ha usado desde ya hace muchos años por su buena conductividad eléctrica, su facilidad para procesarse, empalmarse, terminarse, etc.

El cobre es muy resistente a la corrosión sin embargo, algunos ingredientes de ciertos tipos de aislamientos tienden a corroerlo, por lo que en estos casos se usa una capa de estaño para su protección.

El aluminio es también un material adecuado para muchas aplicaciones, su conductividad es de solo un 61% de la del cobre, en base al volúmen, pero tiene la ventaja de su menor esfuerzo de ruptura y mayor resistencia a la corrosión; requiere precauciones especiales al conectarse y terminarse.

Existen tres criterios base para seleccionar el calibre del conductor: esfuerzo físico, ampacidad y voltaje de operación.

El primero se refiere a que el conductor debe ser lo suficiente fuerte para que resista el rigor de su manejo durante su instalación, especialmente cuando el cable va a ser jalado en ductos o en postes para limitar la catenaria. La ampacidad es función del límite térmico del aislamiento y del tipo de instalación, es decir, la habilidad del cable para disipar el calor.

El voltaje de operación entra en la sección del calibre del conductor debido a la necesidad de mantener el esfuerzo dieléctrico en la superficie del conductor, dentro de los límites tolerables del aislamiento que se use.

Tratándose de líneas aéreas los conductores de cobre resultan satisfactorios y en caso de grandes claros se puede recurrir a un conductor de cobre con núcleo de acero (copperweld).

En la actualidad, el aluminio está desplazando al cobre en la utilización de conductores debido principalmente a su menor peso, a igualdad de resistencia eléctrica y longitud, que también se traduce como más economía.

El conductor de aluminio con alma de acero llamado ACSR resulta más barato que el equivalente de cobre, teniendo la ventaja de ser más ligero, con lo que se puede trabajar con flechas menores.

Actualmente los calibres normalizados más empleados para:

- a. Mediana tensión. Se utiliza en alimentadores ALD-4/0, ALD-336 y ALD-556 en ramales ACSR-2 y ACSR-1/0.
- b. Baja Tensión. Se utiliza en línea abierta el CUD-4 y CUD-1/0 y en desuso por ser antieconómico el Neutramel o cable BMCU.

De acuerdo a la topografía del lugar donde se efectuará la electrificación podemos contar con varios montajes, tanto en media como en baja tensión.

Para los montajes en mediana tensión se dispone de diferentes tipos de crucetas y de acuerdo a este se le asigna la clave de montaje siendo los más conocidos el paso 23,

# CABLES Ald (ALUMINIO DESNUDO)

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0109

1 de 2



7 hilos



19 hilos

NOMBRE	Hilos	Equiva- lente al Gud	Diáme- tro d	Sección	Resisten- cia C.A. a 50°C	Resis- tencia mecáni- ca Lími- te Kg	Corrien- te nor- mal de trabajo	Folio
		AWS o MCM	mm	mm <sup>2</sup>	Ohm/Km	Amper		
CABLE Ald 4	7	6	5.00	21.45	1.515	410	120	LA-21-304
CABLE Ald 2	7	4	7.42	33.63	0.949	621	160	LA-21-302
CABLE Ald 1/0	7	2	9.36	53.48	0.599	939	220	LA-21-300
CABLE Ald 2/0	7	1	10.51	57.43	0.475	1157	240	LA-21-320
CABLE Ald 3/0	7	1/0	11.80	85.03	0.375	1425	290	LA-21-330
CABLE Ald 4/0	7	2/0	13.25	107.2	0.298	1764	330	LA-21-340
CABLE Ald 265	19	3/0	15.06	135.2	0.237	2195	420	LA-21-3255
CABLE Ald 335	19	4/0	15.90	170.5	0.189	2948	470	LA-21-3355
CABLE Ald 555	19	350	21.74	282.0	0.101	4750	550	LA-21-3555

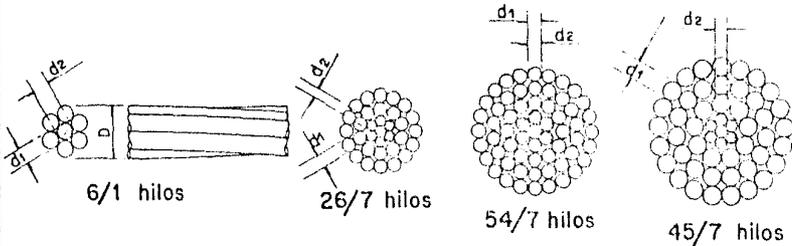
NOMBRE	Peso Kg/km	Cantidad por carrete		Cable		Uso
		m	Kg	Ald 4	Ald 2	
CABLE Ald 4	57.7	5000	209	Ald 4 fase	Ald 4 neutro	Todos los tramos de AP serie y múltiple
CABLE Ald 2	91.8	3500	321	Ald 4 fase	Ald 4 neutro	Todos los tramos de baja tensión de transformadores de 10 Kva
CABLE Ald 1/0	145.0	2000	292	Ald 2 fase	Ald 2 neutro	Todos los tramos de baja tensión de transformadores de 25 Kva y con --
CABLE Ald 2/0	164.2	1500	275	Ald 2 fase	Ald 2 neutro	transformadores de 50, 75 y 100 des- pués del primer crucero
CABLE Ald 3/0	232.2	1300	302	Ald 2 fase	Ald 2 neutro	
CABLE Ald 4/0	292.5	1000	293	Ald 2 fase	Ald 2 neutro	
CABLE Ald 265	370.0	1000	370	Ald 3/0 fase	Ald 2 neutro	Los primeros tramos de B.T. a cada lado de transformadores de 50, 75 y 100 Kva
CABLE Ald 335	457.7	1500	700	Ald 335	Ald 335	Líneas de 6 Kv y 23 Kv
CABLE Ald 555	773.9	1500	1160	Ald 555	Ald 555	Líneas de 23 Kv

Nota: Los cables de calibre 1/0, 2/0, 4/0 y 265 no son de uso normal

# CABLES ACSR

NORMAS LyF  
MATERIAL  
2.0099

1 de 2

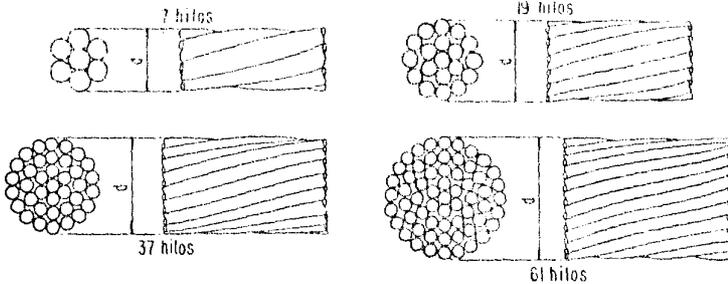


NOMBRE	No. de Hilos		Equivalen- te al Cud	Diámetros			Sección		Resistencia C.A. a 65°C con corr, normal Ohm/Km	Resisten- cia mecá- nica lfm te Kg	Corrien- te nor- mal de trabajo Amp
	Al	Ace- ro		D mm	d1 mm	d2 mm	Al mm <sup>2</sup>	Total mm <sup>2</sup>			
CABLE ACSR 8	6	1	10	4.00	1.33	1.33	8.37	9.26	4.06	340	55
CABLE ACSR 6	6	1	8	5.04	1.68	1.68	13.30	15.52	2.56	530	73
CABLE ACSR 4	6	1	6	6.36	2.12	2.12	21.15	24.68	1.64	630	120
CABLE ACSR 2	6	1	4	8.01	2.67	2.67	33.63	39.24	1.07	1260	160
CABLE ACSR 1/0	6	1	2	10.11	3.37	3.37	53.48	62.39	0.696	1925	220
CABLE ACSR 2/0	6	1	1	11.35	3.78	3.78	67.43	78.67	0.558	2400	240
CABLE ACSR 3/0	6	1	1/0	12.74	4.25	4.25	85.03	99.20	0.448	3000	290
CABLE ACSR 4/0	6	1	2/0	14.31	4.77	4.77	107.2	125.1	0.364	3760	330
CABLE ACSR 336	26	7	4/0	18.31	2.89	2.25	170.5	198.3	0.198	6220	470
CABLE ACSR 556	26	7	175	23.50	3.72	2.89	282.6	328.5	0.121	10310	630
CABLE ACSR 795	54	7	500	27.76	3.08	3.08	402.8	455.0	0.085	12480	800
CABLE ACSR 954	54	7	600	30.37	3.37	3.37	483.4	545.8	0.070	14950	900
CABLE ACSR 1113	45	7	700	31.98	3.99	2.65	564.0	602.9	0.061	13590	1000

NOMBRE	Peso			Cantidad por carrete		Uso: En líneas	Folio
	Total Kg/Km	Aluminio Kg/Km	Aceru Kg/Km	m	Kg		
CABLE ACSR 8	33.8	22.9	10.9	4150	140	Telefónicas	
CABLE ACSR 6	53.4	36.3	17.1	5300	283		
CABLE ACSR 4	85.3	57.9	27.4	3300	283	6 Kv	
CABLE ACSR 2	135.4	92.0	43.4	2100	283		
CABLE ACSR 1/0	215.6	146.4	69.2	2600	565	6 Kv y 23 Kv	
CABLE ACSR 2/0	271.6	184.4	87.2	2100	565		
CABLE ACSR 3/0	342.6	232.8	109.8	1650	565	23 Kv	
CABLE ACSR 4/0	431.9	293.3	138.6	1300	565		
CABLE ACSR 336	687.5	470.2	217.2	2000	2000	6 Kv, 23 Kv y 85 Kv	
CABLE ACSR 556	1142.1	782.9	359.2	1775	2027		
CABLE ACSR 795	1520.7	1113.0	407.7	1527	2322	85 Kv y 150 Kv	
CABLE ACSR 954	1824.3	1334.7	489.6	1271	2319		
CABLE ACSR 1113	1665.5	1562.6	303.9	1006	1878	85 Kv y 220 Kv	

# CABLES Cud 4 a 400

NORMAS LYF  
MATERIAL  
2.0102



CS  
LA

NOMBRE	Hilos	d mm	Sección mm <sup>2</sup>	Resistencia CA a 50°C Ohm/Km	Carga de ruptura media Kg	Corriente máxima permanente a 50°C Amp.
CABLE Cud 4 *	7	5.08	21.15	0.9735	910	180
CABLE Cud 1/0	7	9.35	53.40	0.3291	1800	310
CABLE Cud 2/0 *	7	10.51	67.43	0.3005	2255	360
CABLE Cud 3/0 *	7	11.80	85.03	0.2298	2925	420
CABLE Cud 4/0	7	13.25	107.2	0.1894	3543	480
CABLE Cud 175 *	19	17.24	177.2	0.1213	5534	670
CABLE Cud 250 *	37	20.65	253.2	0.0750	6600	840
CABLE Cud 400	61	25.17	405.00	0.0500	10500	1135

NOMBRE	Peso Kg/Km	Cantidad por carrete		Folio
		m	Kg	
CABLE Cud 4 *	192.0	520	100	LA-23- 4
CABLE Cud 1/0	485.0	1500	730	LA-23- 0
CABLE Cud 2/0 *	611.0	1500	920	LA-23-20
CABLE Cud 3/0 *	771.7	1500	1160	LA-23-30
CABLE Cud 4/0	973.1	1300	1267	LA-23-40
CABLE Cud 175 *	1609.0	1300	2092	LA-23-175
CABLE Cud 250 *	2250.0	500	1149	LA-23-250
CABLE Cud 400	3576.0	350	1287	LA-23-400

\* Solo para mantenimiento

**CARACTERISTICAS**

Cobre electrolítico { Semiduro, torcido clase A:250  
Suave, torcido clase B:250

Coefficiente de dilatación  $\alpha = 16.5 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ .

Módulo de elasticidad del cobre semiduro  $E = 1000 \text{ 000 Kg/cm}^2$

Torcido capa exterior es izquierda

Peso mayor que 10d y menor que 14d

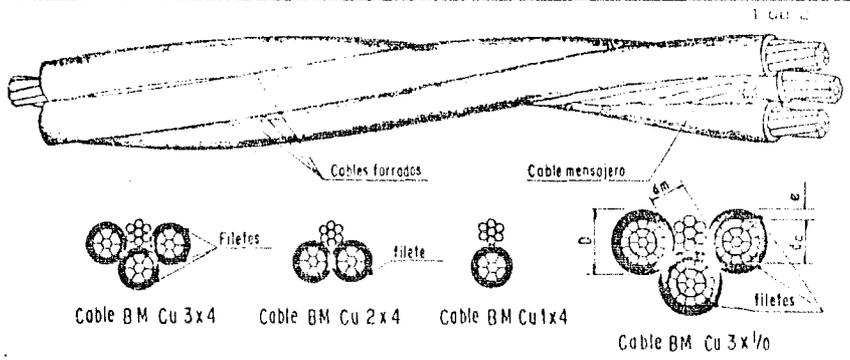
Tolerancia en peso  $\pm 1\%$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Resistencia } R_1 \text{ a temperatura } t_1 \\ \text{Resistencia } R_2 \text{ a temperatura } t_2 \end{array} \right\} \frac{R_1}{R_2} = \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1}$$

# CABLE BM Cu

## 3x4, 2x4, 1x4, 3x1/0

NORMAS LYF  
MATERIAL  
2.0096



CABLES DE COBRE FORRADOS										
NOMBRE	Calibre AWG	Nº hilos	Dimensiones				Sección del cobre mm	Resistencia C.A. a 50°C Ohm/km	Corriente normal trab. Amp.	
			dc mm	D mm	Aislamiento					
					En mm	Tolerancia %				
CABLE BM Cu 3x4	4	7	5.46	7.74	1.14	-10	21.15	0.980	105	
CABLE BM Cu 2x4	4	7	5.46	7.74	1.14	-10	21.15	0.980	105	
CABLE BM Cu 1x4	4	7	5.46	7.74	1.14	-10	21.15	0.980	105	
CABLE BM Cu 3x1/0	1/0	19	8.70	11.74	1.52	-10	53.48	0.385	195	

CABLE DE COBRE MENSAJERO										
NOMBRE	Calibre AWG	Nº hilos	dm mm	Sección mm²	Resistencia C.A. a 50°C Ohm/km	Resistencia mec. límite kg	Corriente normal trab. Amps	Peso kg/km	Correte	
									Longitud normal m	Peso kg
CABLE BM Cu 3x4	4	7	5.88	21.15	0.950	890	105	850	650	553
CABLE BM Cu 2x4	4	7	5.88	21.15	0.950	890	105	530	900	567
CABLE BM Cu 1x4	4	7	5.88	21.15	0.950	890	105	410	900	369
CABLE BM Cu 3x1/0	2	7	7.42	33.62	0.605	1400	180	1920	225	432

USO: Fijado el cable mensajero con Soporte M9 a postes A, C ó M, forma líneas de baja tensión aisladas para dificultar el fraude, usandose el cable mensajero como neutro.

**CARACTERISTICAS**

Cables forrados: Conductor.- Cable compacto redondo de cobre según Especificaciones EIE-C-54.

Forro: Polietileno negro, debe cumplir antes de aplicarse con la Norma ASTM-D - 1248-60T, Tipo III-Clase C grado 3 y después de aplicado con las Especificaciones EIE-C-82.

Cable mensajero: Cable concéntrico de cobre duro según Especificaciones EIE-C-51-63.

- Peso de los cables forrados alrededor del mensajero = 500 a 600.

V 23 CL, V 23 L, etc.

Para la B.T. se puede disponer de dos arreglos principalmente:

1. Línea abierta desnuda. Está soportada mediante bastidores 84, quedando las fases arriba y el neutro en la parte inferior, utilizando carretes de porcelana en las fases para obtener un aislamiento adecuado y el neutro se fija con rollos de zinc o de fierro fundido que ponen a tierra todo el herraje, o también en posición horizontal soportada por crucetas 44 o 44V con aisladores B y rollo H para el neutro.

2. Línea trenzada o BMcu. Los conductores están aislados y trenzados alrededor de un cable desnudo que sirve de neutro, y el cual se fija al poste con soporte MR.

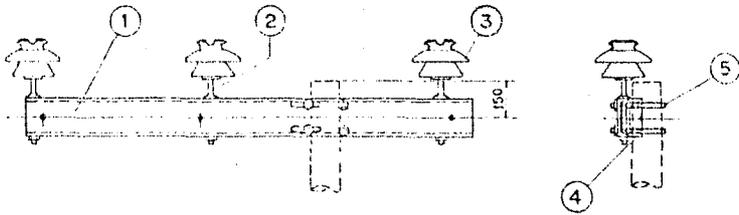
Para cables subterráneos. En términos generales para alimentadores de B.T. se utilizan dos tipos de cables: los llamados cables secos, B.T.C., que son con aislamiento de cadena cruzada de polietileno, termofijo; y los cables en aceite, B.P.T., con aislamiento de papel y cubierta de plomo, así como cubierta exterior termoplástica.

### 6.3. Aislamientos.

Existe una gran variedad de aislamientos que se han venido usando en cables de energía, sin embargo, los materiales

# MONTAJE PASO 23

NORMAS LyF  
MONTAJE  
4.0008



Esc 1:20

Acotaciones en mm

Ref	Cant	Unidad	NOMBRE	Norma	Folio
1	1	Pza	CRUCETA 63	2.3100.34	
2	3	Pza	ALFILER 225	2.0730.20	
3	3	Pza	ALICATOR 25	2.0520.65	
4	1	Pza	PIED 55 ó 65	2.3250.20	
5	2	Pza	RODAPUEBRA 50 ó 60	2.0020.20	

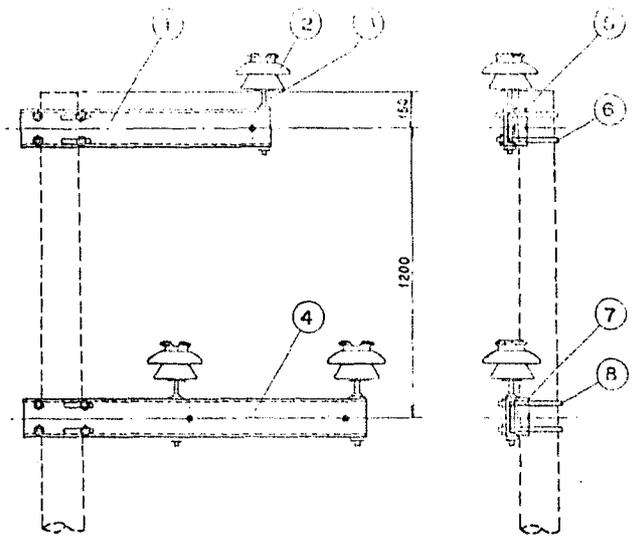
NOTA: Instalado en postes de acero o concreto soporta línea de 23 KV con cables ACSR o -  
ALS.

CLAVE DEL MONTAJE:

23 = 23,000 volts

# MONTAJE PASO V 23CL

NORMAS LYF  
MONTAJE  
4.0009



LA

Esc 1:20

Anotaciones en mm

Ref	Cant	Unidad	NOMBRE	Norma	Folio
1	1	Pza	CRUCETA 51 V	2.3100.25	
2	3	Pza	AISLADOR 23	2.0620.55	
3	3	Pza	ALFILER 23S	2.0720.20	
4	1	Pza	CRUCETA 62 V	2.3100.25	
5	1	Pza	DADO 65 & 65	2.3350.20	
6	2	Pza	ABRAZADERA 5U & 5U	2.0020.80	
7	1	Pza	DADO 67 & 65	2.3350.20	
8	2	Pza	ABRAZADERA 7U & 5U	2.0020.80	

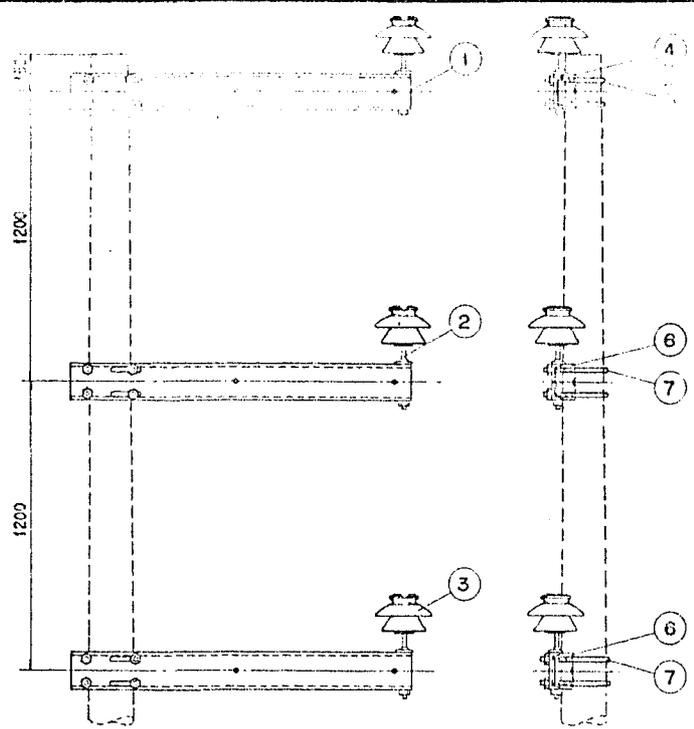
USO: Instalado en poste C 43 & 45, soportar líneas de 23 kV, con Cable ADBA o Ald, en casos especiales.

**CLAVE DEL NOMBRE:**

- V = Volado
- 23 = 23,000 Volts
- C = Cortas (crucetas 51 V)
- L = Largas (crucetas 62 V)

# MONTAJE PASO V 23L

NORMAS LyF  
MONTAJE  
4.0011



LA

Esc 1:20

Anotaciones en mm

Ref	Cant	Unidad	NOMBRE	Norma	Folio
1	3	Pza	CRUCETA 33V	2.3100.25	
2	3	Pza	ALFILER 235	2.0720.20	
3	3	Pza	AISLADOR 23	2.0300.25	
4	1	Pza	DADO 65 d 65	2.3350.20	
5	2	Pza	BRAZADERA 5U d 5U	2.0020.80	
6	2	Pza	DADO 67 d 65	2.3350.20	
7	4	Pza	BRAZADERA 7U d 6U	2.0020.80	

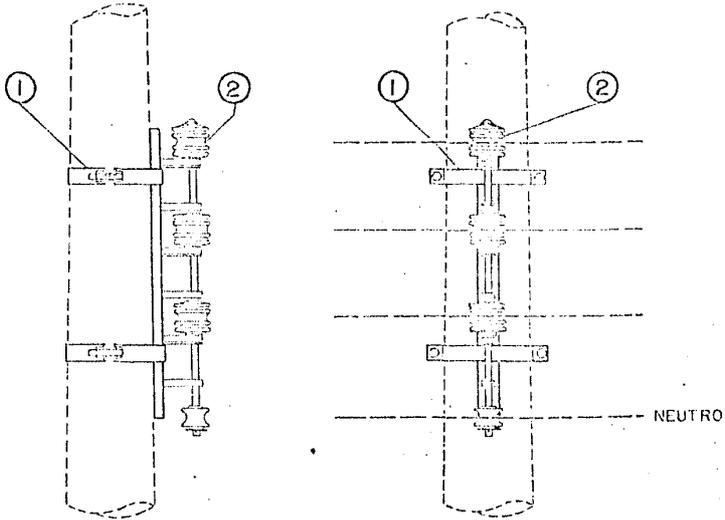
USO: Instalado en postes D 40 ó 45 soportar línea de 23 KV con Cable ACSR o Ald, a lo largo de aceras muy estrechas o en calles donde existan edificios volados.

CLAVE DEL NOMBRE:  
 V = Volts  
 23 = 23,000 Volts  
 L = Largas (crucetas 62 V)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

# MONTAJE PASO BT 3

NORMAS LYF  
MONTAJE  
4.0082



Esc. 1:15

Ref	Cant	Unidad	NOMBRE	Norma	Folio
1	2	ozs	ARMADURA BCL, BCL o BCL	2.1620.20	
2	1	ozs	BASTIDOR 24	2.1620.75	

NOTA: Instalado en poste de concreto o acero, soporta línea de baja tensión formada por 3 conductores de fase y neutro en tramos rectos y deflexiones hasta de 20°.

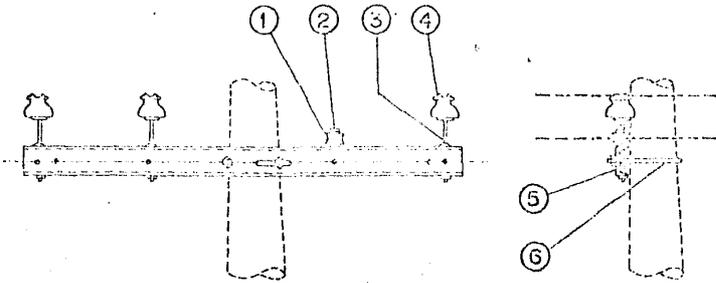
CLAVE DEL DIBUJO:

1 = Baja Tensión

2 = Bastidor

# MONTAJE PASO BT 2

NORMAS L.F.F  
MONTAJE  
4.0078



Erc 1:15

Ref	Cant	Unidad	NOMBRE	Norma	Folio
1	1	pza	POLO H	2.8500.10	
2	1	pza	TERMINAL PAS 5/8" x 4		
3	3	pza	ALFILER 50	2.0730.10	
4	3	pza	ASLADOR 8	2.0820.02	
5	1	pza	CRUCETA 40	2.3100.10	
6	1	pza	APROXIMADA 50, 60, 80	2.0010.00	

USO: Instalado en poste de concreto o acero, soporta línea de Baja Tensión formada por 3 conductores de fase y neutro en tramos rectos y deflexiones hasta de 20°

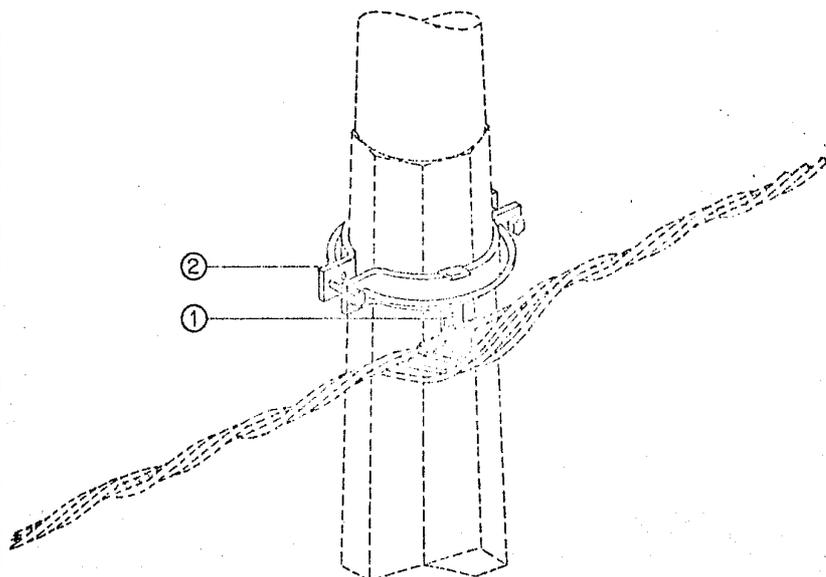
CLAVE DEL NOMBRE:

BT = Baja Tensión

2 = Cruzeta

# MONTAJE PASO BT 1

NORMAS LAF  
MONTAJE  
4.0071



Ref	Cant	Unidad	NOBRE	Norma	Folio
1	1	oza	ESPOCETE EN	2.2008.18	
2	1	oza	ANILLO EN S, 7 u 8	2.1000.02	

USO: Instalado en postes de concreto o acero, asegura cable EM Cu en tramos rectos y en deflexiones hasta de 20°, usamos para la fijación del mensajero al soporte M3 alambre Cud 4, según Norma LAF 2.0700.18

**CLAVE DEL NOBRE:**

BT = Baja tensión  
1 = Cable EM Cu

mas adecuados para usarse en cables de media tensión, basados en la experiencia son: papel impregnado, PVC polietileno, butilo, etilenopropileno (EP) y polietileno de cadena cruzada (XLP).

El avance de la petroquímica y el desarrollo de nuevas tecnologías ha propiciado que en la actualidad se esten evaluando cables con aislamiento de EP y XLP para 69, 138, 220 KV, mientras que los cables con aislamiento de papel impregnado con aceite a alta presión operan en la actualidad a tensiones de 345 y 500 KV.

Papel Impregnado. A pesar de los admirables desarrollos que han tenido los aislamientos sintéticos, la experiencia ha demostrado que para un servicio largo y confiable bajo las condiciones mas diversas, el aislamiento de papel impregnado sigue teniendo la supremacia, debido, entre otras cosas, a su buena rigidez dieléctrica y su excelente resistencia a impulsos eléctricos, superior a la de cualquier otro aislamiento y a su alta resistencia sobre cargas térmicas. El impregnante puede ser aceite mezclado con resinas para aumentar su viscosidad.

Polietileno. Tiene una rigidez dieléctrica comparable a la del papel impregnado y un factor de pérdidas muy bajo, su conductividad térmica es baja, lo que facilita la disipación de calor, sin embargo, es muy susceptible a la ioni\_

zación. Por ser material termoplástico, presenta el problema de su baja resistencia a sobrecargas térmicas, por lo que se debe tener cuidado de seleccionar el calibre de conductor adecuado, para evitar que éste se sobrecaliente.

E P R. Se le llama comunmente EPR o EPN. Es un copolímero de etileno y propileno al cual se le adiciona agentes vulcanizantes, rellenos y aditivos. Posee características eléctricas y mecánicas muy estables, de gran flexibilidad a temperaturas muy bajas, excelente resistencia a la ionización y excelentes propiedades eléctricas. Su temperatura máxima de operación es de 85 grados centígrados y la temperatura máxima momentánea es de 150 grados centígrados.

#### 6.4. Cubiertas.

Las cubiertas protectoras de los cables eléctricos brindan protección mecánica contra la humedad, la química y algunas veces térmica. Las cubiertas no metálicas mas comunes son: PVC, polietileno de alta y baja densidad, neopreno y polietileno clorosilfonado.

Pantallas eléctricas. Los cables de energía de medio y alto voltaje utilizan dos tipos de pantallas, para control del campo eléctrico.

La primera se aplica sobre el conductor; suele ser de

materia semiconductor a base de negro humo y sirve para que el campo eléctrico alrededor del conductor sea uniforme, cosa que no sucede cuando el conductor está formado por varios alambres.

La segunda se aplica sobre el aislamiento y sirve para confinar el campo eléctrico al interior de dicho aislamiento, evitando gradientes eléctricos superficiales peligrosos. Se utiliza en cables para voltajes superiores a 2 000 volts y está normalmente formada por una cinta semiconductor y una cinta de cobre que se conecta a tierra.

En la actualidad se usan para fraccionamientos y conjuntos residenciales el tipo de cable seco, 23 TC y BTC, ya que es más fácil su instalación y mantenimiento, siendo los más usuales para alimentadores de mediana tensión los calibres 1 x 50, 1 x 70, 1 x 150 y 1 x 240 y para Bt 1 x 15, 1 x 35, 1 x 70 y 1 x 150 y se instalan de acuerdo a normas 2.0002 y 2.0041

## 6.5. Postes.

Características Generales de los Postes. Los postes usados actualmente en las compañías de los siguientes materiales:  
Concreto.

Acero.

Madera.

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

La altura de los postes depende de las siguientes características:

El número de crucetas.

Altura requerida de los conductores sobre el piso.

Del equipo que será instalado.

El poste más comunmente usado es el de concreto armado con varilla y sirve para soportar el peso de los conductores, el de l herraje y la acción del viento. En algunos casos, soporta esfuerzos de flexión pequeña, como remates de líneas de calibres delgados, pero fundamentalmente, debe trabajar como columna, es decir, sólo con esfuerzos de

compresión.

Por lo tanto se usa en los tramos rectos de la ruta de una línea. Un caso particular es el del poste usado como retenida y que soporta una carga de ruptura y lleva un empotramiento de 1.80 m. y un afirmado especial.

El poste de concreto es mucho más económico que los otros dos. El poste de acero debido a sus características propias de este material, es excelente para soportar esfuerzos de tensión y de flexión, por lo que se usa en ángulos y remates de líneas y para soportar transformadores, reguladores y bancos de capacitores, así como para ganar altura en el cruce de vías férreas y de grandes avenidas. El poste de madera tiene un uso muy limitado, aplicándose en casos donde hay necesidad de pararlo a mano porque las condiciones de terreno impiden el paso a vehículos. Tienen un peso de 50% menos del correspondiente del de concreto.

El poste de madera nacional es escaso debido a las disposiciones de las leyes forestales y el importado tiene un precio prohibitivo.

## 6.6. Conclusiones

Debido a las experiencias y técnicas de ingeniería obtenidas por medio de experimentos e investigaciones en instalaciones eléctricas subterráneas; consideramos que en un corto tiempo la solución satisfactoria a los problemas ocasionados por las instalaciones aéreas, serán las instalaciones subterráneas.

Problemas innumerables como son la corrosión y la contaminación por estar expuestas a condiciones anormales del tiempo, originando con esto un mayor costo en el mantenimiento.

Con base a lo expuesto en los capítulos anteriores, consideraremos que las instalaciones eléctricas subterráneas son y serán más funcionales y seguras que las aéreas. Anteriormente se tenían instalaciones subterráneas en zonas comerciales e industriales, pero al aplicar éstas en zonas residenciales, en donde se requiere un buen servicio y funcionamiento, así como una mejor apariencia, el resultado fue un mayor costo; obligando con esto a nuestros técnicos, buscar nuevos diseños y técnicas para amortiguar el elevado costo de estas.

Encontrando una gran variedad de nuevos equipos tales como cables, aislantes y equipo prefabricado, los cuales cumplen con los requisitos de seguridad, para no causar serios pro

blemas en el futuro y, al mismo tiempo hacer las instala\_ ciones subterráneas comparables con las aéreas en cuanto a costo.

## BIBLIOGRAFIA.

1. MARCUS, Abraham  
Electricidad.
2. VIQUEIRA, Landa Jacinto  
Redes Eléctricas.
3. DAWES  
Tratado de Electricidad  
II Corriente Alterna.
4. ESPINOZA, y Lara Roberto  
Textos de Distribución.
5. C.L. y F.  
Normas Generales sobre Distribución Subterránea  
y Aérea de Energía Eléctrica.
6. Manuales y Catálogos de Fabricantes de Equipo.