

300617

32

2ej



**UNIVERSIDAD LA SALLE**  
ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**PROYECTO DE CONSTRUCCION ELECTRICA DEL SISTEMA DE  
TRANSPORTE COLECTIVO "METRO" DE LA CIUDAD DE MEXICO**

## **TESIS PROFESIONAL**

Que para obtener el Título de  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

presenta

**GERARDO ROWOLD ESCOBEDO**

México, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1987



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.

## TEMARIO

INTRODUCCION	2
1.- Planeación General	9
2.- Charolas	24
3.- Tableros de distribución	41
4.- Unidades de alumbrado	57
5.- Cables de Alta y Baja Tensión	66
6.- Cables de tracción	77
7.- Empalmes mufas y conos de alivio	84
8.- Equipo de tracción	107
9.- Subestación de alumbrado	126
10.- Subestación de rectificación	133
Conclusiones	145
Nomenclatura	148

## I N T R O D U C C I O N .

### - Reseña Histórica.

El Metro como Sistema de Transporte Colectivo, es necesario para satisfacer la necesidad de transporte masivo cómodo, rápido, seguro y eficiente, que se presenta como uno de los problemas principales en las grandes ciudades, como son: Montreal, Nueva York, Madrid, París, Munich, Tokio, México y varias más.

La construcción de éste, se lleva a cabo de acuerdo a un "Plan Maestro del Metro", que consiste en un estudio acerca de la cantidad y longitud de las líneas que serán necesarias en la ciudad de México, en un tiempo determinado, el cual se debe llevar a cabo paulatinamente, debido a su alto costo, pero en forma ininterrumpida.

El 19 de Abril de 1967, hubo un Decreto para crear el Sistema de Transporte Colectivo "Metro" y el 29 del mismo mes, aparece en el Diario Oficial el Decreto por el que se crea el Organismo Público Descentralizado "SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO", para construir, operar y explotar un tren rápido, con recorrido subterráneo y superficial, para Transporte Colectivo en el Distrito Federal.

El Departamento del Distrito Federal, ha llevado a cabo, estudios de los que deduce la posibilidad y la conveniencia de establecer en la Ciudad de México, un tren rápido movido por energía eléctrica, con recorridos subterráneos y superficiales, mediante el cual, se efectúe el Transporte Colectivo de personas, aliviando así, en gran parte, los problemas originados por la saturación del tránsito en varias vías públicas.

El 19 de Junio de 1967, (50 días después del Decreto) se iniciaron las Obras, la cual su historia en su primera etapa de construcción se puede resumir, en pocas palabras: 40 Km. de líneas.

Línea 1: de Zaragoza a Tacubaya.

Línea 2: de Tacuba a Taxqueña.

Línea 3: de Tlaltelolco a Hospital General.

En el periodo de 1970 a 1976, no hubo construcción de nuevas líneas del Sistema Colectivo "Metro". Solamente se terminó la construcción de la Estación Observatorio poniéndose en servicio el tramo Tacubaya-Observatorio y se ampliaron los talleres de --- Zaragoza y Taxqueña.

Esta interrupción en la construcción de nuevas líneas, o la ampliación de las ya existentes, trajo como consecuencia el agravamiento del transporte en la Ciudad de México.

En el Periodo de 1976 a 1982, se crea la Comisión Ejecutiva del "Metro", cambiando de nombre el 21 de Diciembre de 1977,

en que se denomina "Comisión de Vialidad y Transporte Urbano" - - (COVITUR).

Se cambió la denominación de "Comisión Técnica Ejecutiva del Metro" por la denominación de "COVITUR", con el siguiente - objetivo:

Elaborar y actualizar el Plan Maestro del Metro y el - Plan Rector, para incorporarlos al Plan Director, para el desarrollo urbano del Distrito Federal.

Planear, proyectar y construir las obras de ampliación del Metro y adquirir los equipos necesarios para entregar las instalaciones completas al "Sistema de Transporte Colectivo" (STC), para su operación y mantenimiento.

La planeación de las líneas del Metro, debe armonizarse con la vialidad, paradas de autobuses, estacionamientos, terminales y demás servicios, con el fin de comunicarse eficazmente, los centros de habitación de trabajo, cultura y de recreación.

El 27 de Agosto de 1977, se iniciaron las Obras de Ampliación del Metro en su segunda etapa.

Decisión muy acertada del Gobierno de construir la segunda etapa y parte de la tercera etapa del "Metro" en el periodo de 1976 a 1982, para resolver los problemas de transporte que día a día se acrecentaban, debido a la creciente población en la

Ciudad de México.

El metro tiene nueve trenes, 6 de ellos con motor y 2 con cabina, que forman un Convoy de 150 mts. de largo y en los momentos de máxima ocupación, alcanzan a tener una capacidad de 1500 personas. Su peso total, incluida la carga humana, es aproximadamente de 325 Tons. En breves momentos alcanza la velocidad máxima de 80 Km/h alcanzándola en 62.5 seg. con carga completa.

Las horas de Servicio y características del S.T.C. "Metro" son:

Días Laborables	18 horas.
Sábados	19 horas.
Domingos	17 horas.
Tarifa	Unica
Forma de Acceso	Boleto con Banda Magnética.
Precio del Boleto	\$1.00
Venta de Boletos	En Taquillas del Metro en todas las Estaciones.
Entrada al Andén	Torniquete automático con cabeza de lectura y contador.
Tipo de Ruedas	Neumáticas (marcha y frenado). De acero (seguridad y cambio - de vfa).
Frenado	Reostático neumático o mecánico.
Fuerza Motriz	Motores eléctricos de corriente directa. Para 750 volts DC.
Energía usada	Corriente Eléctrica.
Ventajas	Económico, rápido, eficiente, cómodo, silencioso y seguro.

La construcción del "Metro" fué subterránea y superfi-

cial en la primera etapa y en esta segunda y tercera etapas, - se construyó además, vía elevada (línea 4) y se está construyendo vía de acuerdo al método de túnel profundo. (Líneas 3 Sur y 7).

El esfuerzo empleado en la construcción de las Ampliaciones y nuevas líneas del "Metro" y los resultados obtenidos, vienen a justificar el alto costo de inversión, ya que está orientado, a satisfacer las necesidades de transporte de la sociedad, que ésta, en la ciudad de México, reclama con apremio.

En la segunda y tercera etapa, se está construyendo:

- Línea 3.- Ampliación de Tlaltelolco a Indios Verdes con talleres en Ticomán, de Hospital General a Cdad. Universitaria. (ya en operación)
- Línea 4.- De Martín Carrera a Santa Anita, única línea elevada en casi su totalidad (ya en operación).
- Línea 5.- De Pantitlán a Instituto Politécnico Nacional (ya en operación).
- Línea 6.- De Instituto Mexicano del Petróleo a El Rosario y Talleres El Rosario. (ya en operación).
- Línea 7.- De Tacuba a Barranca del Muerto, casi en su totalidad es empleado un sistema semejante al del drenaje profundo, y la instalación de la vía será directamente sobre losa de concreto. Ya en operación las estaciones de Tacuba, Rfo San Joaquín, Polanco y Auditorio. Las estaciones de Constituyentes y Tacubaya, se pusieron en operación en Junio de 1985 y el resto de la línea, la cual contará con las estaciones de San Pedro de los Pinos, San Antonio, - -



Mixcoac y Barranca del Muerto, se pusieron en operación a finales de 1985.

Línea 5/1.- Liga de la Línea 5 con línea 1 de Pantitlán a Zaragoza (ya en operación).

Línea 2.- Ampliándose de Tacuba a Cuatro Caminos (ya en operación.)

La construcción de las líneas y estaciones acarrea muchos contratiempos y molestias, ya que se tiene que suspender la vialidad en el área de construcción elevada, superficial y subterránea.

No es así en el área de construcción tipo drenaje profundo, que las molestias y contratiempos vienen a minimizarse, debido a que los trabajos se hacen a través de lumbreras laterales, con las cuales se evita la suspensión de la vialidad y se elimina la interferencia con las instalaciones municipales. Llegamos a la conclusión de que al finalizar cada una de estas nuevas líneas o ampliaciones, se observa con agrado la aceptación del usuario para satisfacer su necesidad de transporte, que al parecer no tenía solución.

En la actualidad se terminó la 2a. y 3a. etapa de construcción con una longitud total de 115 Km. de construcción.

- Alcance del trabajo.

En esta Tesis, trataremos la OBRA ELECTRICA, cuyos conceptos básicos del proyecto electromecánico son:

- Instalación de Alimentación Eléctrica en alta y baja tensión.
- Subestaciones de alumbrado y fuerza en estaciones y talleres.
- Instalaciones de Alumbrado y fuerza.
- Subestaciones de Rectificación.
- Instalación de Tracción en corriente directa.
- Alimentación y Subestaciones en cárcamos, puentes y entronques.

Así que se tratará la construcción de la OBRA ELECTRICA, según las necesidades de la Línea 7, ya que es la línea que se encuentra en construcción en los momentos de realizar esta TESIS.

## 1.- PLANEACION GENERAL,-

### 1.1.- Descripción.

Para comenzar, debemos dar una definición de planeación, para llegar a su objetivo final, que es el de establecer primeramente la serie de acciones que deberán llevarse a cabo para cumplir los tiempos preestablecidos.

En el caso de la construcción eléctrica, debemos analizar los sistemas que existen en la obra, para poderla planear de una manera adecuada y funcional.

En la línea, existen varios sistemas como son:

- Canalizaciones.
- Accesorios eléctricos.
- Unidades de Iluminación.
- Tableros de Distribución.
- Cables de Alta y Baja Tensión.
- Cables de Tracción.
- Equipos de Tracción.

Ahora explicaré cada uno de estos sistemas, para dar una idea general de lo que es la obra eléctrica del "METRO".

Canalizaciones: Son sistemas por donde irán los cables, éstas pueden ser charolas o tubo conduit, las cuales tendrán como función resguardar los cables contra corrosión, polvo, etc. ó también en las charolas, se pueden identificar fácilmente los circuitos que hay en la obra eléctrica del "METRO". Dichas canalizaciones van en las interestaciones al descubierto, o sea, que si uno camina por la interestación, se pueden observar los cables y en las Estaciones por el bajo andén, para mayor seguridad de los pasajeros.

Las canalizaciones van sujetas por unos soportes especiales los cuales facilitan la colocación de dichas canalizaciones a la pared del túnel.

Accesorios Eléctricos: Este sistema, es secundario, pero también es importante, ya que consiste en interruptores, contactos, pastillas, zapatas, etc. Estos accesorios eléctricos, se encuentran en toda la línea, pero principalmente en las estaciones, ya que ahí están la mayoría de las Subestaciones Eléctricas. En las interestaciones, hay nichos en los cuales, también hay Subestaciones eléctricas, pero no en la cantidad que hay en las estaciones.

Unidades de Iluminación: Este sistema también es importante, porque se habla de la iluminación del túnel y de las estaciones. Las unidades de iluminación para las estaciones y tramos del "METRO", están constituidos por varios elementos principales, los cuales son: Gabinete, Balastra, Porta-Lámpara y Cables terminales. Estas unidades de iluminación deben cumplir con -

ciertas condiciones de Servicio, para su buen funcionamiento en el túnel, ya que en el túnel, su uso es continuo.

Tableros de Distribución: Para comenzar, empezaré por decir que la distribución eléctrica, es toda aquella parte que existe entre la fuente de energía y los consumidores. En este caso, la fuente de energía, es la alimentación de la Comisión Federal de Electricidad y los consumidores son todos los sistemas que utilizan electricidad. De los tableros de distribución, sale para todos los sistemas, que utilizan un voltaje no mayor a 220 volts.

Hay varios tableros en las subestaciones eléctricas que se denominan A, B Y P, los cuales son:

A: Fuente Normal.

B: Fuente de Energía y

P: Tablero Preferente.

Los Tableros de Distribución se encuentran en las Estaciones del Metro, dentro de las subestaciones eléctricas.

Cables de Alta y Baja Tensión: Los cables también denominados conductores, deben cumplir con ciertas disposiciones, como son: La resistencia mecánica, aislamiento y capacidad de conducción adecuada para las condiciones a las cuales vayan a ser usados. Los cables son los que conducen la corriente y el voltaje necesarios para el funcionamiento de los sistemas del "METRO". Estos cables, van a lo largo de todo el túnel y también por las Estaciones sobre charolas. Los cables van empalmados unos a otros para la continuidad del circuito.

Cables de Tracción: Estos conductores también deben cumplir - con ciertas condiciones como los anteriores, solo que éstos - serán empleados únicamente para el sistema de tracción de los trenes. Los cables de tracción se localizarán únicamente en - los Puestos de Rectificación, ya que de ahí irá conectado a las vías, para que los trenes puedan circular.

El sistema de cables de tracción, debe tener un aislamiento capaz de resistir un voltaje de 1000 volts (1 KV), aunque el sistema de tracción es de 750 en corriente directa (C.D.), ya que la seguridad del pasajero es uno de los puntos más importantes en el "METRO".

Equipos de Tracción: Equipo de Tracción se le denomina a todo accesorio que esté ligado únicamente con el sistema de tracción del "METRO".

Estos accesorios pueden ser como por ejemplo: Tableros de Control, para el control automático de la corriente rectificada. Rectificadores, donde se convierte la Corriente Alterna (C.A.) en Corriente Directa (C.D.), etc.

A los equipos de tracción se les debe dar mantenimiento periódicamente, ya que es el Sistema que en mejores condiciones debe estar para el buen funcionamiento del "METRO" de la - Ciudad de México.

## 1.2.- Cubicación.

Como su nombre lo indica, es el volumen que puede ser ocupado y la capacidad de éste.

En este caso, la cubicación se puede decir, que es la cantidad de material que se necesita para cubrir ese tramo. La cubicación se hace antes de empezar la construcción de la línea, ya que se debe saber qué cantidad de material es necesario, para que la construcción no se detenga y lleve una continuidad adecuada.

La cubicación es uno de los puntos más importantes en la construcción de una línea del "METRO", puesto que sin ella, habría falta de material o sobrante excesivo, y esto ocasionaría grandes pérdidas o constantes paros por falta de material.

Para cubicar el tramo, se toma una distancia y se divide entre el número de equipo que va en dicho tramo. Por ejemplo, para cubicar 100 mts. de Interestación, se divide 100 mts. entre 2.40 mts. el cual es la distancia, a la cual van colocados los soportes de las charolas por donde van a ir los cables. Esta división da 41,66 herrajes por cada 100 mts., como no puede haber fracciones, se toman 42 herrajes por cada 100 mts. y al haber dos vías, se toman 84 herrajes por cada 100 mts.

Cada herraje lleva 3 taquetes, 3 birlos, 6 tuercas y -

6 rondanas o sea, que para saber el número de taquetes que debe llevar cada 100 mts., se deben multiplicar el total de herrajes, por el número de taquetes que lleve cada herraje o sea, que esta multiplicación dá un total de 252 taquetes por cada 100 mts.; igualmente se hace para el número de birlos, tuercas, rondanas, etc.

Ahora para el cable que llevan las charolas, sólo es la distancia total cubicada, o sea que para 100 mts. de túnel, se ocuparán 100 mts. de cable por fase.

Para cubicar las charolas, se deben tomar en cuenta, - que las charolas tienen una extensión de 3.66 mts., y que para 100 mts. de tramo se necesitarán 54 piezas de charola, sólo para baja tensión, más otros 54 piezas para alta tensión.

Para unir las charolas, debemos atornillarlas con 6 tornillos cabeza de coche y nos dá un total de 324 tornillos con su tuerca y su rondana. Para acoplar las charolas, se utilizan conectores "z" así que debemos tener un total de 54 conectores "z".

Como se vé, la cubicación es uno de los puntos más importantes dentro de la construcción del "METRO", ya que si nos equivocamos, nos puede hacer falta material o sobrarnos bastante, por lo que este punto de cubicación se debe hacer antes de empezar la construcción y tener en cuenta también, que ese material se puede desperdiciar y originar pérdidas en la construcción eléctrica del Sistema "METRO".



### 1.3.- Programación.

En toda obra, es necesario programar las actividades - por desarrollar, con los requerimientos de personal y materiales para cumplir con el tiempo y costo previsto.

El término "PROGRAMA", puede definirse como la representación numérica y gráfica de todas las actividades involucradas en la realización de un fin o propósito determinado. El cual se ha fijado con anterioridad. Ordenados lógicamente y marcando la duración de cada una, lo cual puede traducirse simplemente - en que el programa representa el desarrollo lógico de la construcción de la obra; entre más cuidadosa sea la programación del proceso, mayor será el aprovechamiento de los recursos disponibles y por lo tanto, mejor será el resultado de la ejecución de ésta.

El éxito o fracaso de un Sistema de Programación, depende básicamente, de qué tan realista se hayan planteado las bases sobre las cuales se fundamentó el Programa.

Un importante factor en la programación, es el tiempo, provocando por su mal uso, las siguientes consecuencias:

- Una prolongación del tiempo de terminación en la obra que representa un incremento en los costos de construcción.
- Sin una programación adecuada, de las diferentes actividades generales o adicionales, que intervienen en el proceso,

se afecta la ejecución de la marcha del tiempo de cada actividad en particular y la del proyecto completo.

### 1.3.1.- Objetivo de los Programas.

Como objetivos fundamentales de los programas, se mencionan los siguientes:

- a).- Optimizar: Producir de forma equilibrada, empleando todos los procesos constructivos necesarios, dentro del tiempo, costos y cantidades establecidos.
- b).- Controlar: Verificar que todos los resultados, sean conforme a los previstos y generar todo tipo de medidas para corregir cualquier diferencia.
- c).- Coordinar: Unir las diferentes actividades y fases del programa entre ellas mismas, afectándose lo menos posible y prevenir toda alteración, que pueda afectar su interrelación.
- d).- Dirigir: Llevar a cabo la buena ejecución de las diferentes actividades y fases de la obra.
- e).- Organizar: Emplear los medios propicios, para la realización de lo previsto.
- f).- Preveer: Encauzar la producción, en los términos predeterminados sin incrementar los costos.

### 1.3.2.- Programación de Materiales.

Dentro de la programación, se pueden citar varios puntos, y uno de ellos, es el de los materiales, que se van a ocupar dentro de la obra, ya que una mala programación, nos va a dar

un costo muy alto y un almacenamiento inadecuado de dichos materiales por la falta de espacio.

Los materiales se deben programar, siguiendo un orden lógico para la adquisición de dichos materiales, ya que siguiendo un ejemplo, no se puede adquirir el cable a utilizar sin - - antes adquirir las charolas donde van a ir localizados dichos cables, y esto sucede con todo el material que se vaya a ocupar dentro de la construcción eléctrica del "METRO" de la Ciudad - de México.

También para el correcto suministro de material, se hará el programa de materiales, evitando así retrasos por falta de suministros. Se dará la fecha de necesidades y la cantidad a suministrar. Tomando en cuenta el tiempo de entrega de proveedores, se obtendrán programas de suministros que serán necesarios para fincar de los pedidos y así garantizar que en el momento de utilización en la obra, se encontrarán disponibles.

CONCEPTO	ENERO					FEBRERO				MARZO		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



PROGRAMA DE CANTIDADES DE MATERIAL  
 TRAMO: \_\_\_\_\_ AREA: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_



# PROGRAMA DE MATERIALES

CONCEPTO: \_\_\_\_\_ UNIDAD: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

TRAMO	L	CADENAMIENTO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
<b>TOTALES</b>								

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
80						
70						
60						
50						
40						
30						
20						
10						
0						

### 1.3.3.- Programación de Mano de Obra.

Al igual que la programación de materiales, la programación de Mano de Obra o Personal, debe llevar un orden lógico para evitar altos costos que son innecesarios para la buena elaboración de la Obra.

El programa de personal, es de vital importancia para el buen cumplimiento de una obra. Esto se logra conociendo, qué cantidad de personal se necesita en un período determinado, con las categorías, especialidad y los movimientos de altas y bajas que puedan registrarse en este período.

Esto dará un panorama para requisitar con tiempo el personal necesario y a la vez define un plan de trabajo anticipado, para el Departamento de Recursos Humanos de la Compañía en caso de ser personal técnico, ó al Departamento de Personal de la obra si se trata de personal de campo.

Este programa debe ajustarse según el volumen de obra por ejecutar, en tiempos normales y de acuerdo a rendimientos también normales.

PLANTILLA DE PERSONAL  
MES DE JULIO

C A T E G O R I A	SEMANA 27	SEMANA 28	SEMANA 29	SEMANA 30
CABO ELECT AA	3	3	3	3
CABO ELECT A	1	1	1	1
ELECT ESP B	2	2	2	2
ELECT ESP C	5	5	5	5
ELECT MONT A	1	1	1	1
ELECT MONT B	2	2	2	2
ELECT AA	5	5	5	5
ELECT A1	4	4	4	4
ELECT A	4	4	4	4
OF ELECT	2	2	2	2
AYTE GRAL A	8	8	8	8
AYTE GRAL B	15	15	15	15
CHOFER CT CG GRAL.	3	3	3	3
SOLDADOR C	1	1	1	1
OP MAQ MAYOR A	1	1	1	1
OP MAQ MAYOR C	1	1	1	1

FORMULO

AUTORIZO

JEFE DE OBRA

SUPERINTENDENTE DE OBRA.

Vo, Bo,

REVISO

SUPERINTENDENTE GENERAL.

SUPERINTENDENTE AREA.

#### 1.3.4.- Dependencia y Defasamiento de Actividades.

Dependencia, como su nombre lo indica, es la necesidad de una cosa para que sea o exista otra, así que dependencia de actividad es que se haga una cosa para poder hacer otra y así sucesivamente, hasta llegar a culminar algo, por ejemplo: el cableado en este caso de la construcción eléctrica, está sujeto o depende directamente del montaje de la charola que lo va a contener. Así cada actividad, depende de otra y esto origina un defasamiento en el programa. Esto quiere decir que la colocación de charola empieza antes en el programa y cierto tiempo después, empieza el cableado del tramo que se esté construyendo.

El cable de baja tensión depende en cierta forma del cable de alta tensión ya que la alimentación se hará primero en alta tensión y después se hará en baja tensión, así que empezarán los trabajos en cablear primero el cable de alta tensión y después los de baja tensión. Así todos los conceptos, dependen de otro y se van defasando en tiempo, para la buena construcción eléctrica del "METRO" de la Ciudad de México.





## 2.- CHAROLAS.

### 2.1.- Descripción.

Se considera como charola, una estructura rígida y continua, especialmente construída para soportar cables eléctricos, los cuales pueden ser de metal o de otros materiales no combustibles.

La selección de charolas, como medio de soporte para cables de energía aislados, se hace en lugares donde no es posible -- abrir zanjas, dentro de locales o en exteriores donde el espacio no es una limitación.

El uso de charolas en instalaciones de cables aislados, para media tensión, es cada día mayor, especialmente en la industria, debido a la facilidad de montaje de herrajes, instalación, reposición, reparación o aumento de cables, localización de fallas, ahorro en la mano de obra y mayor capacidad.

El sistema de charolas permite mayor flexibilidad en la instalación, ya que en cualquier momento es posible hacer modificaciones, sin que para esto sea necesario hacer consideraciones importantes, en el diseño de la instalación y, por lo tanto, es fácil modificar y ampliar sobre la instalación ya colocada.

Los materiales más usuales en la fabricación de charolas son acero galvanizado y aluminio.

Las charolas galvanizadas, pueden corroerse rápidamente en lugares húmedos, por tal motivo se utilizan charolas de aluminio en la construcción de la obra "METRO", por el nivel de humedad que existe en el túnel o a la intemperie.

El ancho de la charola depende del número de cables y el peso de éstos.

La charola debe estar diseñada para aceptar cubiertas, con el fin de evitar que se acumule agua, polvo y escombros sobre los cables y también para que la charola no sirva como pasillo.

Las charolas deben estar construídas e instaladas para soportar todas las cargas estáticas y dinámicas que puedan actuar sobre ellas.

a).- Las cargas estáticas son aquellas que no cambian en magnitud y están en lugares fijos, como lo son el peso propio de las charolas, tubos conduit, cables y demás accesorios.

b).- Las cargas dinámicas incluyen el peso del personal que ejecute la instalación de los cables sobre las charolas, los esfuerzos por el tendido de cables y otros que puedan presentarse, de acuerdo con el lugar donde se encuentra la instalación.

El montaje de la charola puede ser de 2 tipos:

1.- Montaje colgante:

Puede ser anclado en la losa o sujeto a la estructura por medio de varillas o canales, complementados con travesaños, formando trapecios o columpios donde descansará la charola.

Este tipo de montaje se localiza en los lugares donde existan espacios abiertos en el muro del túnel que fundamentalmente corresponden a las zonas de galerías de ventilación o lumbreras y deberán emplearse soportes de fijación intermedios.

2.- Montaje empotrado sobre los muros:

Este tipo de montaje utiliza canales de lámina de acero, troquelada en su parte central en forma de cremallera y se complementa con ménsulas de patas "uñas para sujetar".

Los canales se empotran al muro, por medio de taquetes o tornillos, y las ménsulas se anclan sobre la canal insertando las uñas al nivel que se requiera.

En la construcción del "METRO", este método es el más utilizado por las características del túnel que da la facilidad para la colocación de la charola en este tipo de método.

Se deben tener algunas consideraciones para el montaje de

charolas como son:

1.- Cuando se instalan varias charolas, la separación vertical entre cada una de ellas será de 30 cm. mínimo y la separación entre la charola más alta y el techo, vigas, tubos, etc., debe ser de 25 cm, con el fin de facilitar instalación de los cables.

En este caso de la construcción eléctrica del "METRO", no tenemos el problema del techo ya que la última charola o la más alta, se encuentra de 2 a 3 mts. de altura, más baja que el techo del túnel.

2.- La distribución de las charolas en el "METRO" es como sigue:

- a).- Charola de cables de Alta Tensión.
- b).- Charola de cables de Mando Centralizado.
- c).- Charola de cables de Señalización.
- d).- Charola de cables de Pilotaje Automático.
- e).- Charola de cables de Baja Tensión (alumbrado y fuerza)

3.- El radio mínimo de curvatura de las charolas debe ser doce veces el diámetro exterior del cable de mayor diámetro.

Se evitará en forma absoluta que durante la instalación definitiva de la charola, se tengan radios de curvatura menores de 0.40 mts.

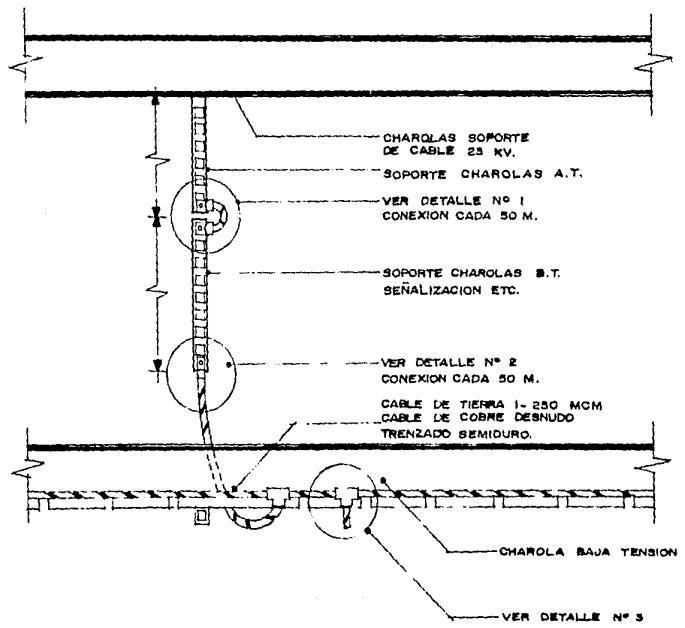
4.- De preferencia, los soportes deben quedar cerca de los

extremos de cada tramo de charola.

Los soportes en la construcción eléctrica del "METRO", llevan una separación de 2.40 mts. entre sí, donde cada uno de estos llevará el número de ménsulas correspondientes a las charolas.

5.- Las conexiones de charolas a equipos, deben estar diseñados para drenar el agua o polvo, lejos de la entrada al equipo para evitar fallas por corto circuito en los diferentes equipos de conexión en el "METRO".

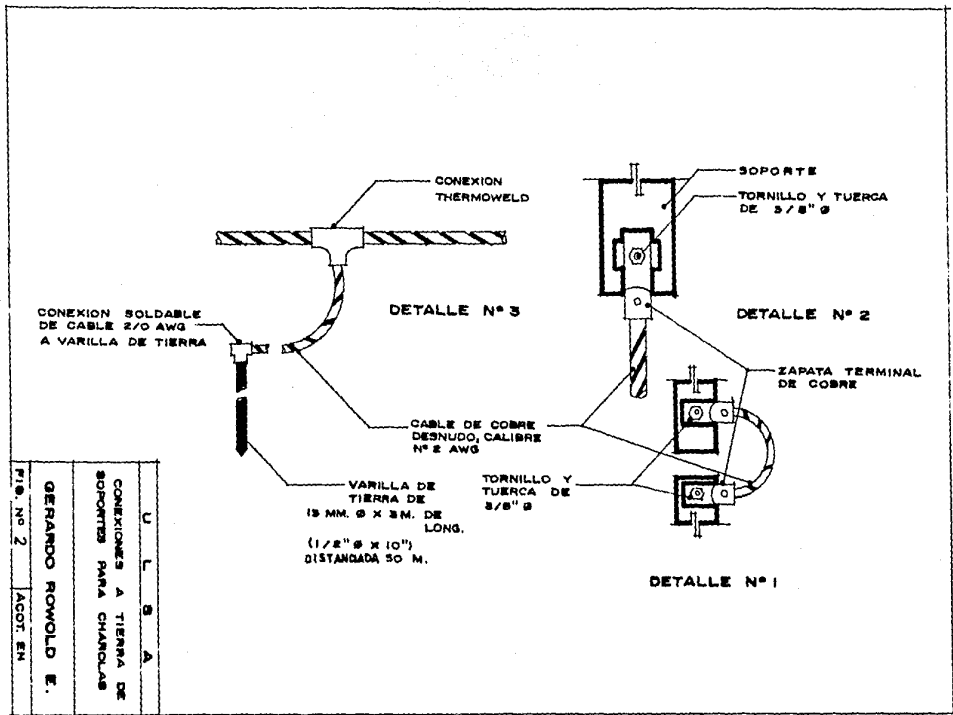
6.- Todo el sistema de charolas deberá tener continuidad eléctrica y estar sólidamente conectado a tierra. Las charolas no se consideran como trayectoria de retorno para corriente de falla. FIGS (1 y 2)



U  
 L  
 S  
 A

GERARDO ROWOLD E.  
 CONEXIONES A TIERRA DE SOPORTES PARA CHAROLAS

FIG. No 1  
 ACOOT. EN





7.- Cubiertas.

a).- Deben instalarse cubiertas sólidas con ventilación adecuada sobre todas las charolas en exteriores. Se recomienda que también tengan cubierta las charolas horizontales en interiores expuestos a caídas de objetos o a la acumulación de escombros.

En este caso, en el "METRO", no se ponen cubiertas, ya que en donde se encuentran las charolas está prohibido el paso a toda persona en el momento en que está energizado.

b).- En tramos verticales a nivel de piso, deberán colocarse cubiertas para seguridad y protección, tanto del personal como de los cables.

La localización de charolas soporte, en el túnel, se encuentra partiendo de cada una de las Subestaciones Eléctricas en las estaciones de pasajeros, y en particular de los centros de carga, tablero de mando, telecomunicaciones, señalización, etc., primero bajo el piso del andén, en el ducto de extracción de aire, y posteriormente en el túnel bajo las escaleras localizadas en los extremos de cada estación, los cuales llamaremos cabeceras de estación. En el túnel, librando semáforos y espacios destinados fundamentalmente a las galerías de ventilación, etc., las charolas pasarán de la parte inferior de las paredes del túnel, en las salidas de las estaciones, a la superior, localizándose a cierta altura para llegar a la siguiente estación y repetir la localización en esa estación.

## 2.2.- Tipos de Charolas.

Como ya mencionamos anteriormente, existen 2 tipos de charolas con respecto al material de fabricación, éstos son:

- a).- Aluminio.
- b).- Acero Galvanizado.

### a).- Aluminio.

Se utilizan para lugares con mucha humedad o en la intemperie para evitar la corrosión. Estas charolas por su peso tan liviano y su gran maniobrabilidad, se utilizan para el cableado en la construcción eléctrica del Sistema de Transporte Colectivo "METRO".

### b).- Acero Galvanizado.

Estas charolas se utilizan en lugares secos por su gran sensibilidad a la corrosión.

También en la construcción del "METRO", se utilizan este tipo de charolas en sistemas llamados "Construcción en Túnel" ya que en ese tipo de construcción hay poca humedad.

También son utilizadas en la línea para soportar cargas mayores por su gran resistencia a las cargas, en comparación a

la charola de aluminio.

También se dice que este tipo de charolas, se pueden subdividir por su tamaño.

Estas charolas pueden ir desde 15 cm. de ancho hasta 60 cm. pasando por unas medidas intermedias de 20, 30, 40 y 50 cm. de ancho cada una.

Esta subdivisión se puede decir que ya está considerada en la división general.

### 2.3.- Normas NTIE.

- Uso: Las charolas pueden ser usadas únicamente para canalizaciones visibles, en locales secos, donde no estén expuestas a daño mecánico severo, o a vapores o gases corrosivos o inflamables.

- Número de conductores permitidos en una charola: No deberá haber más de 30 conductores en una charola, a menos que pertenezcan a circuitos de comunicación o de control. Los conductores que se instalen en una charola, incluyendo su aislamiento y otros forros, no deberán ocupar más del 40% de la sección transversal inferior de la canal.

- Soportes: Las charolas deberán estar firmemente soportadas a intervalos no mayores de 1.5 mts., y solamente que se empleen - construcciones adecuadas, podrá aumentarse esta distancia hasta 3 mts. En el caso del "METRO" la distancia de los soportes es de 2.4 mts.

#### 2.4.- Instalación de Charolas.

##### 2.4.1.- Trazo.

El trazo de la charola se hace por medio del gálibo mayor que es la mayor distancia que existe entre el eje de trazo y la pared del túnel.

Gálibo es la medida geométrica del túnel, esto es, que deben tener las medidas según el proyecto.

Ya localizado el gálibo mayor (Fig. 3), se procede a marcar con un reventón y a cada 2.4 mts. se colocará un punto. Ya hecho esto, se marcan las distancias que van desde un taquete, - hasta el otro. Cada taquete, va a 25 cm. del otro, en la cremallera de 90 cm. y vá a 37.5 cm. el taquete inferior de la cremallera de 40 cm., del taquete superior de la cremallera de -- 90 cm. El segundo taquete de la cremallera de 40 cm. va a 20 cm. de distancia del taquete inferior de dicha cremallera.

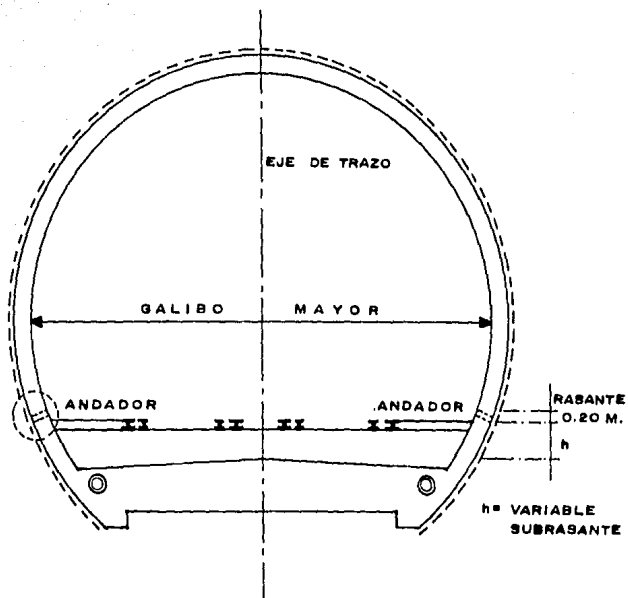


FIGURA 3

U L S A

MEDIDA GEOMETRICA PARA  
ANCLAJE DE CHAROLA

GERARDO ROWOLD E.

FIG. No 3 ACOT. EN M.

Así se puede trazar con el reventón, todas las distancias después de haber marcado las de referencia.

Ya trazado todo para poder colocar la soporterfa, se procede al siguiente paso.

#### 2.4.2.- Barrenado.

Barrenar es hacer agujeros con un aparato. Este aparato va a ser en nuestro caso, un rotomartillo "Hilti" eléctrico.

Para la facilidad de hacer el barreno, se utiliza un rotomartillo en lugar de un taladro, ya que el taladro únicamente - gira y la persona operadora, debe presionar para hacer el barr~~o~~no, en cambio con el rotomartillo, además de girar, golpea y el operador solamente debe guiar el aparato, para que no salga defectuoso el barrenado.

Este barreno se hace en las marcas previamente hechas con el trazo y su función es alojar un taquete. El barreno se hace con una broca de 7/8" ya que el taquete a utilizar lleva -- esa medida, la broca debe ser especial para concreto, porque el concreto utilizado en el túnel es de gran resistencia.

Cada barreno lleva una profundidad de 90 mm y 7/8" de diá-

El barreno puede ser variado en distancia a los otros, por encontrarse varillas de colado del túnel. Después de haberse - hecho este barrenado, se prosigue con la colocación de la sopor  
terfa.

#### 2.4.3.- Habilitado de taquete con Birlo.

Ya hecho el barreno, se mete el taquete que es de plástico con refuerzo para la extracción de 3 toneladas de resistencia - con un diámetro interior de  $\frac{1}{2}$ " y un diámetro exterior de  $\frac{7}{8}$ ". Una vez dentro el taquete, se pone un birlo de 20 cm. de largo, el cual fué hecho de varilla roscada de  $\frac{1}{2}$ " y cuerda en medida inglesa standard. Ya colocado el taquete y el birlo, se apri  
ta por medio de una tuerca y una rondana, hasta el tope con el muro. La tuerca también es de la misma medida del birlo.

#### 2.4.4.- Habilitado de Cremallera.

Para colocar la cremallera, se utilizan taquetes de made-  
ra de pino impregandos de aceite, para que la cremallera quede perpendicular al nivel de las vfas. Se colocan estos taquetes después de la tuerca de fijación del birlo y en seguida se co  
loca la cremallera fijada de igual forma por medio de una tuer  
ca y una rondana de  $\frac{1}{2}$ " cuerda inglesa standard.

Ya hecho ésto, se dice que las charolas van a estar co-  
rrectamente fijas al muro.

#### 2.4.5.- Anclaje y Soporterfa.

El anclaje y la soporterfa, se hacen por medio de ménsulas que van ancladas a la cremallera y según el número de charolas, va a ser el número de ménsulas que se tengan que colocar, en una sola cremallera, ya que la cremallera de 90 cm. - lleva varias charolas.

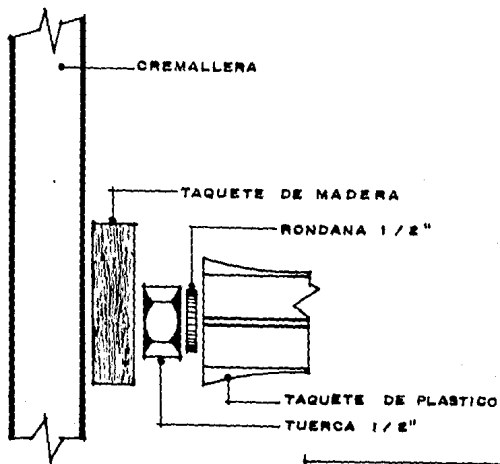
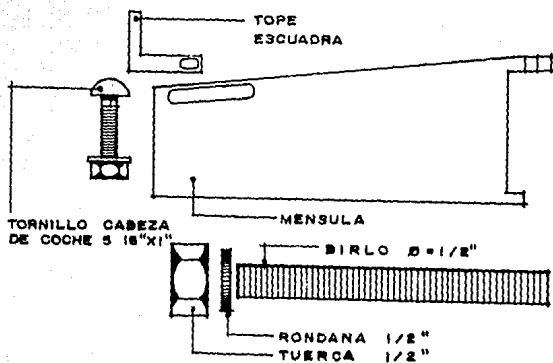
Este tipo de ménsulas, se anclan a la cremallera por medio de unas uñas de gran resistencia.

En el otro extremo de la ménsula, lleva un tope escuadra para fijar la charola y este tope escuadra es variable. Variable quiere decir, que tiene un carril para poder cambiar la distancia y que quepan charolas de diferentes tamaños. La colocación definitiva de la soporterfa se muestra en la Fig. #4.

#### 2.4.6.- Habilitado de charolas y montaje de la charola.

El habilitado de charolas se hace en el tramo donde se va a colocar, pero se van armando las charolas antes de montarlas en la soporterfa, ya que con ésto, se disminuye el tiempo de montaje total de la charola.





U L S A

ANCLAJE SOPORTERIA  
CHAROLA

GERARDO ROWOLO E.

FIG. N° 4 ACOT. EN

Las charolas son de 3.66 mts, y se unen charolas con charolas, con unos conectores "Z", los cuales llevan 6 barrenos cuadrados, 3 para cada charola, que van fijos por medio de tornillos de  $5/16" \times 1"$  del tipo cabeza de coche, Estos tornillos llevan tuerca y rondana, para apretarlos bien a la charola.

Después de armar un cierto número de charolas, se montan a los soportes y por medio de los topes escuadra, se fijan. Después se van uniendo por los conectores "Z" para ya dejarlas fijas y listas para colocar los cables.

### 3.- TABLEROS DE DISTRIBUCION.

#### 3.1. Descripción.

Como se mencionó anteriormente, la distribución eléctrica es toda aquella parte que existe entre la fuente de energía y los consumidores. Los tableros de distribución son cubículos, soportados convenientemente en estructuras metálicas, rígidas y autosoportados, apropiadas para alojar:

- Interruptores Electromagnéticos.
- Equipo de transferencia automática
- Equipo de medición.
- Interruptores termomagnéticos.

Los tableros de distribución, operarán en un sistema trifásico de 220 Volts con el neutro conectado sólidamente a tierra.

Cada estación de pasajeros del "METRO" de la Ciudad de México, estará equipada con tres tableros principales de distribución en baja tensión, que se designarán:

- Tablero "A"
- Tablero "B"
- Tablero Preferente "P".

Los tableros "A" y "B" serán alimentados por las subestaciones y estarán alojados en los mismos locales de éstas, las que estarán una en el andén de Vía 1 y la otra en el andén de Vía 2.

El tablero preferente "P" estará alimentado de los tableros "A" y "B", a través de un equipo de transferencia automática.

La subestación No. 1, actuará como fuente normal, mientras que la subestación No. 2, será la fuente de emergencia.

Los tableros de distribución, deberán tener ventilación - por medio de persianas cubiertas con tela de alambre anticorrosiva.

Las persianas serán instaladas en la parte posterior y su objetivo es evitar la entrada de materiales extraños o animales, debido a que la abertura entre persianas es de 3 mm. máximo.

Los cables de alimentación y derivados, entrarán y saldrán por la parte inferior de los tableros de distribución.

Los tableros de distribución tienen ductos para alambrado a cada lado y en toda la altura de los tableros. Estos ductos sirven para acomodar adecuadamente los cables de alimentación y evitar la acción mecánica dentro de los tableros en los cables.

Los buses principales y derivados de los tableros, deberán ser de cobre electrolítico: se considera una densidad de corriente de 800 amp. por pulgada cuadrada, para conducir con tinuamente la corriente nominal del transformador, sin exceder el aumento de temperatura.

Los buses se sostienen con aisladores de porcelana o resina epóxica de alta rigidez dieléctrica y una resistencia mecánica adecuada para soportar sin daño, los esfuerzos producidos por la corriente de corto circuito de 18,000 Amperes.

A todo lo largo de cada tablero de distribución, hay un bus de tierra, con una capacidad no menor del 50% de la capacidad de los buses principales del tablero.

Los tableros de distribución llevarán interruptores termomagnéticos e interruptores electromagnéticos. Los termomagnéticos son para el sistema de distribución en sí y los electromagnéticos, se emplearán como principales para recibir los cables provenientes del transformador de 500 KVA.

Los interruptores termomagnéticos están equipados con cámaras de arqueo individuales y tendrán mecanismos de operación de disparo libre, cierre y apertura rápida; la protección de corto circuito se hace por medio de disparo magnético.

Los interruptores electromagnéticos tendrán mecanismos de operación de libre disparo, cierre y apertura rápida y cámaras de arqueo individuales.

Estos interruptores tienen zapatas terminales para recibir dos cables de 750 MCM por fase.

En el tablero de distribución Preferente, se encuentra el

equipo de transferencia automática, el cual recibe energía eléctrica de las subestaciones 1 y 2 a través de los tableros "A" y "B", en un sistema trifásico, 4 hilos, 220 Volts, 60 Hz.

El equipo de transferencia deberá cambiar automáticamente la carga de una fuente a la otra, para asegurar la continuidad de servicio. El equipo de transferencia cuenta con una palanca que permite operar la transferencia manualmente, en caso de falla del control automático.

Los tableros deberán tener las características y capacidades de interruptores principales, equipos de medición, transferencia automática, interruptores derivados según los diagramas unifilares de cada Estación..

SIMBOLOGIA EMPLEADA.

Fusible limitador de corriente indicando capacidad en amperes.



Transformador de corriente, con precisión para medición, indicando cantidad y relación de transformación.



Vóltmetro indicador para montaje en tablero, escala 0-300 Volts.



Ampérmetro indicador, para montaje en tablero.



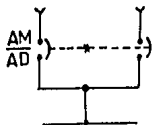
Conmutador de tres posiciones para instrumento de medición (vóltmetro y ampérmetro).



Interruptor termomagnético trifásico, indicando su calibración en Amperes: AM-Amperes de Marco; AD-Amperes de Disparo.

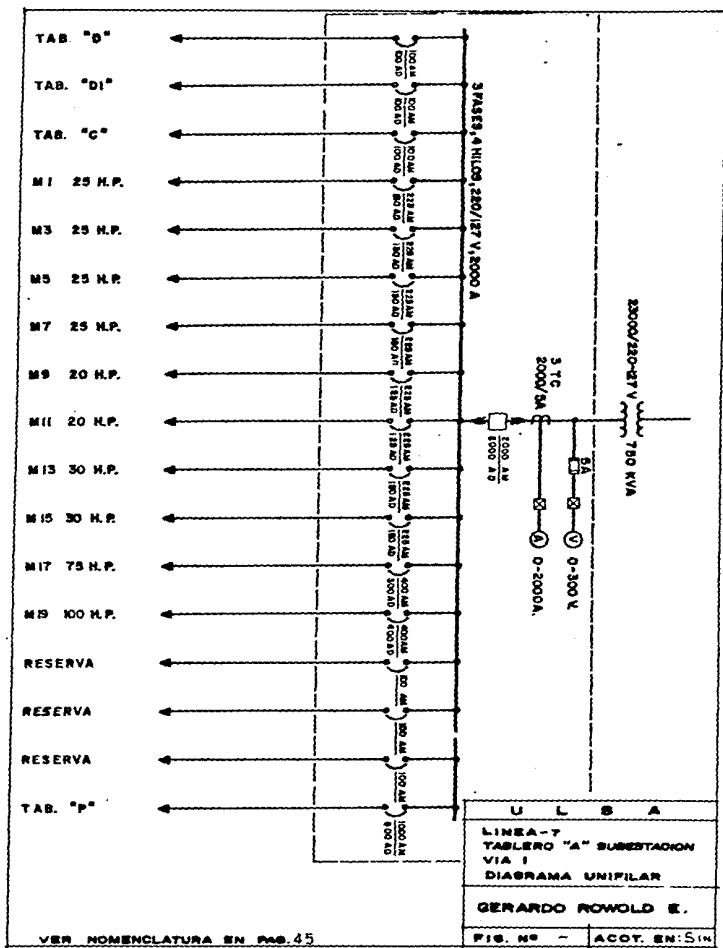


Interruptor trifásico tipo electromagnético en aire, montaje removible 3 polos, 220 Volts.



Equipo de transferencia automático formado por interruptores en aire en caja moldeada y accionados por un mecanismo común con interlock mecánico tipo "Changematic"

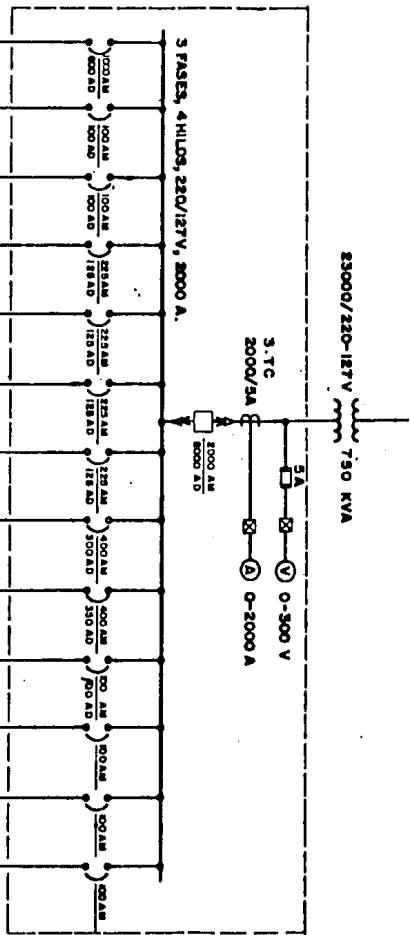
37:







TAB. "P"  
 TAB. "W1"  
 TAB. "X"  
 M2 20 H.P.  
 M4 20 H.P.  
 M6 20 H.P.  
 M8 20 H.P.  
 M10 75 H.P.  
 M12 100 H.P.  
 TAB. "W"  
 RESERVA  
 RESERVA  
 RESERVA



**U L S A**

LINEA - 7  
 TABLERO "B" SUBESTACION  
 VIA 2  
 DIAGRAMA UNIFILAR

GERARDO ROWOLD E.



### 3.2.- Tipos de Tableros.

Los tableros de distribución se puede decir que son de dos tipos:

- a).- Empotrados.
- b).- Montaje sobre piso.

Los tableros de distribución empotrados, van en paredes. Los tableros empotrados son de baja capacidad por el espacio -- tan pequeño y la capacidad de los interruptores de estos tableros empotrados. La entrada de los cables, es por la parte superior o inferior de estos tableros. Los tableros van atornillados en la pared en sus cuatro esquinas, según el tamaño del tablero puede llevar más tornillos.

Los tableros de distribución, montaje sobre piso, tienen la ventaja de mayor espacio para entrada y salida de cables con mayor flexibilidad y presentación, mayor capacidad de alimentación.

Este tipo de tableros son adecuados para poner instrumentos de medición y energía.

Los tableros de distribución de montaje sobre piso, están protegidos con puertas metálicas, las cuales permiten el acceso al tablero por la parte posterior.

La entrada de los conductores en este tipo de tableros se-

rá por la parte superior o la inferior.

### 3.3.- Normas.

Los tableros se regirán por las normas técnicas del Reglamento de Instalaciones Eléctricas que a su vez se rige por las normas de la NEMA y la CCONNIE.

"NEMA": National Electrical Manufacturers Association.

"CCONNIE": Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica.

#### a).- Localización y Accesibilidad.

- a.1.)- Los tableros deben colocarse donde el operador no esté expuesto a daños por la proximidad de partes vivas o partes de maquinaria o equipo que estén en movimiento.
- a.2.)- No debe haber materiales combustibles próximos.
- a.3.)- El espacio alrededor de los tableros debe conservarse despejado y no usarse para almacenar materiales.  
Alrededor del tablero debe dejarse espacio libre suficiente para su correcta operación y su mantenimiento - adecuado.  
El largo y la altura de dicho espacio libre, debe estar de acuerdo con las dimensiones del tablero.
- a.4.)- En los tableros, el equipo de interruptores debe estar dispuesto en tal manera, que la forma de controlarlos - sea fácilmente accesibles al operador.
- a.5.)- Debe proporcionarse suficiente iluminación en el frente y atrás del tablero para que pueda ser fácilmente operado.

b).- Material.

Los tableros deben ser de material incombustible y resistente a la humedad.

c).- Arreglo e identificación.

Se recomienda que las conexiones y el alambrado en los tableros se arreglen en un orden determinado y en forma de que su relación con el equipo sea fácilmente identificable.

d).- Conexión a tierra.

d.1.)- Armazones: Los armazones de los tableros y las partes metálicas que no conduzcan corriente, deben conectarse permanentemente a tierra.

d.2.)- Gabinetes de instrumentos: Los gabinetes metálicos de instrumentos montados en tableros, deben conectarse a tierra.

3.4.- Montaje del Tablero.

El montaje del tablero se toma desde que sale del almacén, hasta ser colocado en su sitio.

El tablero de distribución es transportado hasta el lugar por donde será introducido al túnel, por medio de un camión grúa "HIAB"; se introduce en el túnel con una grúa la cual debe cuidar de no golpear el tablero de distribución en las paredes de la lumbrera. La lumbrera es llamada pozo, por donde será intro-

ducido todo el material necesario para la obra.

Después de introducir el tablero al túnel, se llevará a la estación del "METRO" donde será fijado.

Los tableros de distribución se bajarán en las lumbreras - que están situadas en las interestaciones, puesto que estos - trabajos se hacen conjuntamente con la obra civil de las estaciones del "METRO" y las lumbreras correspondientes a dichas estaciones, no será posible utilizarlas.

Las lumbreras de interestaciones generalmente se ubican a la mitad del trayecto entre estaciones, para la facilidad del acceso de material al túnel.

Los tableros de distribución, por lo general, se introducen al túnel, después de haberse implantado la vfa de riel y - esto facilita la transportación del tablero a la Estación, por medio de "Lorrys". En caso de que todavía no estuviera la vfa, será necesario bajar un camión "Hiab" al túnel, para transportar los tableros hasta la Estación, donde deberán ser colocados.

Después de haberlos llevado a la Estación, el tablero será alojado en la Subestación, ya sea la Subestación de vfa "1" ó la de vfa "2".

Posteriormente se colocan en su lugar definitivo y se pro-

cede a nivelar y alinear el tablero.

Para nivelar cada tablero, se utilizan calzas de acero de diferentes grosores, según la distancia a la cual vaya a ser nivelado; los tableros deben alinearse conforme las medidas en los planos de las estaciones correspondientes.

Los tableros en su parte inferior, tienen una ceja que permite su fijación al piso por medio de una cremallera en diagonal y fijado por un tornillo de  $\frac{1}{2}$ " (Fig. 5).

Se perfora en el piso con un Rotomartillo "Hilti" y una broca para concreto de  $\frac{7}{8}$ ", se mete un taquete similar al que se utilizó para la colocación de charolas, el cual es de plástico con refuerzo para la extracción de 2 toneladas, además expansivo, con un diámetro exterior de  $\frac{7}{8}$ " y diámetro interior de  $\frac{1}{2}$ " para tornillos de  $\frac{1}{2}$ " con cuerda, tipo inglesa standard.

Después de haber hecho los barrenos, se colocan las cremalleras en la caja del tablero y se aprieta por medio de un tornillo. Se colocan únicamente las cremalleras en esa forma, para que haya mayor espacio en la entrada y salida de los cables que en este caso de la construcción eléctrica del "METRO", se hará por la parte inferior del tablero, ya que los cables van a venir de las interestaciones por el Bajo Andén.

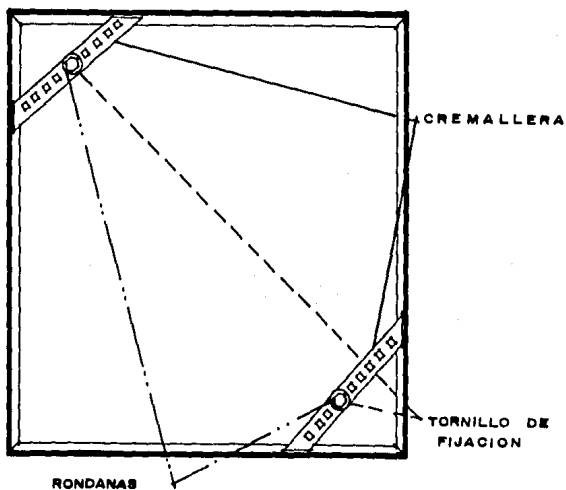
Los tableros después de haber sido fijados al piso, serán



conectados sólidamente a tierra junto con los aparatos de medición que se encuentren dentro del tablero.

Este tipo de aterrizaje se hace por medio de un bus de tierra que está integrado en el tablero y por medio de un cable de cobre desnudo trenzado de 250 MCM, el cual va a ir conectado a la Red de Tierra de la Subestación correspondiente.

Las varillas de tierra de la Subestación son Thermoweld y tienen una longitud de 3.0 mts. de 13 mm. de diámetro.



VISTA SUPERIOR  
DEL TABLERO

U L S A	
ANCLAJE DE TABLEROS DE DISTRIBUCION	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. Nº 5	ACOT. EN SIN

Así que después de haber fijado y conectado a tierra sólidamente el tablero, queda listo para recibir los cables de alimentación al tablero y para que salgan los cables hacia otro sistema eléctrico.

#### 4.- UNIDADES DE ALUMBRADO.

##### 4.1. Descripción General,

Las unidades de iluminación del túnel del "METRO" de la Ciudad de México, constan de varios elementos principales, los cuales van a constituir la totalidad de la unidad y éstos son:

- 1.- Gabinete.
- 2.- Balastra.
- 3.- Porta-Lámpara.
- 4.- Cables Terminales.
- 5.- Lámparas.

El gabinete es la caja por la cual va a estar constituida toda la unidad. El gabinete de la unidad es de lámina calibre 22 o más.

Por medio de estos gabinetes será soportada la Unidad de iluminación.

Las balastras son dispositivos formados por un conjunto de inductancias, capacitancias o resistencias, que solos o en combinación, proveen a las lámparas de un medio eléctrico adecuado para su funcionamiento.

Si la tensión en la línea es menor a la tensión nominal, - la balastro no se verá afectada seriamente, pero la iluminación será menor, en cambio si la tensión es mayor a la nominal, habrá mayor iluminación, pero una vida útil de la balastro menor.

En general las balastras para lámparas fluorescentes, deben operarse dentro de un rango de  $\pm 7\%$  de la tensión nominal.

Las balastras deben ser de alto factor de potencia, esto - quiere decir que tienen una relación entre los watts entregados al conjunto balastro-lámpara y los volts-amperes suministrados por la línea de alimentación de más de 79 ó 90%.

Las balastras deben ser de operación silenciosa, o sea que debe estar libre de vibraciones. También serán para servicio - continuo, sin sobre-calentamientos excesivos.

Los conductores terminales de las balastras son cable de - cobre calibre 18 A.W.G., con aislamiento de P.V.C.

Los porta-lámparas serán del tipo comúnmente llamado teles cópico, esto es, para cada unidad fluorescente uno de los porta-lámparas es fijo y el otro tiene un elemento accionado por un - resorte, para la colocación de los tubos.

Los cables terminales de la unidad, son para uso rudo formado por dos conductores de cable de cobre suave calibre 16 AWG., aislados individualmente con P.V.C. y protegidos con una cubier ta exterior del mismo material.

En el extremo del cable, hay una conexión de clavija-macho, moldeada en P.V.C. (Fig. 6)

Los cables deben tener una longitud de 50 cm. en el exterior de la unidad llegando hasta la clavija y una longitud interior de 10 cm. para que no estén sujetos a esfuerzos mecánicos.

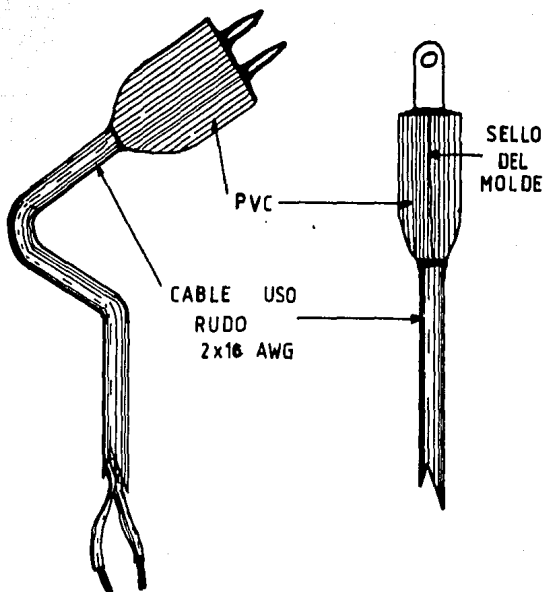
Las lámparas serán todas de tubo fluorescente del tipo slimline para poderse instalar en los porta-lámparas telescópicos. Estas lámparas son de uso continuo ya que en el "METRO" las unidades de iluminación están prendidas todo el tiempo, ya que el mantenimiento se hace cuando no está en servicio el "METRO".

Las unidades de iluminación reciben una alimentación de corriente alterna, a una tensión de 127 volts, con una tolerancia de  $\pm 10\%$  y una frecuencia de 60 Hz con una tolerancia de  $\pm 10\%$ . Estas unidades de iluminación tienen un acabado anticorrosivo para su protección contra la humedad por medio de pintura blanca.

#### 4.2.- Tipos de Unidades.

En la iluminación del túnel del "METRO" de la Ciudad de México, se encuentran diferentes tipos de Unidades de Iluminación fluorescentes, estos van a ser:

- a).- Tipo FHM
- b).- Tipo HM
- c).- Tipo H1
- d).- Tipo H2
- e).- Tipo C2



U L S A
CLAVIJA MACHO PREMOLDEADA
GERARDO ROWOLD E.
FIG N <sup>o</sup> 6   ACOT: Sin

La unidad de iluminación tipo FHM, cuenta con un tubo fluorescente Slimline de 38 watts, con una balastra sencilla, la cual opera a 127 volts, corriente alterna y a una frecuencia de 60 Hz. Este tipo de unidades está equipada con un dispositivo de funcionamiento autónomo para operar el tubo de 38 watts en caso de emergencia.

La unidad tipo HM, es igual a la anterior, solo que la unidad no cuenta con la fuente autónoma de alimentación.

Estos dos tipos de unidades de iluminación, se utilizan - en el túnel donde se encuentran instaladas las charolas y la - vía normal.

En las unidades tipo HM, se utilizan 2 tipos de tubos, uno es normal fluorescentes luz de día, y el otro es un tubo fluorescente de color azul. El tubo de color azul es utilizado - siempre donde haya un ruptor de emergencia para la señalización.

El tipo H1, es una unidad de iluminación para sobreponer, esquinera con un solo tubo de 38 watts, con una balastra para - operar a 127 V.C.A. 60 Hz y con un difusor de vidrio termotemplado claro.

La unidad tipo H2 es igual a la anterior, diferenciándose únicamente en que es de 2 tubos Slimline de 38 watts.



Estos dos tipos de unidades, se localizan en las zonas de aparatos de cambio de vfa,

El tipo C2, es de tubo fluorescente con balastra doble para operar a 127 V.C.A. tipo canal.

Este tipo de unidad se localiza en los nichos para los motores que se utilizan en el cambio de vfa.

#### 4.3.- Normas.

Las unidades de iluminación y su equipo, deberán cumplir con las normas técnicas del Reglamento de Instalaciones Eléctricas y las normas de las Asociaciones NEMA y CCONNIE.

NEMA: National Electrical Manufacturers Association.

CCONNIE:Comite Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica.

- Las unidades de iluminación deben estar sujetas firmemente a sus medios de soporte.
- No deben hacerse empalmes ni derivaciones dentro de las unidades de iluminación.
- Los conductores para las unidades deben ser adecuados a la corriente de operación de los mismos, pero no deben ser menores del calibre No. 18 A.W.G.
- Los conductores de la Unidad deben tener un aislamiento adecuado para la corriente, tensión y temperatura a los que están sometidos.

- Las unidades de iluminación no deben tener partes vivas, normalmente expuestas.
- Las unidades de iluminación no deben instalarse donde puedan estar expuestas a daños mecánicos.

#### 4.4.- Instalación de la Unidad.

La instalación de la Unidad de Iluminación se hace después de haber instalado todas las charolas, ya que estas unidades de iluminación, van fijadas a la charola de baja tensión.

Las charolas de baja tensión llevan unos travesaños a cada 25 cm., de ahí se fijarán las Unidades de Iluminación por medio del gabinete, el cual en la parte superior deberá estar provisto de dos barrenos para colocar unos tornillos que sujeten la unidad.

El cable de la unidad de uso rudo y con clavija premoldeada, deberá salir por uno de los costados del gabinete, como se muestra en la figura No. (7.a).

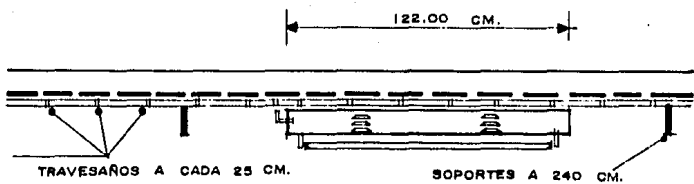
Anteriormente las unidades de iluminación, se colocaban directamente al muro por medio de dos barrenos, se colocaban los taquetes y al final se colocaba la unidad, pero para mayor facilidad de colocación de las unidades, se montan ahora sobre las charolas de baja tensión.

Después de haber fijado firmemente la unidad a la charola, se monta el tubo fluorescente y se conecta a la clavija hembra que se colocará cuando se coloquen los cables de baja tensión.

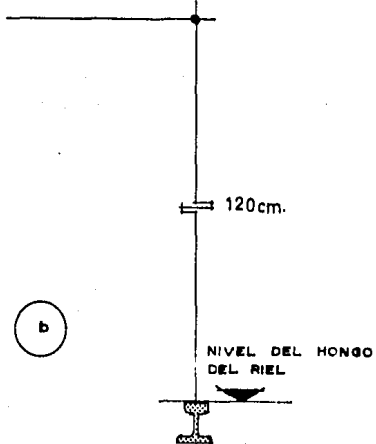
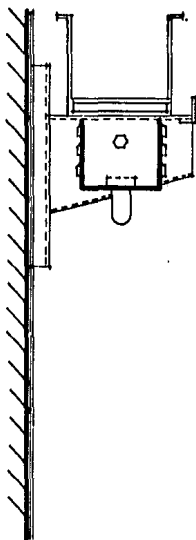
Las unidades de iluminación de la zona de aparatos, llevan

el mismo procedimiento de colocación que expliqué anteriormente, únicamente se colocará al final la pantalla de vidrio termotemplado claro.

El estado final de la unidad de iluminación se muestra en la Fig. 7,b y estos deben llevar cierta altura del nivel del -- hongo del riel a la unidad, que ya fué marcada a la hora de hacer el trazo para la colocación de las charolas.



a



b

U L S A	
UNIDAD DE ILUMINACION	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. Nº 7	ACOT. EN CM.

## 5.- CABLES DE ALTA Y BAJA TENSION.

### 5.1.- Descripción de los cables.

Cable: Es un conductor formado por varios filamentos torcidos, con lo cual se obtiene un conductor más flexible que el alambre de sección equivalente.

Los cables son aislados, lo que quiere decir, que es un conductor protegido por un aislante.

Los cables se dividen en dos grandes grupos que son:

- 1.- Cables de Alta Tensión o de Energía.
- 2.- Cables de Baja Tensión.

Los cables de Alta Tensión o de Energía, tienen la función primordial de transmitir energía eléctrica a una corriente y tensión preestablecidos, durante cierto tiempo. Es por eso que los elementos que lo constituyen están diseñados para soportar los parámetros establecidos por la corriente y la tensión durante un tiempo determinado.

Los elementos que constituyen a un cable de energía adecuados para cumplir con esas condiciones son: (Fig. 3).

- a).- El conductor, por el cual fluye la corriente eléctrica.
- b).- El aislamiento, que soporte la tensión aplicada, protección al ser humano y al circuito evitando cortocircuitos.
- c).- La cubierta, que proporciona la protección contra el ataque del tiempo y los agentes externos.

- d).- Pantallas, que como función principal, permiten una distribución de los esfuerzos eléctricos en el aislamiento en forma radial y simétrica.
- e).- Armaduras metálicas, que sirven para dar protección adicional contra agentes externos o esfuerzos de tensión extraordinarios.

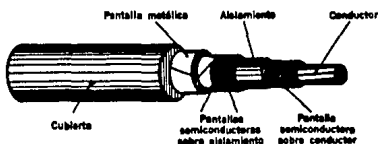


Fig. (8)

El conductor por el cual fluye la corriente, se caracteriza por su material y la flexibilidad.

Los materiales más convenientes utilizados en conductores de energía, son el cobre y el aluminio, aunque el cobre es superior en características eléctricas y mecánicas.

La conductividad del aluminio es aproximadamente el 60% de la del cobre y la resistencia a la tensión mecánica es 40%.

Las características de bajo peso del aluminio han dado lu-

gar a un amplio uso de ambos materiales en las instalaciones con cables de energía.

En el caso de la construcción eléctrica del "METRO", es utilizado el cable de energía de cobre por su mayor conductividad eléctrica.

La flexibilidad de un conductor se logra, recociendo el material, o aumentando el número de alambres que lo forman.

No hay una regla fija para decidir cuál grado de flexibilidad es el más adecuado para una determinada aplicación, ya que 2 ó 3 clases de cables pueden ser igualmente satisfactorias para su uso.

La función del aislamiento es confinar la corriente eléctrica en el conductor y contener el campo eléctrico dentro de su masa.

Al principio, las propiedades de los aislamientos son con frecuencia más que adecuados para su aplicación, pero los efectos de la operación, medio ambiente, envejecimiento, etc., pueden degradar al aislamiento rápidamente hasta el punto en que llegue a fallar, por lo que es importante seleccionar el más adecuado.

Antes, el papel impregnado era el aislamiento más usado por

su confiabilidad y economía, sin embargo, ahora hay nuevos aislamientos tipo seco.

La función primordial de las cubiertas, es proteger el cable de los agentes externos del medio ambiente que lo rodea, -- tanto en la operación, como en la instalación.

Las cubiertas pueden ser metálicas, termoplásticas, elastoméricas y textiles. Las metálicas son de plomo o de aluminio, - las termoplásticas son de P.V.C. o polietileno de alta y baja - densidad, las elastoméricas se usa el neopreno y en general los hules sintéticos, y los textiles son de una combinación de yute impregnado en asfalto y recubierto con un baño final de cal y talco.

Los cables de alta tensión tipo Seco, van desde una tensión de 5 KV hasta 35 KV.

Los cables de baja tensión son cables que van a soportar una tensión de 600 Volts. Estos cables de baja tensión tienen unos aislamientos de Vinamel 900 DRF. Estos cables de baja tensión, llevan sólo el aislamiento exterior para protegerlos contra efectos mecánicos y efectos del medio ambiente que los rodea.

Los cables de baja tensión son los que llegan a los tableros de distribución y directamente al alumbrado del túnel.



Los cables de conexión a tierra que van a ir alojados en las charolas de baja tensión, van a ir sin aislamiento. Los cables de tierra serán de cobre y van a estar trenzados (Fig.1).

A estos cables de conexión a tierra, se van a conectar las varillas de tierra y las charolas se conectarán igualmente al cable.

#### 5.5.- Tipos de Cables.

Para la alimentación de alta tensión, van a poderse utilizar dos tipos de cable del mismo calibre de 2/0 y 23 KV y estos son:

- 1.- Tipo de Papel impregnado en aceite.
- 2.- Tipo seco. (Aislamiento extruido)

Los cables de tipo de papel impregnado, emplea un papel especial, que se impregna con aceite de grado eléctrico para mejorar las características del aislante. El compuesto ocupa todos los intersticios, eliminando las burbujas de aire en el papel y evitando así la ionización en servicio.

Este tipo de cable es con conductores redondos de cable suave, cinta de papel semiconductor sobre el conductor y aislamiento de papel impregnado en aceite; la pantalla sobre el aislamiento - está formada por una cinta de papel semiconductor y una cinta de papel intercalada con una cinta de cobre. El forro de plomo sobre

la pantalla metálica protege el cable de la entrada de humedad. La cubierta exterior es de polietileno de Alto Peso Molecular.

Los cables del tipo seco, pueden ser de 2 tipos, según su respuesta al calor.

- a).- Termoplásticos.- Aquellos que, al calentarse, su plasticidad permite conformarlos a voluntad, recuperando sus propiedades iniciales al enfriarse, pero manteniendo la forma que se les imprimió.
- b).- Termofijos.- Aquellos que tuvieron un proceso inicial igual al anterior, pero una vez vulcanizados al recalentarlos pierden su plasticidad.

Los aislamientos de los cables tipo seco, se dividen a su vez en dos:

- 1).- Etileno-Propileno (E.P.), que ofrece buenas propiedades, como estabilidad térmica, resistencia muy buena a la ionización y gran resistencia a las arborescencias.
- 2).- Polietileno de Cadena Cruzada (XLP), tiene buenas propiedades, como alta rigidez dieléctrica, baja absorción de humedad y bajas pérdidas dieléctricas.

Los cables de baja tensión serán de un solo tipo, el que será:

Aislamiento Termoplástico de Tipo Vinanel 900 DRF para - 600 Volts.

Todos los cables serán de este tipo, aunque habrá diferentes calibres que irán desde el No. 12 AWG hasta el 500 MCM. Según el circuito que alimenten.

El cable de puesta a tierra, es de 250 MCM desnudo, trenzado.

Estos son los tipos de cables que se utilizan en la construcción eléctrica del "METRO" de la Ciudad de México.

### 5.3.- Normas,

Las normas estarán regidas por la A.W.G. (American Wire - Gage) y por Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

- Los conductores que se empleen en instalaciones de utilización deben estar aislados, de acuerdo con su tensión de servicio y condiciones de operación.

- En las instalaciones se pueden usar conductores desnudos para la puesta a tierra en la misma canalización de los conductores aislados del circuito.

Los conductores deberán marcarse con:

- La tensión máxima de operación,
- El calibre A,W,G, o el Area en M.C.M.

Las aplicaciones de los conductores aislados pueden ser:

- Corrosión,- Los conductores deben ser resistentes a la - corrosión.

- Fuego.- Los conductores deben ser apropiados para resistir el fuego según los aislamientos propuestos.

#### 5.4.- Cableado.

Para la instalación del cable, habrá que hacer un recorrido por la trayectoria de la charola, para determinar la forma de la instalación del cable.

Si la trayectoria no presenta obstáculos y se puede llevar a cabo depositando el cable, el carrete se colocará en una base desenrolladora, la cual se montará en unos lorrys para desplazarla a lo largo de la trayectoria, para en esa forma, ir desenrollando el cable y colocarlo sobre la charola.

En caso de que no esté libre la vía, o no se haya implantado aún el método anterior, se hará manualmente que consiste en que se reparte al personal y va jalando el cable hasta que se pueda colocar en la charola.

La base desenrolladora, es una especie de triángulo que tiene en un extremo un canal circular para que se instale el carrete por medio de un eje y así poder jalar el cable sin tanto esfuerzo.

Tanto en los cables de alta tensión como en los de baja tensión, se utilizan los mismos métodos, después de haber cableado, se sujetarán fijamente a las charolas por medio de cinchos -

y se sellan las puntas, lo cual puede hacerse por medio de tapones contráctiles o cintas vulcanizables, con el fin de evitar que penetre humedad al conductor,

Los empalmes y derivaciones que se tengan que hacer, según los planos indicados, quedarán instalados directamente sobre las charolas. En los cables de baja tensión, se sujetarán con cinchos según el circuito que sea,

Por ejemplo, si un circuito es trifásico de 4 hilos de calibre #2 A.W.G., estos cuatro conductores se fijarán a la charola por un cincho independiente de los otros circuitos y al final se fijarán todos los cables de los diferentes circuitos de baja tensión con un cincho común a todos los cables.

Los cables se sujetan a las charolas con los cinchos, rodeando los travesaños de la charola y rodeando los cables.

Puesto que los cables de energía vienen en carretes de muy alto peso, se tendrá que utilizar una pequeña grúa para poderlos colocar sobre la base desenrolladora, y en cambio los cables de baja tensión, dado su calibre, son de menor peso y se pueden montar en la base con el personal.

Después de haber instalado el cable, se marca con unas placas de cobre el número de circuito y la fase a la que corresponden; estas placas de cobre irán localizadas a cada 30 mts. en los cables de baja tensión y a 50 mts. en los cables de alta tensión.

Para finalizar, con la colocación de cables se harán los empalmes respectivos de los cuales hablaremos más adelante.

#### 5.5.- Conexiones,

Las conexiones en los cables de alta tensión se explicarán más adelante.

Las conexiones en los cables de baja tensión se hacen por medio del mismo cable hacia los tableros de distribución y en caso de que el calibre del conductor sea demasiado grande, se utilizarán tablillas para reducción de calibre.

La finalidad de estas tablillas es la de reducir el cable y poderlos conectar en los tableros de distribución, ya que de otra forma se tendría que degradar el cable del calibre grande y esto está prohibido por el Reglamento de Instalaciones Eléctricas de la República Mexicana.

Después de pasar por estas tablillas, se alojarán en los interruptores del tablero correspondiente y se hará atornillando fijamente el conductor a la terminal del interruptor.

Los cables se conectarán de acuerdo a su identificación de circuito que se hizo previamente y que facilitará la conexión de éstos.

La conexión de los cables para las unidades de iluminación se empalmará con un cable de uso rudo a una fase y el neutro del circuito, del cual debe ser conectada la Unidad.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- 1°.- Se pelan los cables.
- 2°.- Se empalman.
- 3°.- Se aíslan.

Al pelar los cables se debe tener cuidado de no dañar el conductor.

Al empalmar los cables, se verificará que se hayan fijado bien y no tengan juego para que después se aíslen por medio de una cinta aislante que resista la tensión de 127 V.

La conexión en su otro extremo, lleva una clavija hembra - premoldeada para poder recibir la clavija macho de la Unidad de Iluminación.

Los empalmes para los cables de baja tensión y alta tensión, se explicarán posteriormente.

## 6.- CABLES DE TRACCION.

### 6.1.- Descripción del Cable.

El cable como se dijo anteriormente, está formado por varios filamentos torcidos, con lo cual se obtiene un conductor más flexible que el alambre de sección equivalente.

A diferencia de los cables de Alta y Baja tensión, el Cable de Tracción lleva un aislamiento vulcanizado de manera que el cable es rígido, pero el cobre de dicho cable es suave.

El cable de Tracción sirve para una alimentación hasta de 1 KV, ya que la tracción lleva un voltaje de 750 volts en corriente directa. Este cable tiene una sección transversal de  $240 \text{ mm}^2$  divididos en 37 hilos de cobre suave.

El cable de tracción tiene la función de transmitir energía eléctrica a una corriente y una tensión preestablecidas, durante cierto tiempo, hasta la barra gufa, de donde los trenes del Metro, tomarán la alimentación. Es por eso que el cable de tracción debe estar diseñado para soportar los parámetros establecidos por la corriente y la tensión para dar continuidad de servicio y en un tiempo determinado por el horario de servicio de la línea.

La función del Aislamiento Vulcanizado es la de proteger los cables contra efectos mecánicos y los cambios bruscos del medio ambiente.



El cable de tracción debe ser tan rígido, para que a la hora de cablear, el ducto por el que se vaya a meter no necesite gufa.

Esto quiere decir que el cable no se torcerá y saldrá - del otro lado del ducto sin necesidad de jalarlo con una gufa.

#### 6.2.- Tipo de Cable.

En este caso el cable es de uno solo tipo, el cual será: Cable Vulcanel X.L.P. (Polietileno de Cadena Cruzada).

El cable Vulcanel X.L.P., tiene buenas propiedades, como son los de alta rigidez dieléctrica, baja absorción de humedad - y bajas pérdidas dieléctricas.

El aislamiento del cable Vulcanel X.L.P. es termoplástico, esto quiere decir que al calentarse, su plasticidad permite conformarlo a voluntad, recuperando sus propiedades iniciales al enfriarse, pero manteniendo la forma que se le imprimió.

El aislamiento del cable Vulcanel X.L.P., tiene mayor - coeficiente de expansión térmica; esto quiere decir que se expande y contrae, con los mismos cambios de temperatura.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

### 6.3.- Normas.

Estos cables de tracción estarán regidos por el Reglamento de Instalaciones Eléctricas y con las características de Calibres de la A.W.G, (American Wire Gage).

- Los conductores que se empleen en instalaciones de utilización deben estar aislados, de acuerdo con su tensión de servicio y condiciones de operación.
- Las aplicaciones de los conductores deberán marcarse con:
  - La tensión máxima de operación.
  - El calibre A.W.G, o el área en M.C.M.
- Las aplicaciones de los conductores aislados pueden ser:
  - Corrosión: Los conductores deben ser resistentes a la corrosión.
  - Fuego: Los conductores deben ser apropiados para resistir el fuego según los aislamientos propuestos.

### 6.4.- CABLEADO.

Para la instalación del cable, se hace similarmente como se hizo el cableado en alta y baja tensión. El cableado de tracción se hace desde las Subestaciones de Rectificación hacia el punto donde se distribuya hacia la barra gufa.

Los puestos de rectificación se encuentran en la superficie de la calle y de ahí por medio de las lumbreras baja el cable.

Los cables de tracción van a lo largo de charolas, de los puestos de rectificación hacia la lumbrera, y de la lumbrera van sujetos por medio de clemas de madera, las cuales van a una distancia de 1 mt. de distancia y el tipo de clema es según el número de cables que vayan a ese circuito, como por ejemplo hay clemas de 2 x 12 ó de 1 x 12 etc.

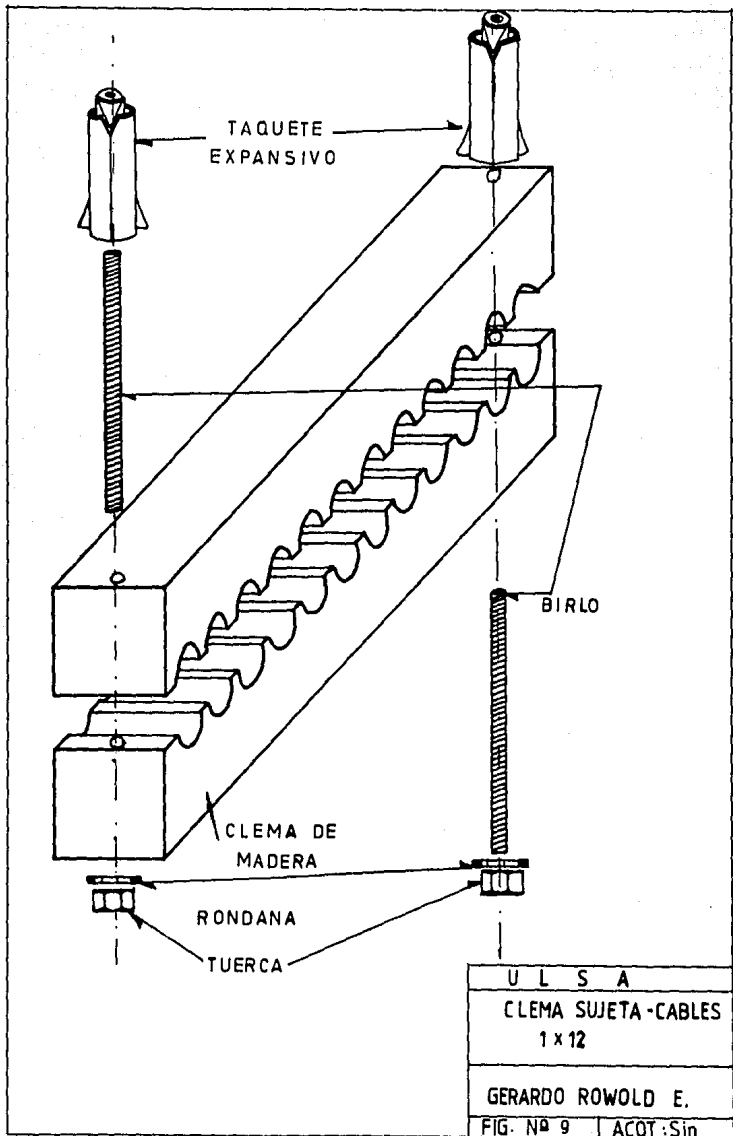
Estas clemas son de madera impregnadas en aceite para su protección contra la humedad o animales que puedan afectar esa clema (Fig. 9).

La clema después de haberla barrenado se sumerge en aceite durante 24 horas, para que quede bien impregnada del mismo.

Las clemas se colocan ya sea con perno roscado a impacto o se barrena la pared y se pone un taquete como se le hizo en la colocación de la charola. Se pasan los cables por la clema y al tener el total de cables se aprieta para que quede bien fijo a la pared de la lumbrera.

El cableado se hace por circuitos, llevando los primeros doce cables que son de corriente positiva a un lado de la bajada y los otros 12 van del otro lado de la bajada, siendo de corriente negativa, llegando hasta la barra neutra de las cajas inductivas.

También se puede hacer la bajada por charola pero tiene el inconveniente de que no están muy sujetos, ya que se le tiene que poner cincho y por el mismo peso del cable se deben poner muy jun-



tos un cincho del otro.

#### 6.5.- CONEXIONES.

Las conexiones del cable de tracción se hacen por medio de zapatas, ya sean mecánicas o a compresión.

Estas conexiones se harán por medio de zapatas mecánicas únicamente a la BARRA GUIA, que es por donde va a tomar la energía el Convoy y por medio de zapatas a compresión a los equipos de TRACCION y a las Barras Neutras de las cajas inductivas. Las zapatas mecánicas que van a la Barra Guía y las zapatas a compresión que van a la barra neutra de las cajas inductivas van soldadas por medio de soldadura cadweld de 200 gramos.

Esta soldadura es aluminotérmica y lleva una combinación entre cobre y aluminio, con fósforo que es el que hace la reacción para fundir la soldadura y que solde a todos los lados de las zapatas.

Esta soldadura se hace por medio de moldes, los que van a contener la cantidad necesaria de carga para soldar bien esas zapatas.

Las zapatas a compresión que van a los equipos de tracción van atornillados a dichos equipos.

La corriente positiva como lo mencionamos anteriormente, - se conecta directamente a la Barra Gufa, la cual se divide en dos circuitos para vía 1 y dos circuitos para vía 2.

## 7.- EMPALMES, MUFAS Y CONOS DE ALIVIO.

### 7.1.- Descripción.

Un empalme no es más que la unión de dos cables restituyen do los elementos retirados con materiales compatibles con los originales, de tal manera que no constituya un punto débil en la continuidad de la instalación.

La confiabilidad de un empalme depende de varios factores, entre los que destacan la calidad de los materiales usados, el diseño y la mano de obra de la instalación.

Es necesario, que para hacer un empalme, se considere que los materiales utilizados deben ser compatibles con los elementos que constituyen el cable al cual se unirá y que estos materiales, deben efectuar satisfactoriamente la función que desempeñan sus homólogos en el cable.

Uno de los factores que sin duda tiene gran importancia, para hacer un empalme, es asegurar que los gradientes de esfuerzos presentes en el empalme, sean soportables por los materiales utilizados.

Como parte complementaria de los cables utilizados en la distribución de energía eléctrica, se encuentran los accesorios, los cuales harán posible efectuar las transiciones entre líneas de distribución aéreas a subterráneas; de cable a equipo, ya sean

transformadores, interruptores, seccionalizadores, etc., o bien entre dos cables.

Dentro de estos accesorios están los conos de alivio y las mufas que se denominan terminales.

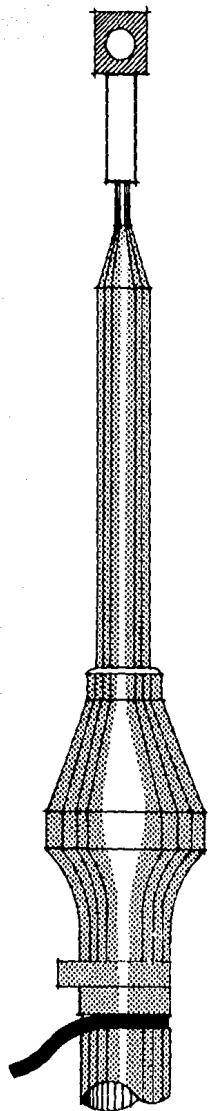
El cono de alivio es el que proporciona únicamente control de los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable al interrumpir y retirar la pantalla.

El cono de alivio proporcionará al cable en que se instale, únicamente el control de los esfuerzos que se presentan al retirar el blindaje electrostático sobre aislamiento, y la distancia de fuga necesaria para la terminal se obtiene con el espacio libre de aislamiento entre el conductor y el corte de la pantalla; por eso, este tipo de terminales está limitada a utilizarse en interiores, esto es, que no esté en contacto con las radiaciones solares directas, ni en contacto directo con precipitaciones pluviales. (Fig.10)

La mufa es aquella que proporciona control de los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable al interrumpir y retirar la pantalla; proporciona distancia de fuga aislada externa entre los conductores del cable y tierra, y proporciona un sello de hermeticidad, manteniendo la presión del sistema del cable.

Este tipo de terminal también se denomina terminal tipo bayoneta y se utiliza cuando el cable es con aislamiento impregnado en aceite, ya sea para conectarse al equipo o para cambiar de





U L B A

CONO DE ALIVIO,  
PREFABRICADO TERMINADO

GERARDO ROWOLD E.

FIG. Nº 10 ACOT. ENSIN

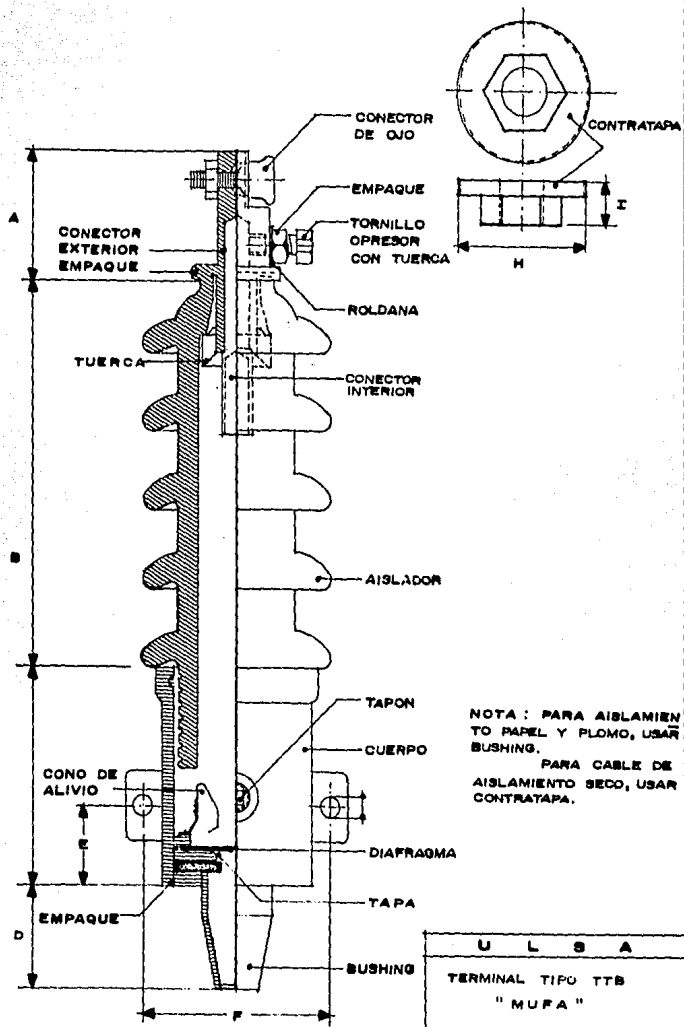
cable con aislamiento seco a aislamiento húmedo.

La mufa tiene como elementos funcionales:

- Cono de alivio metálico preformado. Su función es la de controlar el esfuerzo eléctrico, que se presenta sobre el aislamiento del cable, en la zona donde se retira el blindaje electrostático. Este cono de alivio está integrado al cuerpo de la terminal, logrando contacto eléctrico y soporte mecánico, adecuados para cumplir su función satisfactoriamente.
  
- Aislador de Porcelana. Una de sus principales funciones es la de brindar al cable una distancia adicional de fuga aislada y, por el material con que está hecho es utilizable en lugares de ambiente altamente contaminado.
  
- Base y elementos de sello. La función primordial que tienen estos materiales, es la de proporcionar al sistema cable-terminal una hermeticidad total, con el objeto de que el fluido aislante contenido dentro de la terminal, no fluya hacia el exterior, ni exista la posibilidad de ingreso de humedad al interior de la terminal. (Fig. 11)

## 7.2.- TIPOS DE EMPALMES, MUFAS Y CONOS DE ALIVIO.

Para comenzar se puede decir que hay dos grupos grandes de empalmes: los empalmes de alta tensión y los empalmes de baja tensión.



NOTA: PARA AISLAMIENTO PAPEL Y PLOMO, USAR BUSHING.  
 PARA CABLE DE AISLAMIENTO SECO, USAR CONTRATAPA.

<b>U L S A</b>	
TERMINAL TIPO TTB "MUFA"	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. N° 11	ACOT. EN CM

Dentro de los empalmes de alta tensión tenemos los encintados que son usados para los cables con aislamiento seco y aislamiento húmedo. El cable con aislamiento húmedo se llama también impregnado en aceite.

Los empalmes encintados, son los que se usan en la construcción del "METRO".

Los empalmes encintados son aquellos en que la restitución de los diferentes componentes del cable, a excepción del conductor se lleva a cabo aplicando cintas en forma sucesiva, hasta obtener todos los elementos del cable; las cintas aislantes aplicadas para obtener un nivel de aislamiento adecuado, pueden ser del tipo auto vulcanizable o del tipo no vulcanizable, los cuales tampoco contienen adhesivo.

Para los cables impregnados en aceite, es necesario proporcionarles encapsulados de sistemas epóxicos o compuestos fluidos, para lograr una mejor operación del sistema cable-empalme. En este caso se hace necesario que el empalme esté provisto de un compuesto compatible con el aceite de impregnación y que proporcione al cable en el tramo del empalme, la función que desempeña el aceite.

Los empalmes de baja tensión, también son encintados, los cuales se emplean fundamentalmente para empalmes rectos o derivaciones en cables de alumbrado, instalaciones industriales y en general para aplicaciones para voltajes hasta 6 KV.

Las ventajas que presentan estos empalmes son: facilidad, rapidéz y economía en su instalación. Excelentes características eléctricas. Resiste grasas, aceites e hidrocarburos; resiste el ozono, la humedad, el calor y luz solar. Excelentes características mecánicas y flexibilidad.

Las terminales se puede decir que en el Sistema de Transporte Colectivo "METRO" son tres:

- Cono de alivio prefabricado tipo TIP
- Cono de alivio fabricado en campo.
- Terminal tipo bayoneta (Mufa)

- El cono de alivio prefabricado tipo TIP, está diseñado para controlar los esfuerzos presentes en cables de 5 KV a 34.5 KV con blindaje electrostático, su aplicación es exclusivamente en interiores, por lo cual no será necesario agregar ningún otro elemento para protección del cable.

Los cables en los que se pueden instalar, serán siempre del tipo de aislamiento extruido o aislamiento seco.

- El cono de alivio fabricado en campo, es a base de cintas, las cuales van conformando el cono de alivio. Las ventajas que tiene sobre el prefabricado, es que el prefabricado se tarda en llegar por el pedido al fabricante, etc., en cambio el encintado se coloca de inmediato, teniendo las cintas. La desventaja es la rapidéz para hacer el cono, ya que el prefabricado se coloca rápido, en cambio el fabricado en campo, se tarda más porque no debe tener burbujas.

- La terminal tipo bayoneta o mufa, se puede utilizar tanto en cables con aislamiento seco, como con aislamiento húmedo. Esta terminal como ya se mencionó anteriormente, cuenta con cono de alivio, aislador de porcelana y elementos de sello. Según el calibre del conductor o la tensión que vaya a tener, dependerá el tamaño de la terminal.

### 7.3.- NORMAS.-

El diseño de fabricación y pruebas de este equipo, se regirán de acuerdo con las normas siguientes:

NEMA: National Electrical Manufacturers Association.  
CCONNIE: Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica.

Además la instalación de la parte eléctrica correspondiente, deberá cumplir con el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas en vigor.

- Los conductores deben empalmarse o unirse de manera que se asegure una buena conexión mecánica y eléctrica. Se recomienda aplicar soldadura.
- Cuando se usen accesorios tales como conectores o uniones a presión o conectores terminales para soldar, deben ser apropiados para el material de los conductores que se unen y ser usados e instalados adecuadamente.

#### 7.4.- Mufas.

Para colocar las mufas se debe preparar el cable, para su buen funcionamiento. Se presenta el cable en su posición final y se corta el exceso del cable. Se mide la distancia "A" = 50 cm. a partir de la punta del cable, según el tipo de cable que se vaya a utilizar. En caso de ser necesario se efectúa un amarre en el punto marcado, para evitar que se desenrollen los elementos de la armadura. Se retira la cubierta protectora hasta la longitud "A" = 50 cm. sin dañar la cubierta de plomo. A una distancia "B" = 29 cm. de la punta del cable se retira la cubierta de plomo, teniendo cuidado de no maltratar el siguiente elemento del cable; los cortes se pueden efectuar hasta aproximadamente la mitad de la cubierta de plomo. Después se retiran las pantallas (cinta semiconductor y de cobre traslapados), en una longitud de 10 cm. medidos a partir de la punta del cable, haciéndole unos amarres provisionales. Se retira el aislamiento 4 cm., desde la punta y se tiene el cuidado de no dañar el conductor, se coloca un conector interior, el cual puede ser por medio de soldadura o a compresión y se hace una punta de lápiz en el aislamiento del cable en una longitud "C" = 4 cm. dejando una superficie lisa.

Se desenrolla la pantalla hasta el forro de plomo cortando el papel impregnado y volviendo a enrollar la pantalla de cobre a medio traslape aproximadamente 5 cm., medidos a partir del corte del plomo.

Se estaña perfectamente 3 cm. aproximadamente de la pantalla de cobre, medidos a partir del corte del plomo.

Se cierra el plomo sobre la pantalla de cobre, con ligeros golpes, sin llegar a dañar la pantalla.

Es conveniente aplicar un cordón de soldadura entre el plomo y la pantalla a manera de sello. Se hace una marca sobre la pantalla a 2 cm, medidos a partir del corte del plomo, retirando la pantalla hasta ese punto sin dañar el aislamiento del cable. Se debe retirar cualquier cinta o material semiconductor y encintar con cinta teraglas a medio traslape el aislamiento del cable, desde el corte de las cintas de cobre hasta la punta de lápiz. - (Fig. 12).

Después de haber preparado el cable, se colocan la contra tapa y el empaque. Se limpia con solvente todas las partes del cable preparado, se coloca la terminal y se pone la botella de plástico, introduciendo el cable hasta que el conector interior ocupe el hueco del conector exterior y apriete con el tornillo opresor.

Se recorre el empaque y la boquilla de bronce hasta la terminal y se aprieta la boquilla a un par de 3 Kg/m.

Se hace una soldadura de bola, en la boquilla de bronce y el plomo del cable, retirando la botella de plástico después de haber dejado reposar la terminal para que se enfríe la soldadura, y se coloca el tapón.



CONDUCTOR  
PONCHADO A  
COMPRESION

C

4

A

B

2

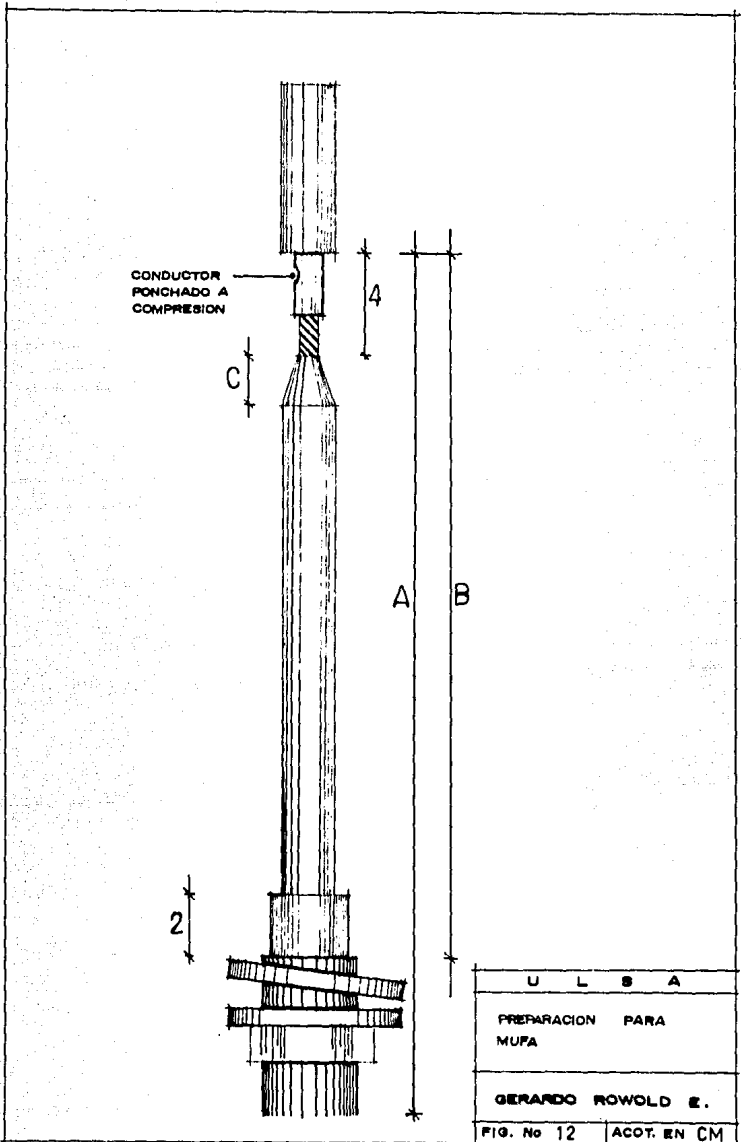
U L S A

PREPARACION PARA  
MUFA

GERARDO ROWOLD E.

FIG. No 12

ACOT. EN CM



Se fija la terminal en el soporte correspondiente y se hace una conexión a tierra con un cable trenzado de la soporterfa a la terminal. (Fig. 13).

#### 7.4.2.- Cono de Alivio.

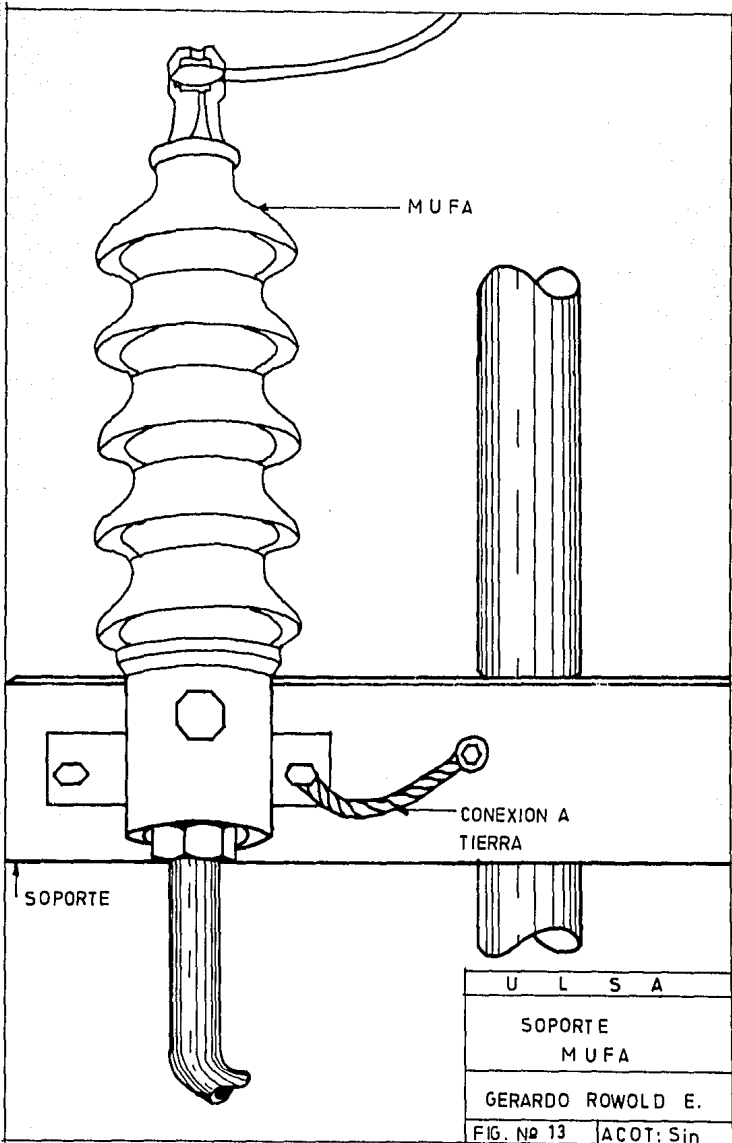
Los conos de alivio se utilizan para cables secos. Al igual que en las mufas, se presenta el cable en su posición final y se corta el excedente. (Fig. 14).

Se mide la distancia "A" sobre el cable a partir de la punta y se hace un amarre en ese punto, fijando los conductores del neutro.

Se desenrollan los conductores del neutro y se doblan hacia atrás, menos uno, torciéndolos hasta formar un conductor común.

Se mide la longitud "L" sobre la cubierta semiconductor a partir de la punta. Se hace un corte circunferencial quitando la pantalla.

Se retira el aislamiento del cable "B" y se le hace una punta de lápiz "C" dejando la superficie lisa.



Se coloca la abrazadera recorriéndola hasta que quede sobre la cubierta o hasta que tope con los hilos de cobre, limpiando el aislamiento y el conductor, evitando cualquier nuevo contacto de la mano con ellos.

Se inserta el cono de alivio hasta que traslape en exactamente 25 mm. de la pantalla semiconductor, subiendo la abrazadera hasta que quede sobre el cono en la región de los 25 mm. de la pantalla. Se fija el conductor suelto a la abrazadera y los demás, que forman el conductor común serán fijados a tierra. Se aprieta la abrazadera, cuidando que no se deforme el cable.

En caso de ser necesario, se coloca una zapata a compresión al conductor. Se limpia toda la terminal y se fija en su posición final, conectando el conductor a la fase y la trenza o los hilos concéntricos al sistema de tierra. (Fig. 15).

Para un cono de alivio preparado en campo, se utilizan 3 tipos de cintas, las cuales le van a dar la forma al cono.

Primero se coloca cinta Scotch # 23, a medio traslape, dándole la forma al cono, después se le aplica cinta Scotch # 70 de silicón, también a medio traslape y al final se le aplica cinta aislante Scotch # 33 a medio traslape, para proteger el mismo.

Se coloca cable de calibre 10 conectado a la pantalla de cobre, estañado, para conexión a tierra y al final se le aplica una

Última capa de cinta aislante # 33 para protección del cono.

La preparación del cable es igual a la de un cono de alivio prefabricado, (Fig. 16).

#### 7.4.3.- Empalmes de Alta Tensión.

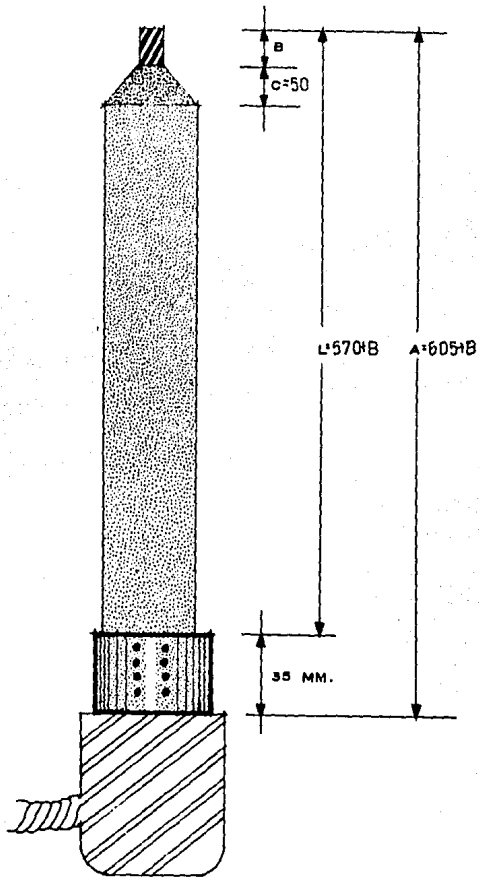
Los empalmes se hacen preparando las dos puntas del cable, dejando una punta de lápiz y se retira el aislamiento a una distancia que quepa el conector a compresión.

Se pone una trenza de cable para conexión a tierra de la pantalla metálica.

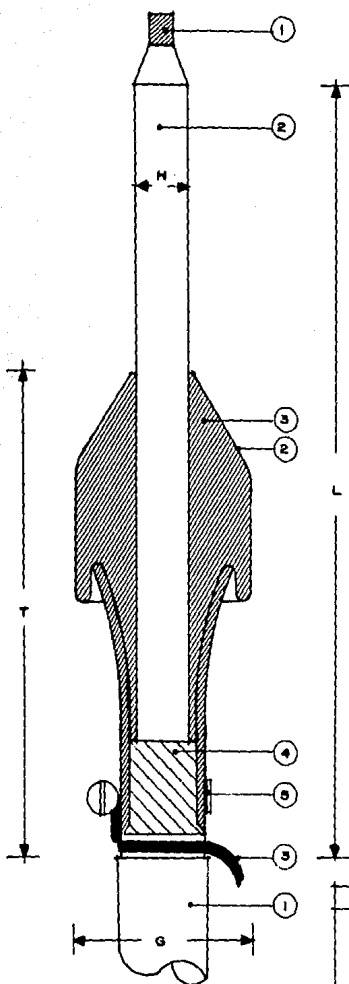
Las dimensiones para hacer un empalme correcto, para una alimentación a 23 K.V., se muestra a continuación:

La distancia total de la punta del cable hasta la cubierta de P.V.C., es de 21 cm, la distancia del cable desnudo es de la mitad del largo del conector más 1,3 cms. y la punta de lápiz tiene una distancia de 2,5 cm.

Se prepara el cable con las distancias antes mencionadas y una distancia de la cubierta semiconductor de 1.3. cm.; la pantalla de cobre de 2.5. cms, y la trenza de cobre estañada a una dis-



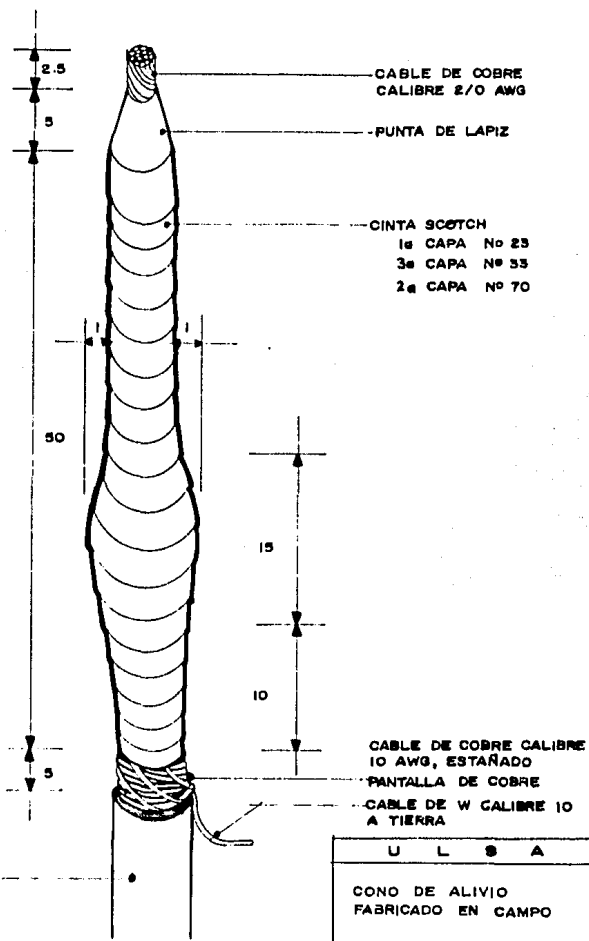
U L S A	
PREPARACION CONO DE ALIVIO	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. N° 14	ACOT. EN MM.



**DESCRIPCION**

- 1 CONDUCTOR DEL CABLE
- 2 AISLAMIENTO DEL CABLE
- 3 BLINDAJE ELECTROSTATICO DEL CABLE
- 4 CONO TIP
- 5 CONEXION A TIERRA DEL CONO DE ALIVIO Y BLINDAJE DEL CABLE
- H DIAMETRO SOBRE AISLAMIENTO
- G DIAMETRO EXTERIOR DE LA TIP
- T LONGITUD CONO
- L LONGITUD A PARTIR PUNTA DE LA PZ AL PARRO.

U	L	S	A
CONO DE ALIVIO			
GERARDO ROWOLD E.			
FIG. Nº 15		ACOT. EN. SIN	



<b>U L S A</b>	
CONO DE ALIVIO FABRICADO EN CAMPO	
<b>GERARDO ROWOLD E.</b>	
FIG. Nº 16	ACOT. EN CM.



tancia desde la pantalla de cobre a 6,9 cms.

Ya teniendo el cable preparado, se comprime el conector en las 2 puntas a unir, se rellenan las indentaciones dejadas por las pinzas y se estaña, para tener una buena continuidad, se cubre el conector y el cobre desnudo con cinta conductora a fin de uniformizar el perfil. Se restituye el aislamiento con cinta autovulcanizable, hasta obtener un espesor igual a 1½ veces el aislamiento original del cable.

La restitución de la cubierta semi-conductora se hace, con cinta conductora, encintando a medio traslape y con tensión uniforme.

Esta cinta vulcaniza con la cinta autovulcanizable. La continuidad metálica se consigue dando un encintado a medio traslape con malla de cobre estañada.

Es necesario soldar a la pantalla original, tanto la malla, como la trenza para conectar a tierra.

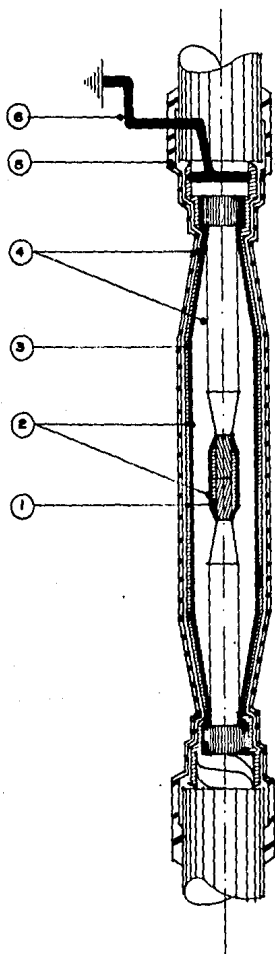
Al estar terminado el empalme eléctricamente, lo único que falta es proporcionar la protección necesaria.

Esta se logra con cinta autovulcanizable, aplicada sobre la malla de cobre y restituyendo la cubierta externa original del cable con cinta vinílica. Este tipo de empalme es para cable seco. (Fig. 17).

Los empalmes de alta tensión para cable húmedo, siguen el mismo procedimiento, solo que como tiene cubierta de plomo, se debe poner un tubo de plomo soldado a la cubierta de plomo con soldadura de plomo-estaño, y se coloca el compuesto aislante que es un compuesto fluido, para lograr una mejor operación del sistema cable-empalme, se sella el tubo de plomo y se encinta, igual que un empalme para cable seco, para darle la protección necesaria al empalme, restituyendo la cubierta exterior original del cable con cinta vinílica. (Fig. 18).

#### 7.4.4.- EMPALMES DE BAJA TENSION.

Para los empalmes de baja tensión, se preparan las puntas colocándolas en la posición en la que va a quedar el empalme o derivación y se instala un conector a compresión. (Fig. 19) Se estaña este conector y el cobre desnudo para darle mejor resistencia y mayor conductividad al cable. En algunos casos, se le coloca cinta conductora cubriendo  $1\frac{1}{2}$  mm. del aislamiento del cable y se le aplica la cinta autovulcanizable hasta obtener  $1\frac{1}{2}$  veces el espesor del aislamiento, finalmente se cubre con dos capas a medio traslape de cinta vinílica con adhesivo. En otros casos, solo se colocan las cintas autovulcanizables y la cinta vinílica con adhesivo.



**DESCRIPCION DE  
COMPONENTES**

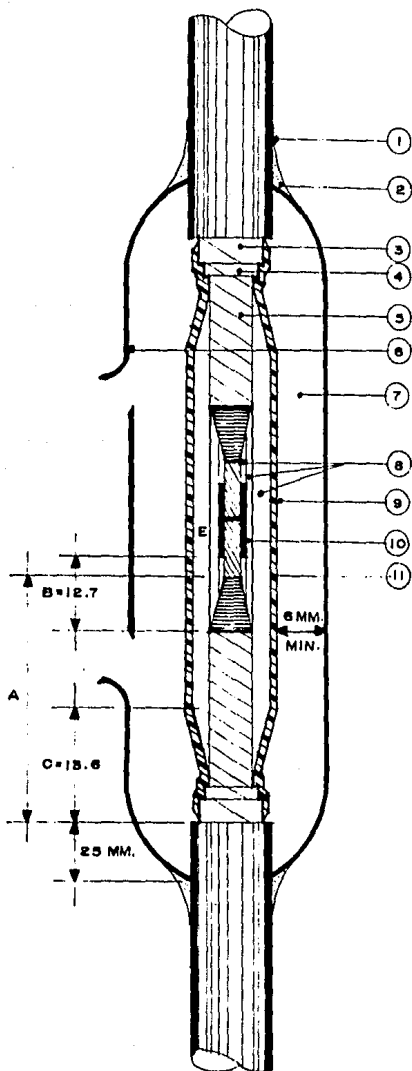
- 1 CONECTOR
- 2 CINTA CONDUCTORA Nº17
- 3 MALLA DE COBRE
- 4 CINTA AISLANTE
- 5 CINTA VINILICA CON ADHESIVO
- 6 TRENZA PLANA ESTAÑADA

**U L B A**

**EMPALME DE ALTA TENSION  
CABLE SECO**

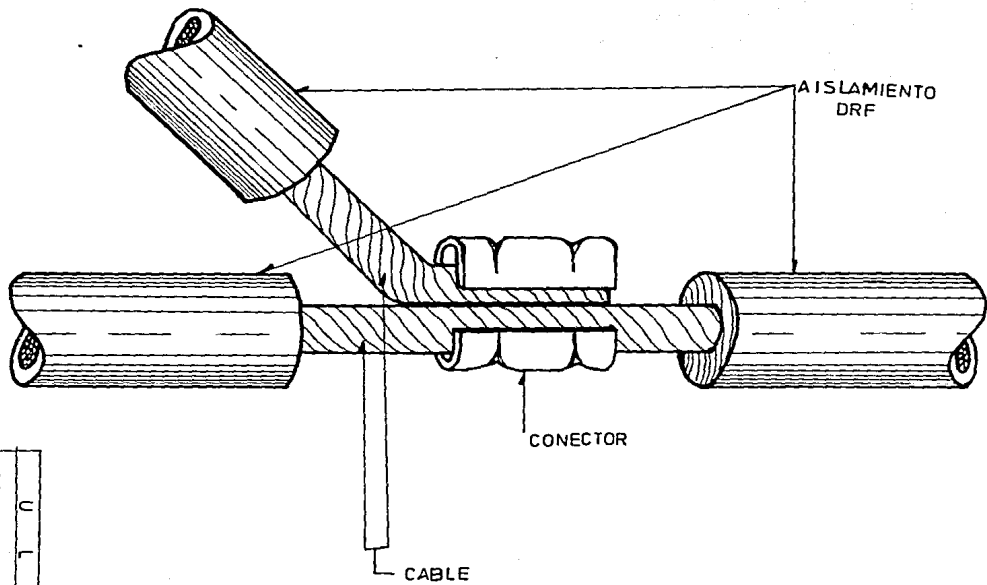
**GERARDO ROWOLD E.**

**FIG. Nº 17 ACOT. EN SIN**



- 1 CUBIERTA DE PLOMO
- 2 SOLDADURA DE PLOMO - ESTAÑO
- 3 PANTALLA DE COBRE
- 4 CINTA SEMICONDUCTORA
- 5 AISLANTE DEL CABLE
- 6 TUBO DE PLOMO
- 7 COMPUESTO AISLANTE
- 8 CINTA TERAGLAS
- 9 MALLA DE COBRE
- 10 CONECTOR
- 11 SOLDADURA (1 CORDON)

U L S A	
EMPALME DE ALTA TENSION CABLE HUMEDO	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. N° 18	ACOT. EN MM.



U  
L  
S  
A

DERIVACION EN  
BAJA TENSION

GERARDO ROWOLD E.

FIG. Nº 19

ACOT: Sin

## 8.- EQUIPO DE TRACCION.

El equipo de tracción se considera uno de los más importantes, ya que por medio de este equipo y sus conexiones se alimenta la barra gufa, la que a su vez llevará la energía eléctrica a los motores.

El equipo de tracción, se localiza en nichos o casetas de tracción. Las casetas de tracción se localizan en líneas superficiales y elevadas, en cambio los nichos se localizan únicamente en líneas subterráneas.

Estos nichos o casetas son muy importantes porque a ellos llega la alimentación de 750 Volts, C.D. y por medio del equipo de tracción se distribuyen a cada una de las vías, por medio de un cable de 240 mm<sup>2</sup> para 1 KV.

Los equipos de tracción se alimentan desde la subestación de rectificación, por un cable de 240 mm<sup>2</sup> con aislamiento para 1 KV.

El equipo de tracción, además de dar la energía a la línea proporciona la protección necesaria a dicha línea.

Del equipo de tracción, alimenta el polo positivo a la barra gufa, la pista y el riel con el polo negativo, donde por medio de escobillas positivas y escobillas negativas, instaladas en los

carros, se alimentan los motores a 750 volts, de corriente directa.

#### 8.7.- Tipos de Equipo.

Los equipos ocupados en los nichos de tracción, serán los siguientes:

- a).- Seccionadores sencillos.
- b).- Seccionadores inversores.
- c).- Contactores.
- d).- Cajas de control.

- a).- Seccionadores sencillos.

Los hay de distintas capacidades, los cuales son de 1500 amp., 3000 amp., y 5000 amp., y se instalarán de acuerdo al proyecto; es importante mencionar, que dichos seccionadores nunca se deben abrir con carga. (Fig. 20).

- b).- Seccionadores inversores.

Estos seccionadores son utilizados, para poder tener siempre dos opciones de energización, ya sea directa o por medio de un contactor, (Seccionador inversor con puente), o también poder instalar dos contactores y tener las dos opciones de energización (Seccionador inversor sin puente), estos equipos tienen diferen-

tes capacidades, como son de 1800 y 3000 amp.

Existen los seccionadores inversores dobles y sencillos, los cuales se ocuparán de acuerdo al proyecto.

Al igual que los seccionadores sencillos, los seccionadores inversores, nunca deben abrirse cuando tengan carga. (Fig. 21)

c).- Contactores.

Los contactores son utilizados para poder abrir los circuitos con carga y no tener ningún problema.

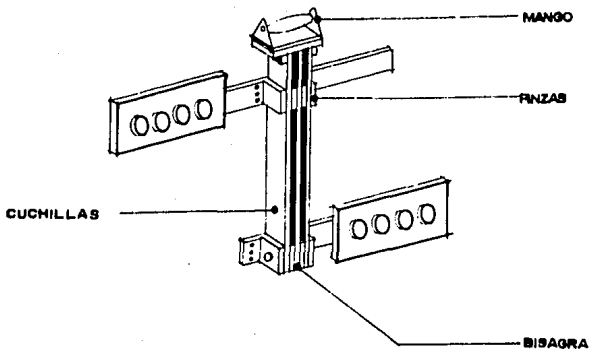
Hay varios tipos de contactores dentro de los cuales tenemos los siguientes:

C.1.)	- Contactores de Seccionamiento	C.S.
C.2.)	- Contactores de Fosa de Visita.	I.F.V.
C.3.)	- Contactores de Vía lavado.	I.V.L.
C.4.)	- Contactores de Terminal.	C.T.
C.5.)	- Seccionador de aislamiento Telemandado.	S.I.T.
C.6.)	- Interruptor de Vías Secundarias.	I.V.S.

d).- Cajas de Control.

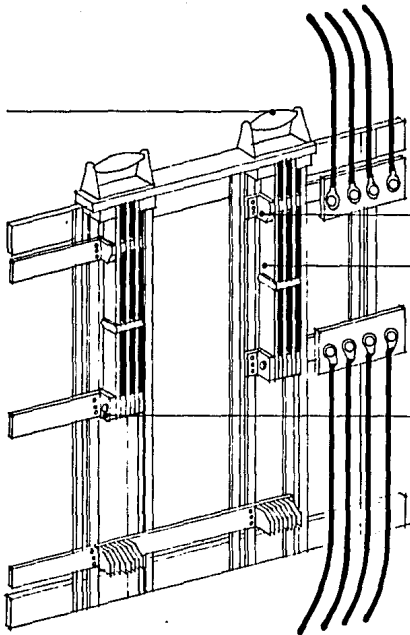
Estas cajas de control son un complemento de los contacto-





U L S A	
SECCIONADOR MANUAL, SENCILLO	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. Nº 20	ACOT. EN SIN

MANGOS



PINZAS

CUCHILLAS

BISAGRAS

U L S A

SECCIONADOR MANUAL  
DOBLE  
INVERSOR

GERARDO ROWOLD E.

FIG. Nº 21 | ACOT. EN SIN

res, normalmente con dos cajas para cada contactor, esto es, una caja llamada botonera y una caja de relevadores.

Las cajas de control sirven para mandar la señal de cierre o apertura de los contactores, ya sea local o a distancia desde el puesto central de control (P.C.C.), además de indicar en el tablero electrónico del P.C.C. la posición en que se encuentre (abierto o cerrado).

### 8.3.- Arreglos de Nichos o Casetas de Tracción.

Existen varios arreglos de equipos para poder energizar la vfa a lo largo de la línea, ennumerando los siguientes:

- 1.- Arreglo de conexiones para un Contactor Terminal.
- 2.- Arreglo de equipo para un Garage Interruptor Vfas Secundarias (I.V.S.)
- 3.- Arreglo de equipo para un Puesto de Rectificación en T (P.R. en T).
- 4.- Arreglo de equipo para un Puesto de Rectificación con Contactor de Seccionamiento (P.R. con C.S.).
- 5.- Arreglo de equipo para un Seccionador de Aislamiento Telemandado (S.I.T.)
- 6.- Arreglo de equipo para un Interruptor de Vfa de Enlace (I.V.E.).
- 7.- Arreglo de equipo para un Interruptor de Fosa de Visita (I.F.V.).

1.- Arreglo de equipo de un contactor terminal.

Dicho arreglo es utilizado en las cabeceras de cada una de las diferentes líneas; sirve para energizar la vfa 1, vfa 2 y vfa 3, además de alimentar al garage y con ello poder también realizar las maniobras correspondientes.

2.- Arreglo de equipo de una caseta garage (I.V.S.)

Sirve para alimentar las vías secundarias existentes en los tramos llamados tapones (colas).

Dicho equipo tiene una protección magnética de sobre corriente. Además tiene una bobina de presencia de tensión, para cuando se energice la línea automáticamente y también cierre el I.V.S. - que es un contactor el cual se puede abrir con carga.

3.- Arreglo de equipo de un P.R. en T.

Dicho arreglo es demasiado sencillo, ya que energiza directamente a la línea por medio de 2 seccionadores de 5000 amp. y el negativo va directo. En este nicho, no tenemos ningún equipo de control.

4.- Arreglo de un equipo de un P.R. con C.S.

Este arreglo nos proporciona contar con un contactor de seccionamiento el cual es factible abrir con carga. Con ese contactor, el circuito puede seguir alimentando a la línea por un lado y abrir el circuito por el otro lado.

También tiene un Cupón Neutro, el cual se energiza por medio de los C.T.P., que son contactores que únicamente alimentan a ese tramo de protección.

5.- Arreglo de equipo para un S.I.T.

En este tipo de arreglo, existe en las vfas un área llamada "CUPON NEUTRO", que mide 12 mts. de longitud, y evita que exista un puente por medio del tren entre la parte energizada y la parte desenergizada, además nos sirve para dividir las zonas en secciones.

6.- Arreglo de equipo para un I.V.E.

Este arreglo se utiliza cuando hay un enlace de una línea con otra, y sirve para energizar la vfa de enlace. En este arreglo encontramos un inversor doble de 3000 amp. para poder energizar la vfa de enlace por cualquiera de las dos líneas.

Además consta de un contactor de 3000 amp. (I.V.E.), y sus cajas de control que se encuentran a cada 5 mts. a lo largo de la vfa de enlace se pueden operar manualmente en caso de un desperfecto.

7.- Arreglo de equipo para un I.F.V.

Este arreglo se utiliza cuando tenemos una fosa de visita. En este arreglo se alimenta un inversor de 1800 amp. el cual en uno de sus extremos, se conecta directo a la Barra Gufa de la fosa y en el otro extremo, pasa por un contactor de 1800 amp. que se puede abrir con carga, el cual se denomina I.F.V. (Interruptor de fosa de visita).

En caso de que fallara este interruptor, podemos alimentar directamente la Barra Gufa.

#### 8.4.- Diagrama Unifilar.

Los diagramas unifilares, se utilizan para simplificar un diagrama eléctrico, ya que no se ilustran la cantidad de hilos que va a llevar el circuito, y solamente se dibuja un hilo, especificando el número completo de hilos, encerrado en un círculo.

A continuación se presentan los diagramas unifilares de - cada uno de los diferentes arreglos. (Figs. 22 a 28)

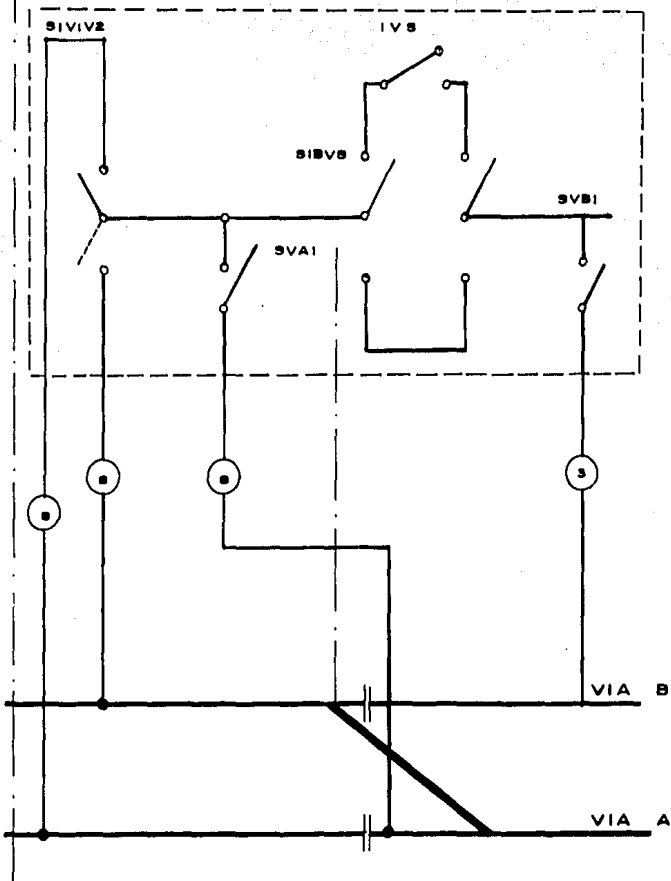
#### 8.5.- Montaje del Equipo.

El montaje del equipo de tracción, se hace según el arreglo del nicho o de la caseta de tracción, en el que se vaya a colocar dicho equipo.

Todo el equipo lleva soportes sujetos firmemente a la pared del nicho por medio de taquetes de 7/8" y birlos.

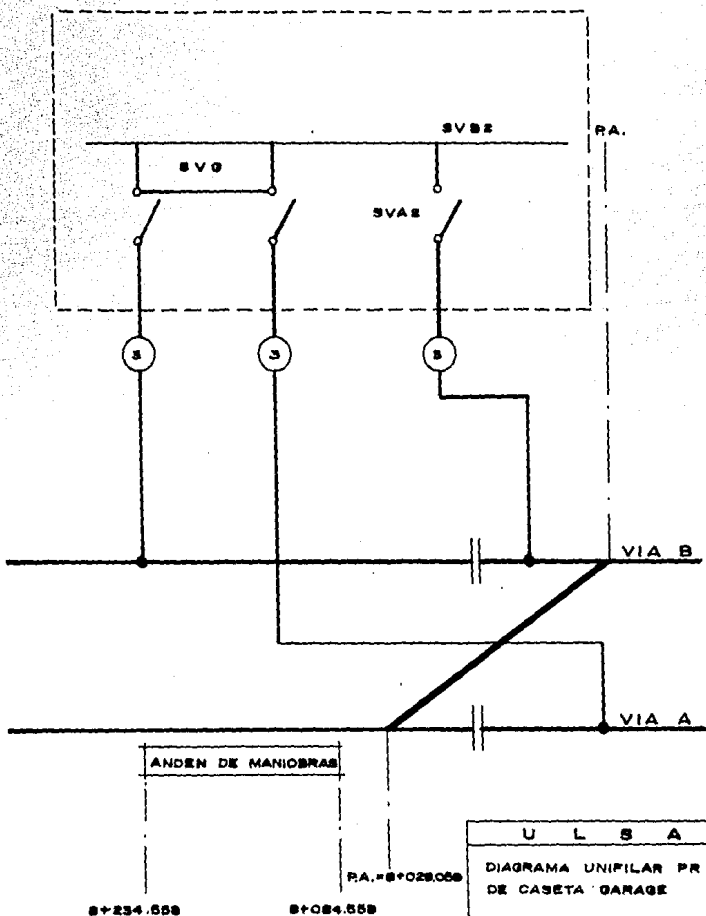
Primero se traza para alinear y nivelar el soporte que se vaya a colocar, se barrena la pared y se colca el taquete en forma similar a la colocación de los taquetes de la charola.

Después de haber fijado a la pared el soporte, se colocan los aisladores de electrocerámica, que van a proteger el equipo, -



U L S A	
DIAGRAMA UNIFILAR PR CON CONTACTOR TERMINAL	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. N° 22	ACOT. EN SIN

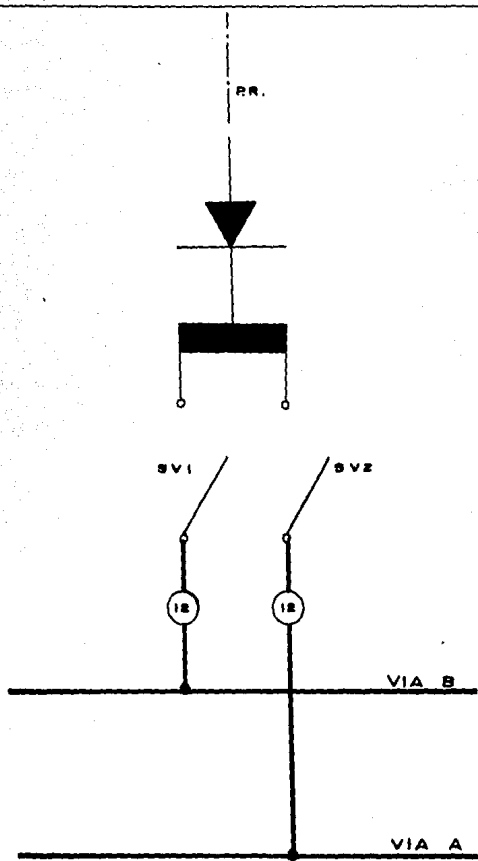
VER NOMENCLATURA EN PAG. 148



<b>U L S A</b>	
DIAGRAMA UNIFILAR PR DE CASETA GARAGE	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. Nº 23	ACOT. EN SIN

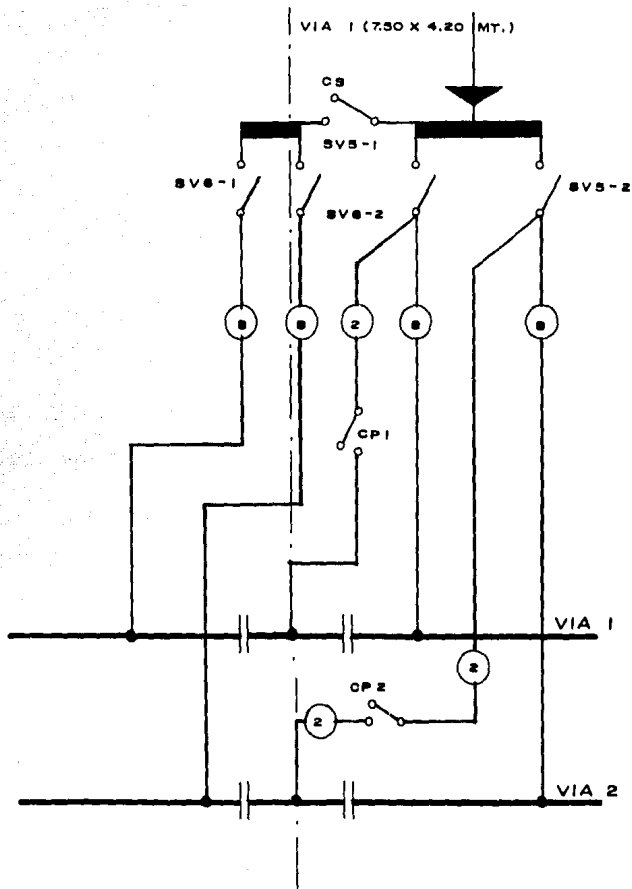
VER NOMENCLATURA EN PAG. 148





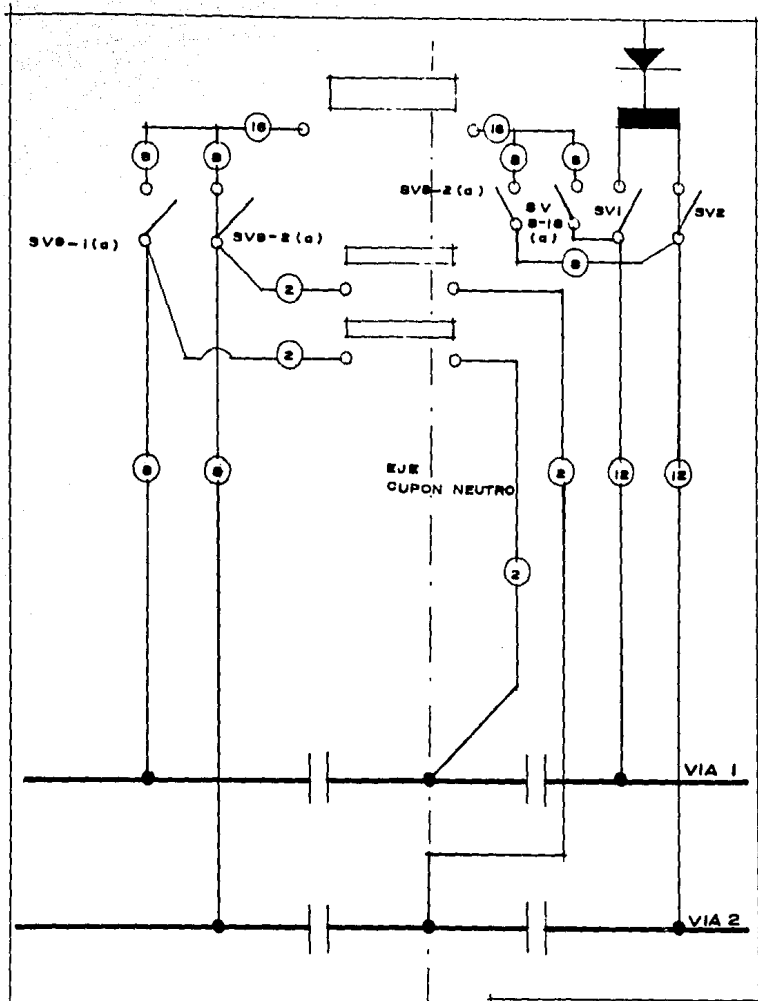
U L S A	
DIAGRAMA UNIPILAR PR EN "T"	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. No 24	ACOT. ENSIN

VER NOMENCLATURA EN PAG. 148



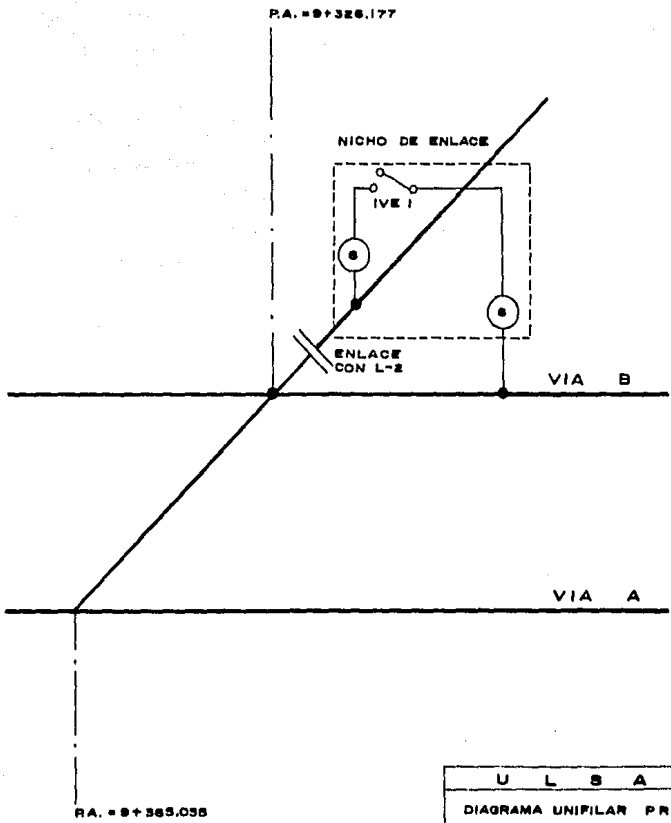
U L S A	
DIAGRAMA UNIFILAR PR CON CONTACTO DE SECCIO- NAMIENTO	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. N° 25	ACOT. EN SIN

VER NOMENCLATURA EN PAG. 148



U L S A	
SECCIONADOR DE AISLAMIENTO TELEMANDADO	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. No 26	ACOT. EN SIN

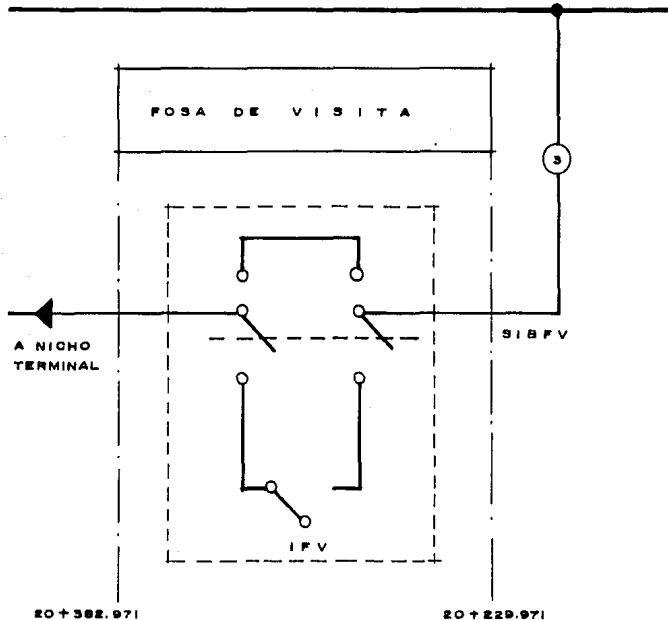
VER NOMENCLATURA EN PAG.148



U L S A	
DIAGRAMA UNIFILAR PR CON INTERRUPTOR VIA DE ENLACE	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. Nº 27	ACOT. EN SIN

VER NOMENCLATURA EN PAG. 148

VIA B



A NICHOS  
TERMINAL

SIBFV

IFV

20+382.971

20+229.971

U L B A

DIAGRAMA UNIFILAR PR  
DE FOSEA DE VISITA  
CON INTERRUPTOR

GERARDO ROWOLD E.

VER NOMENCLATURA EN PAG.148

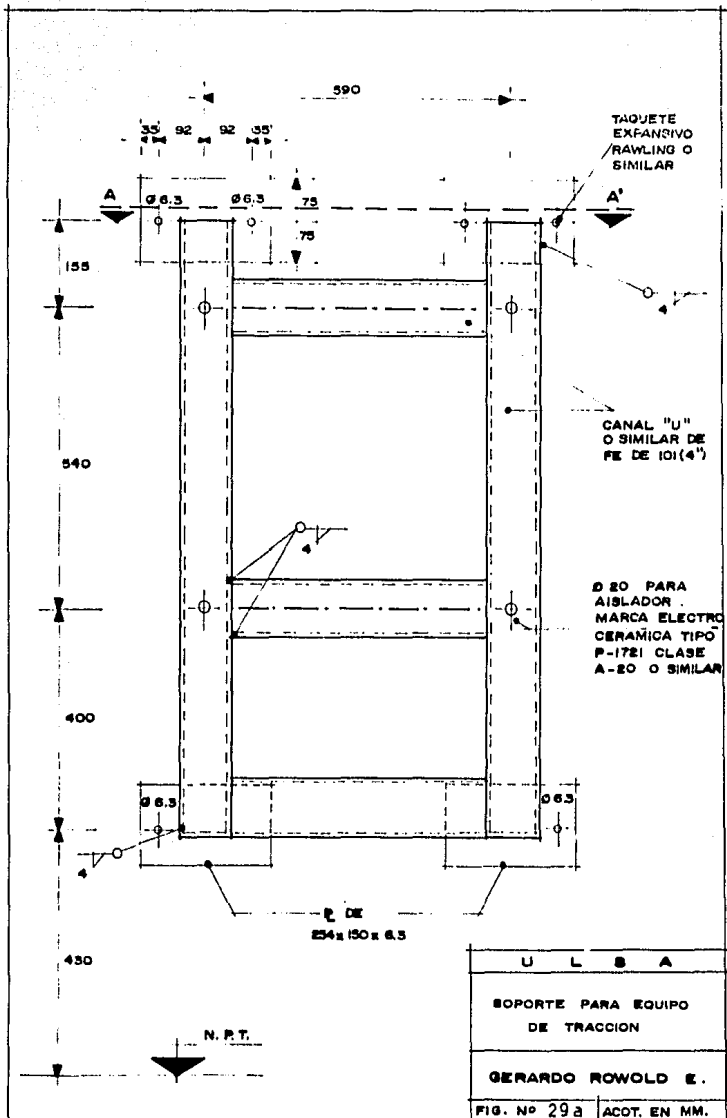
FIG. Nº28

ACOT. EN SIN

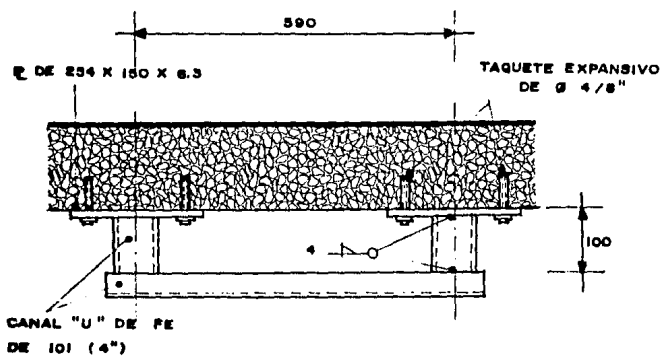
contra un corto-circuito. Después de haber colocado los aisladores, se coloca el equipo de tracción ya sean contactores, seccionadores, inversores, etc.

Los soportes que se utilizan son canales metálicos de - - 4" x 1½", y donde se van a fijar a la pared o al piso, lleva una placa metálica soldada de (10" x 6<sup>29</sup>/32" x 9/32"), con 2 barrenos cada una, por la que pasará el birlo que se encuentran colocados en la pared o el piso de la caseta o nicho.

Después de haber fijado el equipo de tracción, por medio de tornillos, se hacen las conexiones necesarias, que se explicaron en los cables de tracción. [Fig. 29 (a y b)].



U L S A	
SOPORTE PARA EQUIPO DE TRACCION	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. Nº 29a	ACOT. EN MM.



CORTE AA'

U L S A	
SOPORTE PARA EQUIPO DE TRACCION	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. Nº 29 b	ACOT. EN. MM.



## 9.- SUBESTACION DE ALUMBRADO.

### 9.1.- Descripción de la Subestación Eléctrica.

Una subestación eléctrica es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión y corriente) y de proveer un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema.

Siempre es conveniente tener una idea de cuales son los principales componentes de una Subestación eléctrica, así como la función que desempeñan dentro de los sistemas, para poder darles una aplicación específica.

A continuación se describirán los principales componentes de una Subestación Eléctrica:

- a).- EL TRANSFORMADOR.- Es la parte más importante de una subestación eléctrica, ya sea por la función que representa, la cual es de transferir la energía eléctrica de un circuito a otro, por lo general de diferente tensión y que solo están acoplados magnéticamente, o bien por su costo con relación a las otras partes de la instalación.
  
- b).- CUCHILLAS DESCONECTADORAS.- Son dispositivos de maniobra,

capaces de interrumpir en forma visible la continuidad de un circuito. Las cuchillas pueden ser maniobrables bajo tensión, pero en general sin corriente, ya que poseen una capacidad interruptiva casi nula.

Las cuchillas desconectoras deben cumplir ciertos requisitos, los cuales tenemos los siguientes:

- Garantizar un aislamiento dieléctrico a tierra y a la apertura.
- Conducir en forma continua la corriente nominal sin que exista una elevación de temperatura en las diferentes partes de la cuchilla y de los contactos.
- Las maniobras de cierre y apertura se deben realizar con toda seguridad, es decir sin posibilidad de que se presenten falsos contactos.

c).- FUSIBLES.- El fusible sirve para la interrupción automática del circuito que protege, cuando hay condiciones anormales de funcionamiento que están normalmente asociados, con las sobrecorrientes. Esta interrupción se obtiene de la fusión del elemento fusible, que en sí representa la parte fundamental. Cada vez que opera el elemento fusible, hay que sustituirlo por otro. El elemento fusible al sobrecalentarse, por la corriente de corto circuito, se funde y es cuando se debe sustituir.

d).- AISLADORES.- Los aisladores en las subestaciones eléctricas se emplean como elementos de montaje y sujeción de barras y

conductores. Los aisladores sirven para evitar el arco eléctrico entre el gabinete de la subestación y sus partes vivas, ya sean conductores y barras.

- e).- CONEXION A TIERRA.- En todas las subestaciones, debe haber conexión a tierra, para que en caso de que haya un corto circuito, se vaya a tierra y sirve también como protección al operar las cuchillas.
- f).- BARRAS DE CONEXION.- Las barras de conexión, son importantes, porque de ahí se alimenta a todos los elementos de la subestación eléctrica. Estas barras por lo regular son de cobre cadminizado.

#### 9.2.- Tipo de Subestación Eléctrica.

En la obra del "METRO", solo hay un tipo de subestación eléctrica, la cual es:

##### SUBESTACION ELECTRICA "COMPACTA-BLINDADA"

Este tipo de subestaciones eléctricas, como su nombre lo indica, son pequeñas en tamaño, ya que todos sus componentes deben estar perfectamente aislados y así permite que su tamaño se reduzca.

En estas subestaciones los aparatos y máquinas se encuentran muy protegidos, en comparación a las construcciones de subestaciones convencionales, por lo general se usan en interiores, como pueden ser: hospitales, auditorios, edificios, etc. que requieren de poco espacio para estas instalaciones, por lo que se usan por lo general en tensiones de distribución y utilización.

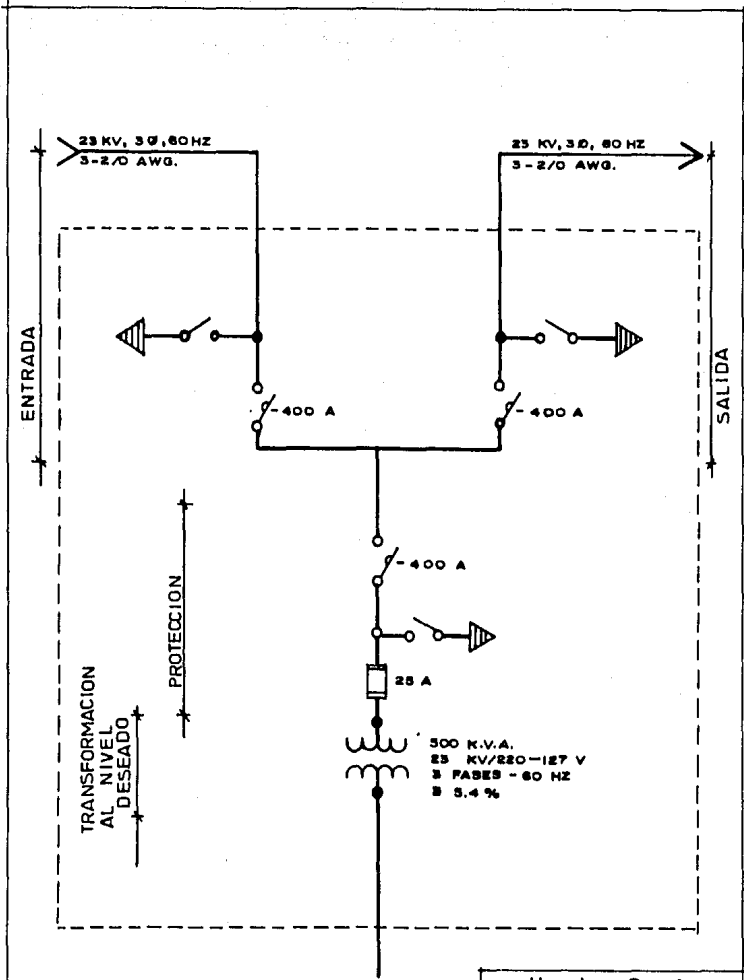
En el Sistema de Transporte Colectivo "METRO", se utiliza este tipo de subestaciones por el espacio tan reducido que hay - en las estaciones del "METRO" y deben de ir dos subestaciones eléctricas en cada Estación del "METRO".

### 9.3.- DIAGRAMA UNIFILAR.

Cada Subestación consta de cuatro secciones, las cuales se pueden identificar en el diagrama unifilar. (Fig. 30).

La primera sección es la acometida de donde se alimentan los buses, esta acometida puede ser de la Compañía de Luz y Fuerza o de la Subestación eléctrica de la estación anterior, ahí tenemos unas cuchillas, las cuales podemos operar con carga y una conexión a tierra por medio de otras cuchillas.

La segunda sección, va de esa subestación eléctrica a la siguiente subestación eléctrica en la otra Estación. Ahí tenemos los mismos componentes que en la primera sección. En la tercera sección, tenemos la energía de los buses a unas cuchillas de agu-



U L S A	
SUB-ESTACION DE ALUMBRADO Y FUERZA	
GERARDO ROWOLD E.	
FIG. Nº 30	ACOT. EN SIN

VER NOMENCLATURA EN PAG. 148

ja, que de ahí pasan a los fusibles y en la cuarta sección va a estar alojado nuestro transformador, alimentado a través de los fusibles. De nuestro transformador va a los Tableros de Distribución "A", "B" y "P".

#### 9.4.- Montaje de la Subestación Eléctrica.

Las subestaciones eléctricas del Sistema de Transporte Colectivo "METRO", deben estar perfectamente niveladas, para que accionen todos sus componentes.

La Subestación Eléctrica se divide en 4 secciones y cada sección es un gabinete donde van a ir alojados nuestros componentes.

Se meten por orden dichos gabinetes, del número 4 al número 1. Se nivelan, se alinean y se sujetan al piso en forma similar a los tableros de distribución, con su taquete, su birlo y una crema llera en cada esquina del gabinete.

Se unen las barras de conexión por medio de tornillos de cobre o cadminizados o de bronce al silicio, ya que con estos tipos de tornillos se evita la corrosión.

Lo más conveniente es colocar tornillos de cobre, ya que estos tornillos son los de mejor conductividad eléctrica.

Las barras de conexión, pueden estar o no estañadas, pero si están estañadas, su vida útil es mucho mayor, por la protección que le da el estaño.

Habiendo colocado los gabinetes de la subestación eléctrica, se coloca un transformador de 500 K.V.A. en el gabinete de la sección cuatro y se procede a hacer las conexiones a tierra, ya que cada uno de los gabinetes debe ir conectado a tierra al igual que el transformador, por medio del cable desnudo de 250 M.C.H.

Después se hacen las conexiones necesarias según nuestro diagrama unifilar, por medio de cables de alta tensión.

Las conexiones del cable se harán por medio de conos de alivio hasta el lado de alta tensión de nuestro transformador.

Del lado de baja tensión de nuestro transformador, vamos a tener cable para baja tensión que alimentará nuestros tableros de distribución,

El cable de alta tensión vendrá de las interestaciones por bajo andén o por el techo si es del local de la Compañía de Luz y Fuerza, ya que dicho local se encuentra en la superficie.

## 10.- SUBESTACION DE RECTIFICACION.

### 10.1.- Descripción.

Las subestaciones de rectificación del Sistema de Transporte Colectivo "METRO", son a base de Diodos de Silicio, los cuales se encuentran alimentados en 23 K.V. CA, directamente por la Comisión Federal de Electricidad, que le proporciona a cada una de ellas dos alimentaciones (una preferencial y otra de emergencia) a fin de evitar problemas de falta de alimentación.

En las Subestaciones de Rectificación hay un disyuntor de alta tensión, que sirve para seccionar la subestación de Rectificación de los buses de alimentación de la Comisión Federal de Electricidad.

Una Subestación de Rectificación llamada también Puesto de Rectificación (P.R.) se puede dividir en 3 bloques principales los cuales serán:

- Bloque Seccionador.  
Tiene como función principal, la de aislar el P.R. con respecto al cable de 23 K.V. alimentador proveniente del disyuntor de alta tensión.
- Bloque transformador.  
Este bloque permite transformar la energía recibida de 23 K.V. CA, en 540 V. CA. y con un transformador auxiliar



de 23 K.V. a 220/227 V., dar alimentación a servicios propios del puesto de Rectificación.

- Bloque Rectificador.

Este bloque como su nombre lo indica, es el encargado de rectificar la corriente de 540 V.C.A., en corriente de 750 V. C.D.

De estos bloques sale hacia un disyuntor ultra rápido que se encuentra localizado a las salidas de los P.R.

Este interruptor automático, permite la alimentación del puesto de rectificación a los cableados que llegan a los equipos de tracción que se encuentran en los nichos o casetas de tracción.

Dicho interruptor se encuentra dentro del P.R. y trabaja con un voltaje aplicado de 750 V. C.C.

Este interruptor automático ultra-rápido es común a las dos vías, de manera que se encuentran en paralelo.

Los P.R. que alimentan en seccionamiento, los disyuntores ultra rápidos, alimentan una de las zonas directamente y la zona adyacente por medio del contactor de seccionamiento.

El retorno de la corriente a los P.R., se efectúa por los

rieles de seguridad, los cuales logran su continuidad eléctrica a través de puentes de inductancia.

#### 10.2.- Diagrama Unifilar General.

El diagrama Unifilar, nos sirve para realizar las conexiones eléctricas en forma rápida y eficiente y poder seguir un orden en la instalación, (Fig. 31).

#### 10.3.- Montaje de la Subestación de Rectificación.

##### 10.3.1.- Tablero de Transferencia.

El tablero de transferencia consta de un gabinete de 2,10 mts. de alto, 2,6 mts. de largo y 70 cm. de ancho, con un equipo Siemens.

Este tablero se encuentra en el local de la Comisión Federal de Electricidad, la cual, proporciona una alimentación preferencial y otra de emergencia, de ahí sale por medio de buses hacia el equipo Siemens, que ahí es donde se efectúa la transferencia.

Después sale el cable en aceite de 23 K.V. hacia las mufas que están conectadas a buses que van hacia el tablero mesa.

El tablero de transferencia se puede decir que consta de

cuatro (4) secciones, que son:

Alimentación Preferencial.  
Alimentación de Emergencia.  
Equipo de Transferencia y  
Equipo de Medición.

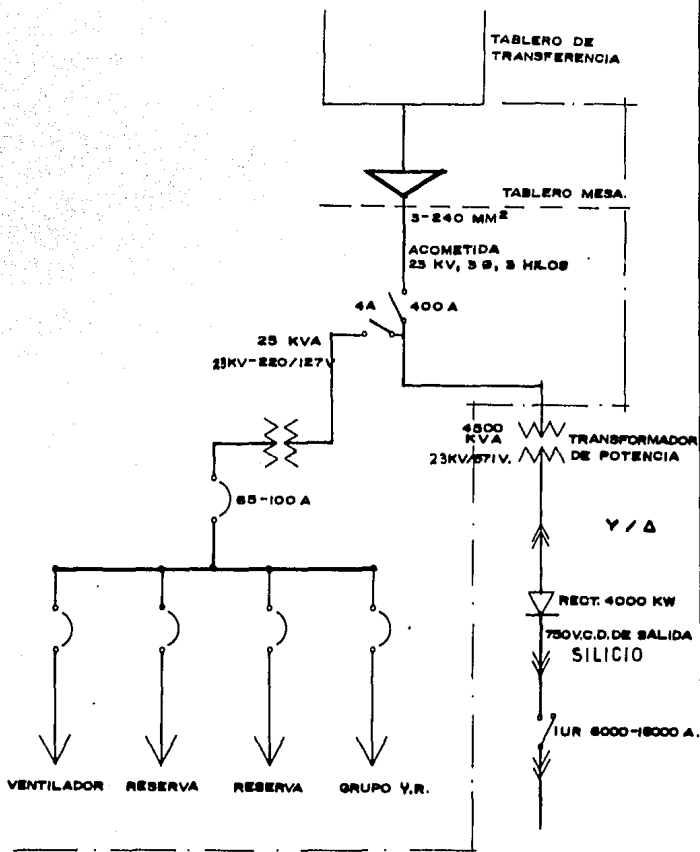
En este tablero de transferencia se colocan las cuatro - secciones al mismo tiempo, ya que su tamaño así lo permite, en el lugar donde van a quedar. Se nivela y se alinea, para que sus componentes funcionen en óptimas condiciones y se anclan al piso por medio de taquetes y birlos, sujetando el tablero en sus esquinas por medio de cremalleras.

Las mufas van en sus soportes sujetos y conectados sólidamente a tierra al igual que el tablero de transferencia.

#### 10.3.2.- Tablero Mesa.

El tablero mesa, es donde van a ir alojados el disyuntor de alta tensión y el transformador auxiliar. Este tablero consta de cinco secciones, las cuales se colocan una por una, ya que su tamaño es mucho mayor que el tablero de transferencia.

La primera sección lleva un contactor que recibe los buses del tablero de transferencia; de ahí pasa a un seccionador de aguja en la segunda sección, en la tercera sección, lleva otro seccionador de aguja y los fusibles de alta tensión, al igual -



U L S A

DIAGRAMA UNIFILAR SUB-  
ESTACION DE RECTIFICACION

GERARDO ROWOLD E.

VER NOMENCLATURA EN PAG. 148

FIG. Nº 31

ACOT. EN SIN

que nuestro transformador auxiliar; en la cuarta sección está - nuestro disyuntor de alta tensión, el cual es un interruptor en pequeño volúmen de aceite y de ahí pasa a la última sección donde están las mufas y pasa el cable por trinchera al transformador de potencia.

Para todo este equipo, por su peso, es necesario utilizar una grúa de alto tonelaje.

Todas las secciones se colocan independientemente, quedan do niveladas y alineadas.

Este tablero también se ancla firmemente al piso con taquetes y birlos, sujetando las esquinas del tablero con cremalleras y conectándolo sólidamente a tierra por medio de la red de -- tierras de la Subestación de Rectificación.

Los soportes de las mufas también van ancladas al piso por medio de taquetes y birlos.

### 10.3.3.- Transformador de Potencia.

El transformador de potencia es alimentado del tablero mesa por medio de la trinchera y ahí en ese transformador es donde se - reduce de 23 KV a 540 Volts corriente alterna.

Este transformador tiene ruedas y es colocado, listo para introducirlo a su lugar final, en unas pistas de rodamiento.

Para colocar el transformador que pesa aproximadamente - unas 14 toneladas es necesario utilizar una grúa de gran tamaño.

Se coloca en su posición y se empuja sobre las pistas de rodamiento para dejarlos alineados con el rectificador.

Todas las pistas de rodamiento deben estar perfectamente niveladas y alineadas para que embonen los componentes del transformador con los del rectificador, el cual se colocará posteriormente.

Para fijar el transformador se colocan unos topes en diagonal en las ruedas, quedando éste completamente sujeto sin que se pueda mover.

Después de haber fijado el transformador, se conecta sólidamente a tierra y se hacen las conexiones necesarias, que vienen del tablero mesa por la trinchera, hasta el transformador.

Del secundario del transformador, se conecta al rectificador con barras de cobre.

#### 10.3.4.- Rectificador,

El rectificador es de diodos de silicio, ya que es el más costeable y de fácil adquisición.

Al igual que el transformador, por su gran tamaño, es necesario introducirlo al Puesto de Rectificación con una grúa y dejarlo listo para introducirlo al local donde quedará alineado y nivelado con el transformador de potencia. Este rectificador también tiene ruedas y así se facilita su manejo sobre las pistas de rodamiento.

Se alinea con el transformador, por medio de unos birlos - en su parte posterior, los cuales van sujetos a unos topes y según la distancia que se le dé a las tuercas, va a estar más alejado o más cercano de la puerta de acceso hacia el Rectificador.

El chasis del rectificador es móvil, con armadura metálica, por eso es necesario conectar sólidamente a la Red de tierras de la Subestación de Rectificación,

Al frente del rectificador, lleva una varilla de anclaje - que cuando ha quedado alineado el rectificador con el Transformador de potencia, se baja y el equipo está sujeto con mayor seguridad.

Se hacen las conexiones de las barras del Transformador, con las barras del rectificador y la salida de nuestro rectificador.

dor, va a un seccionador ultra rápido, del cual ya salen nuestros cables por lumbreras hasta nuestro equipo de tracción, que se encuentra a un lado de las vías que serán energizadas.

#### 10.3.5.- Tablero de Control.

Los tableros de control son alimentados del transformador auxiliar a un voltaje de 127 volts, que se deriva a un tablero y de ahí va a nuestro tablero de control.

Los tableros de control son muy pequeños en comparación - de los demás equipos descritos anteriormente, así que serán de fácil colocación.

Estos tableros van colocados sobre un soporte a una altura de 20 cms. del piso.

El soporte está hecho a base de ángulo de acero, el cual está anclado al piso por medio de taquetes y birlos.

Al colocar los tableros se barrena el ángulo y se atornilla para dejar perfectamente fijos los tableros.

Los tableros de control al igual que los demás equipos deben ir bien alineados y nivelados.



La alimentación a los tableros de control se hace por debajo de éstos y el cable va soportado por charola desde la trinchera hasta el último tablero.

La charola de alimentación a los tableros de control se puede colocar de varias maneras, según la facilidad para que éstas queden fijas, algunas de estas maneras es hacer columpios del ángulo del soporte o fijarlos al piso por medio de taquetes y --birlos.

Los tableros de control también son conectados sólidamente a la red de tierras de la subestación de rectificación.

#### 10.3.6.- Ventilación.

Los ventiladores utilizados en las subestaciones de rectificación son de dos velocidades de rotación, que producen unos -- $12 \text{ m}^3/\text{seg.}$  de aire en gran velocidad o también llamados de ventilación forzada, los cuales son utilizados para ventilar el conjunto de grupo de transformador y rectificador.

La distribución entre transformador y rectificador de los  $\text{m}^3/\text{seg.}$  de aire disponible es así:

RECTIFICADOR  $4 \text{ m}^3/\text{seg.}$

TRANSFORMADOR  $8 \text{ m}^3/\text{seg.}$

La ventilación se hace por medio de ductos que van por el piso y según el área transversal del ducto, son los  $m^3$ /seg. que llegarán.

El ventilador ocupado en este caso también es de gran tamaño y tiene que ser colocado con una grúa la cual lo dejará listo para ser introducido a su local.

El ventilador tiene ruedas y al introducirlo a su local su rueda sobre las pistas de rodamiento.

Al final de la pista hay dos topes, uno izquierdo y otro derecho que sirven para alinear el ventilador en el ducto y que la ventilación sea óptima.

Para alinear el ventilador se tienen unos birlos en la parte posterior del ventilador y con una tuerca y contratuerca, se va alineando y en la parte anterior del ventilador lleva un ancla de varilla que hace que quede más fijo el ventilador.

Este equipo también es conectado sólidamente a la red de tierras de nuestra Subestación de Rectificación.

#### 10.3.7.- Servicios Propios.

Los servicios propios de una Subestación de Rectificación, se refieren a la alimentación de alumbrado, contactos, ventilador

y tableros de control.

De nuestro transformador auxiliar sale la alimentación a dos tableros de distribución que serán el tablero "Y" que se encargará de la distribución eléctrica para control y ventilador y el tablero "R" que se encargará de la alimentación eléctrica al alumbrado y los contactos,

Los tableros "Y" y "R" son tableros muy pequeños que van en las paredes de la Subestación de Rectificación y pueden ser colocados de dos maneras,

La primera es colocarlos por medio de taquetes y birlos y la segunda es por medio de una pistola Ramset o Hilti con anclas roscadas y atornillar perfectamente los tableros.

La alimentación eléctrica a estos tableros se hace por -  
trinchera por el suelo y luego tuberfa visible por la pared.

Para finalizar la colocación de estos tableros, se conectan sólidamente a la red de tierras de la Subestación de Rectificación.

#### CONCLUSIONES:

Después de haber realizado esta Tesis, llegué a ciertos puntos, que pueden tomarse muy en cuenta, para elaborar el trabajo satisfactoriamente. Estas observaciones, pueden disminuir considerablemente los problemas que se originan desde la planeación de la obra, hasta su terminación y no sólo en la construcción eléctrica, sino en cualquier obra que se vaya a realizar.

La obra eléctrica debe estar cuidadosamente planeada, - en forma tal, que pueda ser terminada satisfactoriamente en cuanto a calidad, costo y tiempo, debiendo cumplir con los objetivos fijados con anterioridad.

La planeación ayuda a seleccionar el método de construcción más económico, determinando el equipo, ajustando las necesidades económicas y de mano de obra, fijando apropiadamente las - fechas de inicio y terminación, así como el suministro de pedidos y entregas de materiales.

Para poder realizar una buena planeación, se deben conocer los alcances de la obra que debemos ejecutar, que en nuestro caso, debemos conocer los alcances de la obra eléctrica del Sistema de Transporte Colectivo "METRO".

Otro de los puntos que se debe tener muy en cuenta, es una buena cubicación de los materiales, ya que al tener fallas

en este punto, se puede ocasionar paros en la construcción por falta de material o un desperdicio excesivo por haber hecho una sobrecubicación, dando origen a retrasos en los objetivos planeados.

Así éstos dos puntos, son de suma importancia a los cuales se les debe poner especial atención e interés.

Un tercer punto es el de programar el inicio y el final de la obra, conforme la dependencia de actividad, ya que al saberla podemos conocer de antemano qué cantidad de personal se ocupará para cada actividad, con sus diferentes categorías y especialidades.

Y finalmente se debe realizar el trabajo lo mejor posible, ya que el no hacerlo, surgirán detalles que pueden retrasar las entregas al Sistema de Transporte Colectivo "METRO", por parte de la Empresa Contratista. Al conjuntar todos los puntos anteriores, deberemos tener la seguridad, de que la obra eléctrica se terminará en plazos establecidos y con muy buena calidad, la que al final de cuentas llega a beneficiar al usuario del "METRO" de la Ciudad de México, ya que podemos garantizar el buen funcionamiento de éste y una vida útil mayor. También hay un ahorro considerable para el Gobierno, porque al hacer bien el trabajo, no se le debe hacer mantenimiento tan seguido, como si hubiera fallas en la construcción.

Al estar realizando un trabajo bueno y haber conjuntado

eficientemente los puntos anteriores, se tiene una seguridad superior para el trabajador que si se hiciera dicho trabajo con prisa, ya que se laborará en el horario establecido.

Para finalizar, podemos decir que al estar haciendo un trabajo eficiente, podemos sacar adelante a nuestro País, superándonos todos.

## N O M E N C L A T U R A

SVB1	SECC. DE VIA B1 1500 A.
SVB2	SECC. DE VIA B2 1500 A.
SAV2	SECC. DE VIA A2 1500 A.
SIBVS	SECC. INV. BIPOLAR DE VIAS SECUNDARIAS
IVS	INTERRUPTOR VIAS SECUNDARIAS
SAVA1	SECC. DE VIA A1
SIVIV2	SECC. INV. SENCILLO VIAS 1 Y 2
SV1	SECC. DE VIA 1
SV2	SECC. DE VIA 2
SV3-1	SECC. DE VIA 1 SECC. 3
SV3-2	SECC. DE VIA 2 SECC. 3
SV6-1	SECC. DE VIA 1 SECC. 6
SV6-2	SECC. DE VIA 2 SECC. 6
C.P.	CONTACTOR DE PROTECCION
C.B.	CONTACTOR DE SECCIONADOR
SVB-2	SECC. DE VIA 2 SECC. 8
SVB-1(a)	SECC. DE VIA 1 SECC. 9
SVB-2(a)	SECC. DE VIA 2 SECC. 9
SV9-2	SECC. DE VIA 2 SECC. 9
IVE	INTERRUPTOR VIA DE ENLACE
SIBPV	SECC. INVERSOR BIPOLAR FOSA DE VISITA
IPV	INTERRUPTOR FOSA DE VISITA
SAVA1	SECC. VIA A1
SAVA2	SECC. VIA A2
SIB	SECC. INVERSOR BIPOLAR
SVB2	SECC. VIA B2
SVB1	SECC. VIA B1
SVG	SECC. DE VIAS DE GARAGE



CORTE DE BARRA GUIA  
BARRA GUIA



SECCIONADOR MANUAL  
CONTACTOR DE SECCIONAMIENTO  
CONTACTOR DE PROTECCION



CORTE DE BARRA GUIA NO PUENTEABLE



CONEXION DELTA



CONEXION ESTRELLA



SECCIONADOR



INTERRUPTOR ULTRA RAPIDO



RECTIFICADOR DE SILICIO ONDA COMPLETA



ACOMETIDA



TRANSFORMADOR



CONEXION A TIERRA



FUSIBLE



TRANSFORMADOR



## B I B L I O G R A F I A

- TESIS PROFESIONAL: Planeación, Programación, Control y su aplicación a la Obra Electromecánica del Sistema de Transporte Colectivo "Metro" de la Ciudad de México.  
Año 1984 Fac. Ingeniería UNAM.  
Imanol Blix Formoso.
- Especificaciones Generales del Metro de la Ciudad de México.  
Comisión de Vialidad y Transporte Urbano.
- Electrical Transmission and Distribution Reference Book.  
4<sup>th</sup> Edition  
Westinghouse
- Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas  
Ing. Gilberto Enriquez Harper  
Preedición  
Edit. Limusa
- Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas  
6<sup>a</sup> Edición  
Año 1981  
Edit. Ediciones Andrade
- Manual Técnico de Cables de Energía  
Ing. Víctor Sierra Madrigal  
Ing. Alfonso Sansores Escalante  
2<sup>a</sup> Edición  
Edit. M<sup>c</sup> Graw-Hill