



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL  
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO  
(METRO)”

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA:  
JOSÉ TEODOLFO LARA ZEPEDA

ASESOR: ING. VICTOR HUGO LANDA OROZCO



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Instalaciones Eléctricas en el Sistema de Transporte  
Colectivo (Metro)".

que presenta el pasante: José Teodolfo Lara Zepeda  
con número de cuenta: 7493625-6 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de MAYO de L. 2001.

PRESIDENTE	<u>Ing. Casildo Rodríguez Arciniega</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	<u>Ing. Anselmo Angoa Torres</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Víctor Hugo Landa Orozco</u>	<u>[Firma]</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>M. en AI. Pedro Guzmán Tinajero</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Albino Arteaga Escamilla</u>	<u>[Firma]</u>

Para todas las personas que de alguna u otra forma me ayudaron en la terminación de mi carrera, así como en la elaboración de este trabajo.

Y muy especialmente para:

A la memoria de mi padre:

Sr. Refugio Lara Berruecos

A mi madre:

Sra. Izaura Zepeda Lara

A mis hermanos.

A mi familia.

A todos mis maestros.

A mis parientes y amigos.

A mis compañeros de escuela  
y de trabajo.

Para todos con gratitud y respeto.

# ÍNDICE

	<b>PÁGINA</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1.- ASPECTOS GENERALES</b>	<b>2</b>
1.1 Generalidades	2
1.2 Construcción	6
<b>CAPÍTULO II.- INSTALACIÓN DE CANALIZACIONES</b>	<b>9</b>
2.1 Charolas	9
2.1.1 Actividades de campo para su instalación	12
2.2 Tubería conduit	12
2.2.1 Tipos de tubería	13
2.3 Ductos cuadrados embisagrados	14
2.3.1 Tipos de ductos	15
2.4 Clémas de madera	15
2.4.1 Tipos de clemas	16
2.5 Canaletas de concreto	16
2.5.1 Tipos de canaleta	16
<b>CAPÍTULO III.- INSTALACIÓN DE CABLE DE BAJA TENSIÓN</b>	<b>20</b>
3.1 Características generales	20
3.2 Instalación de cable	22
3.3 Sistema de tierras	23
<b>CAPÍTULO IV.- INSTALACIÓN DE CABLE DE ALTA TENSIÓN</b>	<b>29</b>
4.1 Características generales	29
4.2 Empalmes en cable de alta tensión	33
4.2.1 Tipos de empalmes	33
4.3 Terminales en cable de alta tensión	34

4.3.1	Tipos de terminales	34
4.3.2	Instalación	35
<b>CAPÍTULO V.-</b>	<b>INSTALACIÓN DE SUBESTACIONES</b>	<b>38</b>
5.1	Subestación de alta tensión	38
5.1.1	Generalidades	38
5.2	Subestaciones de alumbrado y fuerza	40
5.2.1	Generalidades	40
5.2.2	Partes constitutivas	41
5.2.3	Actividades para su montaje en campo	41
5.3	Subestaciones de ventilación	45
5.4	Subestaciones de rectificación	46
5.4.1	Generalidades	46
5.4.2	Partes constitutivas	48
5.5	Operación normal y bajo falla	62
5.6	Sistema de bloqueos	63
5.7	Sistema de tierras	64
5.8	Cálculo del sistema de tierras para una subestación	65
<b>CAPÍTULO VI.-</b>	<b>INSTALACIÓN DE TABLEROS</b>	<b>72</b>
6.1	Tableros principales de distribución	72
6.1.1	Actividades para su instalación	72
6.2	Tablero preferencial	73
6.2.1	Partes constitutivas	74
6.3	Gabinetes "G" para alojar tableros secundarios	74
6.3.1	Construcción del gabinete "G"	75
6.4	Tableros secundarios	75
6.4.1	Características	76
6.4.2	Instalación	77

<b>CAPÍTULO VII.-</b>	<b>INSTALACIÓN DE ALUMBRADO Y FUERZA</b>	<b>78</b>
7.1	Alumbrado normal	78
7.1.1	Para estaciones	82
7.1.2	Para interestaciones	83
7.1.3	Para nave de depósito	84
7.2	Alumbrado preferencial	84
7.3	Alumbrado de emergencia	85
7.4	Fuente autónoma de emergencia	86
7.5	Módulo de control de alumbrado	90
7.6	Instalación de contactos	91
7.7	Determinación del tipo de lámparas	92
<b>CAPÍTULO VIII.-</b>	<b>INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN</b>	<b>95</b>
8.1	Para taquillas	95
8.2	Para zona de servicios	96
8.3	Para subestaciones	97
8.4	Para local técnico	98
8.5	Para ventilación mayor	98
8.6	Arrancadores manuales y magnéticos	99
8.6.1	Elementos de un sistema de control	100
8.6.2	Utilizaciones	100
8.7	Cálculo de corto circuito	103
<b>CAPÍTULO IX.-</b>	<b>INSTALACIONES DE TRACCIÓN</b>	<b>111</b>
9.1	Generalidades	111
9.2	Equipos	113
9.3	Instalaciones complementarias	117
<b>CAPÍTULO X.-</b>	<b>PRUEBAS ELÉCTRICAS</b>	<b>118</b>
10.1	Para cables de alta tensión	118



10.2	Para cables de tracción	124
10.3	Para verificación de cables alimentadores	126
10.4	Para verificación de tableros secundarios	126
<b>CAPÍTULO XI.-</b>	<b>INSTALACIONES ESPECIALES</b>	<b>127</b>
11.1	Señalización	127
11.1.1	Principio de operación	127
11.2	Mando centralizado	128
11.3	Pilotaje automático	131
11.4	Telecomunicaciones	133
<b>CAPÍTULO XII.-</b>	<b>ASPECTOS ADMINISTRATIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	<b>136</b>
12.1	Antecedentes históricos	136
12.2	Proceso Administrativo	140
12.3	Administración enfocada a resultados	150
12.4	Precios Unitarios	151
<b>CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS</b>		<b>155</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>158</b>
<b>APÉNDICE: ABREVIATURAS USADAS</b>		<b>161</b>

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo es una recopilación de las experiencias adquiridas en las instalaciones eléctricas de la obra en la construcción del Sistema de Transporte Colectivo (Metro), en el primer período desarrollando actividades de supervisión del trabajo en determinados frentes, posteriormente como coordinador de los trabajos en varios frentes.

La totalidad de las experiencias serán, puntualizando o diferenciando la forma de las instalaciones debido a que hasta el momento, la forma de construcción de las líneas del Metro varía en cuatro opciones, que son: Túnel profundo, cajón bajo nivel de piso, elevado y superficial; todas están construidas bajo el mismo patrón únicamente con pequeñas variaciones.

Se puede hacer notar la diferencia entre lo que fue la primera etapa de construcción, que se caracterizó principalmente por la importación de la mayoría del equipo eléctrico, básicamente francés; con respecto al inicio de la segunda etapa de la cual trataré de hacer la explicación, donde ya se observa que gran parte del equipo es de producción mexicana, sin embargo todavía los equipos especializados son de importación.

Para el desarrollo del Metro, existe una planeación a largo plazo contemplando en el plan maestro del mismo y en el cual se tienen previstas 22 líneas, dispuestas de tal forma que cuadricularan la ciudad y donde se tienen programado construir 7 kms., de red por año, con lo cual se estima que para el 2010 se tendrán 15 líneas y 280 kms., de redes totales.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1 GENERALIDADES**

Debido a la problemática del Transporte Público, en el Distrito Federal y Zonas Periféricas del Área Metropolitana, es de vital importancia el desarrollo de un sistema de transporte que proporcione las mayores ventajas, principalmente en cuanto su capacidad de movimiento de usuarios, en el aspecto económico, así como que no cause problemas de contaminación ambiental y de vialidad.

Es por tal motivo, que las autoridades correspondientes, han tomado la decisión de desarrollar, el sistema de transporte colectivo. Ya que éste, cumple prácticamente con las características antes descritas.

Actualmente se encuentran en operación del Sistema de Transporte Colectivo, las siguientes líneas:

Línea 1, la cual cruza la ciudad de Oriente a Poniente y está constituida por 20 estaciones, de las cuales 7, son de correspondencia y proporciona servicio a los usuarios, provenientes de Ciudad Nezahualcóyotl y zonas aledañas por el lado Oriente y por el Poniente, a los de Cuajimalpa y puntos circunvecinos.

Línea 2, con trayectoria Sur-Norte hasta el centro de la ciudad y posteriormente al Poniente. Consta de 24 estaciones, de las cuales 5 son de correspondencia.

Línea 3, con Dirección Norte-Sur, la cuál esta constituida por 21 estaciones, con 6 de correspondencia. Esta línea se encuentra construida, de la forma superficial-subterráneo a cajón abierto y también como túnel profundo en las faldas del Ajusco.

Línea 4, que es un corredor Norte-Sur, sobre la Avenida Congreso de la Unión, tiene 10 estaciones, con 6 de correspondencia. Esta línea, tiene la particularidad de ser la primera que está construida en su totalidad, de la forma elevada.

Línea 5, con trayectoria diagonal en la ciudad, de Sur-Oriente a Nor-Poniente, de Pantitlán al Instituto Politécnico Nacional; tiene 13 estaciones, con 5 de correspondencia. Comunica a los usuarios de Ciudad Nezahualcóyotl con las zonas industriales de Vallejo y Tlalnepanitla. Así como también del Aeropuerto Internacional de la Ciudad, con la Central Camionera de Autobuses del Norte.

Línea 6, con dirección Oriente-Poniente, en el Norte de la Ciudad, de Martín Carrera a El Rosario tiene 11 estaciones, con 4 de correspondencia, comunica las zonas industriales de Tlalnepanitla, Azcapotzalco, Vallejo y Aragón con otras líneas.

Línea 7, es un corredor Norte-Sur en el lado poniente de la ciudad y tiene en operación 14 estaciones, con 3 de correspondencia. Esta línea en su totalidad esta construida con el sistema de construcción de túnel profundo, alcanzando profundidades de hasta 40 mts., en forma vertical, a causa de esto y para facilitar a los usuarios su ascenso a la superficie o descenso a los andenes, tiene instaladas escaleras eléctricas en varios niveles.

Línea 8, con trayectoria Oriente-Poniente en el lado Sur de la ciudad, sobre la Avenida Ermita Iztapalapa y posteriormente de Sur-Norte sobre Francisco del Paso y Troncoso hasta el viaducto y cambia su trayectoria en forma diagonal Oriente-Poniente hasta llegar al Eje Central donde nuevamente cambia su trayectoria de Sur a Norte, la cuál está constituida por 19 estaciones, siendo de éstas 5 de correspondencia. Comunica la zona de Iztapalapa con el centro de la ciudad y con otras líneas.

Línea 9, con dirección Oriente-Poniente, en el lado Sur de la ciudad con trayectoria de Pantitlán a Tacubaya y tiene en operación 12 estaciones, con 5 de

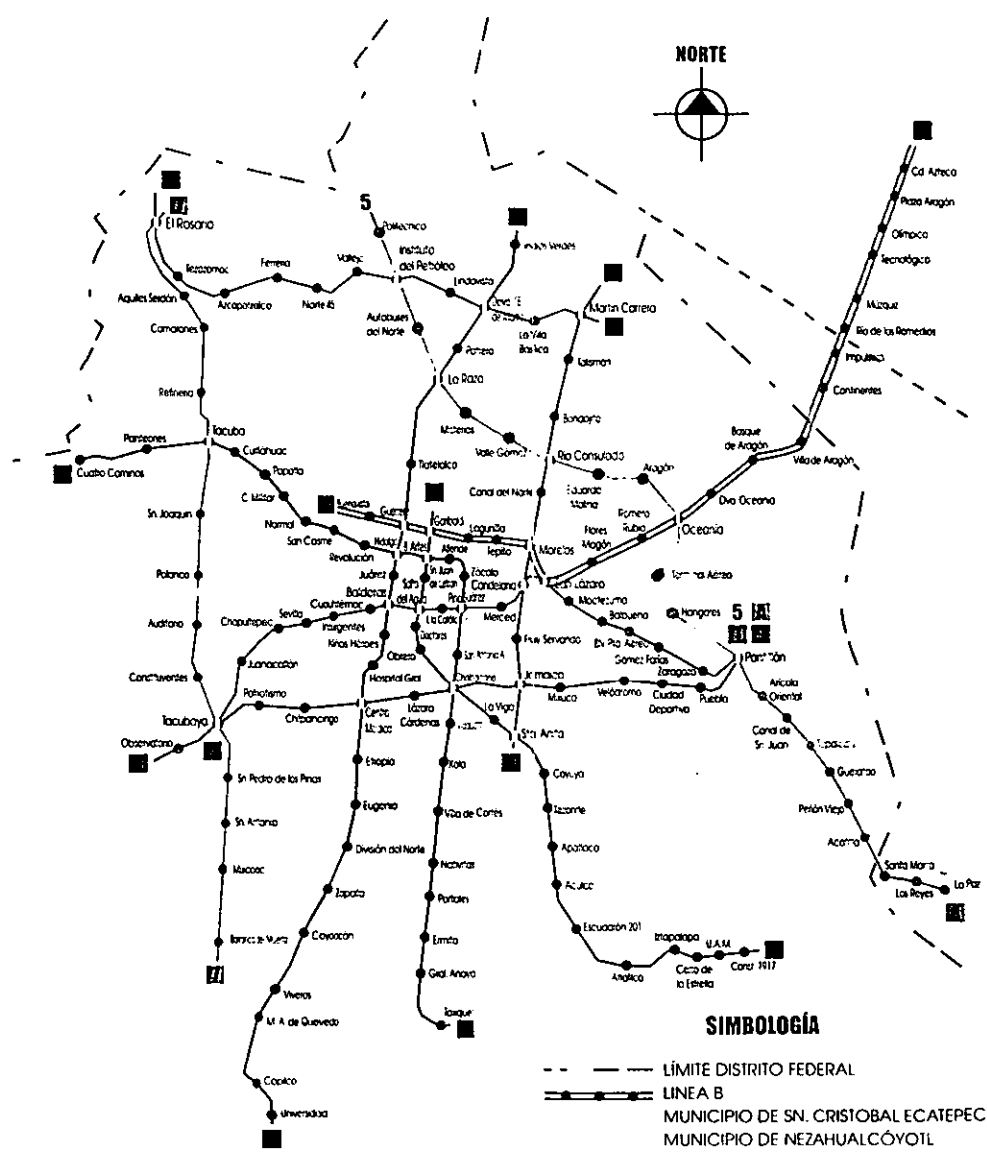
correspondencia. Esta línea se encuentra paralela a línea 1 para solucionar la problemática del Transporte Público.

Línea "A", con trayectoria Oriente-Poniente sobre la calzada Ignacio Zaragoza. Tiene 10 estaciones, con 1 de correspondencia. Esta Línea, tiene la particularidad de ser de rodada férrea, así como también la de llegar al Estado de México.

Línea "B", con trayectoria de Sur-Poniente a Nor-Oriente en el lado norte de la ciudad, de Buenavista a Ecatepec, la cuál esta constituida por 21 estaciones, con 5 de correspondencia. Esta línea llega a los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec del Estado de México.

El total de las 11 líneas del Metro, que se encuentran en operación, tienen una extensión de 201.7 kms., de vías dobles construidas; con 175 estaciones de las cuales 52 son de correspondencia, o sea de enlace entre líneas, como se puede observar en el croquis No. 1.

Para el desarrollo del Metro, existe una planeación a largo plazo contemplado en el Programa Maestro de Ferrocarriles Urbanos y Suburbanos del Área Metropolitana, primer "Plan Maestro del Metro" en 1980, primera revisión en 1982, segunda revisión en 1985 y tercera revisión en 1996, donde ya se puede observar un rezago importante en la construcción de Líneas del Metro.



NORTE



**SIMBOLOGÍA**

- LÍMITE DISTRITO FEDERAL
- == LINEA B
- MUNICIPIO DE SN. CRISTÓBAL ECATEPEC
- MUNICIPIO DE NEZAHUALCÓYOTL

CROQUIS No. 1

## 1.2 CONSTRUCCIÓN

La construcción y operación del Metro se realizan sobre los siguientes principios:

El desplazamiento de un tren formado por varios carros fabricados especialmente para esta actividad, sobre dos vías, la primera para una dirección y la otra en dirección encontrada. Cada vía, consta de dos rieles los cuales son los retornos de corriente o sea el polo negativo y además tienen una función de seguridad ya que los carros se desplazan sobre neumáticos de hule y en caso de pinchaduras de los mismos, entonces si funcionarán las ruedas de fierro sobre los rieles. Para el desplazamiento de los neumáticos de un tren existen colocadas dos pistas metálicas las cuáles son perfiles "I" de acero; además se tienen dos perfiles tipo ángulo, los cuales desempeñan la función de guías de los carros a través de una llanta de hule horizontal de que están provistos, como se puede observar en el dibujo No. 1(a).

Esta barra guía también tiene la función de conducir la corriente en especial el polo positivo de la corriente directa, la cual pasará a los motores de los carros, por unas escobillas de fricción de que están provistos los mismos.

El conjunto de rieles, pistas metálicas y barra guía, están dispuestos sobre durmientes de concreto y de madera, los cuales se encuentran sobre el balasto, es lo que se llama vía sobre balasto; lo anterior para un tipo de construcción como en las líneas 4, 5, 8, 9, línea "A", línea "B" y parte de la línea 6. Por otro lado en la línea 7, la disposición de cada uno de estos elementos se fija directamente al concreto, es lo que se llama vía sobre concreto.

Para la fijación de los rieles, a los durmientes de madera se hace con tornillos llamados tirafondos y a los de concreto, es por medio de tornillos que tiene el propio durmiente; la fijación de la pista metálica es similar. Con respecto a la barra guía ésta se fija a través de pernos Nelson a un aislador de resina epóxica, el cuál va montado sobre un zoclo de fierro, que va dispuesto sobre los extremos de los durmientes.

Para alimentar eléctricamente a una línea, se tiene dos alimentadores básicos independientes; por un lado las subestaciones de alumbrado y fuerza, por otro lado las subestaciones de rectificación.

Subestaciones de alumbrado y fuerza, existen dos por cada estación vía 1 y vía 2, están alimentados por una subestación de alta tensión (SEAT), y esta a su vez se encuentra alimentada por dos circuitos de distribución provenientes de diferentes subestaciones de Luz y Fuerza del Centro.

Estas subestaciones se encuentran conectadas en forma de anillo, por lo que existe la posibilidad de hacer maniobras de switcheo, a lo largo de toda la línea y por ambas vías. Se puede alimentar con un solo interruptor, toda la línea por las dos vías; normalmente todas las subestaciones de vía 1, están alimentadas por dos interruptores diferentes y las de vía 2, por otros dos.

Las subestaciones de rectificación, se encuentran dispuestas a lo largo de la línea y en una edificación independiente de la misma, pero enlazadas a través de ductos o galerías, su función es alimentar de corriente a las vías, a un voltaje de 750 volts en corriente directa.

Para lograr lo anterior, estas subestaciones están alimentadas a 23 KV., por la subestación de alta tensión (SEAT), y esta a su vez se encuentra alimentada por dos circuitos de distribución provenientes de diferentes subestaciones de Luz y Fuerza del Centro, a 230 KV.

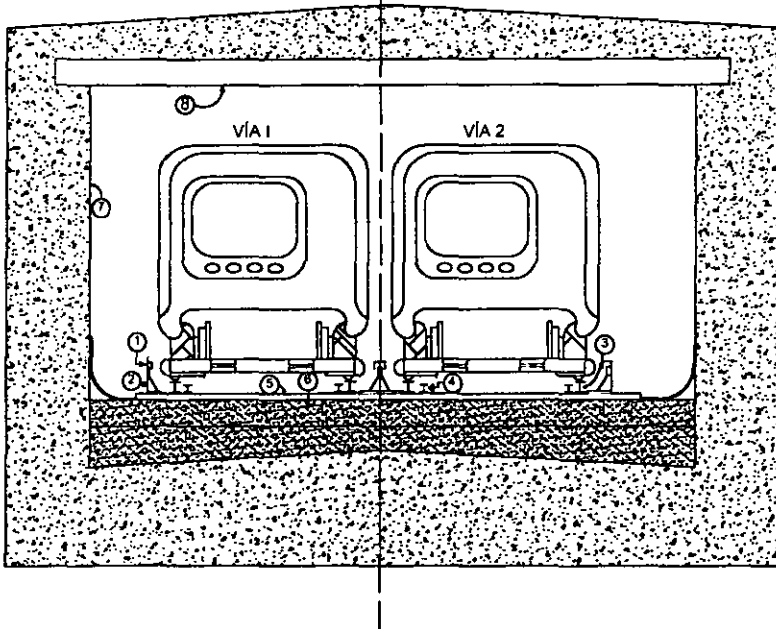
La alimentación en corriente directa, se logra rectificando la corriente alterna, con rectificadores de silicio de alta potencia. Posteriormente con cables de 500 MCM (240 mm<sup>2</sup>), se enlazan con un nicho de tracción, en el cuál existen equipos para conexión y desconexión (seccionadores) de los cuales se alimenta directamente a la barra guía, de donde los carros toman la corriente.



# CORTE TÍPICO DEL TÚNEL O CAJÓN EN INTERESTACIÓN

## DESCRIPCIÓN

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| ① ANGULO BARRA GUÍA   | ⑤ DURMIENTE            |
| ② AISLADOR DE RESINA  | ⑥ BALASTO              |
| ③ PISTA DE RODAMIENTO | ⑦ MURO MLÁN            |
| ④ RIEL                | ⑧ TABLETAS DE CONCRETO |



DIBUJO No. 1(a)

## CAPÍTULO II

### INSTALACIÓN DE CANALIZACIONES

#### 2.1 CHAROLAS

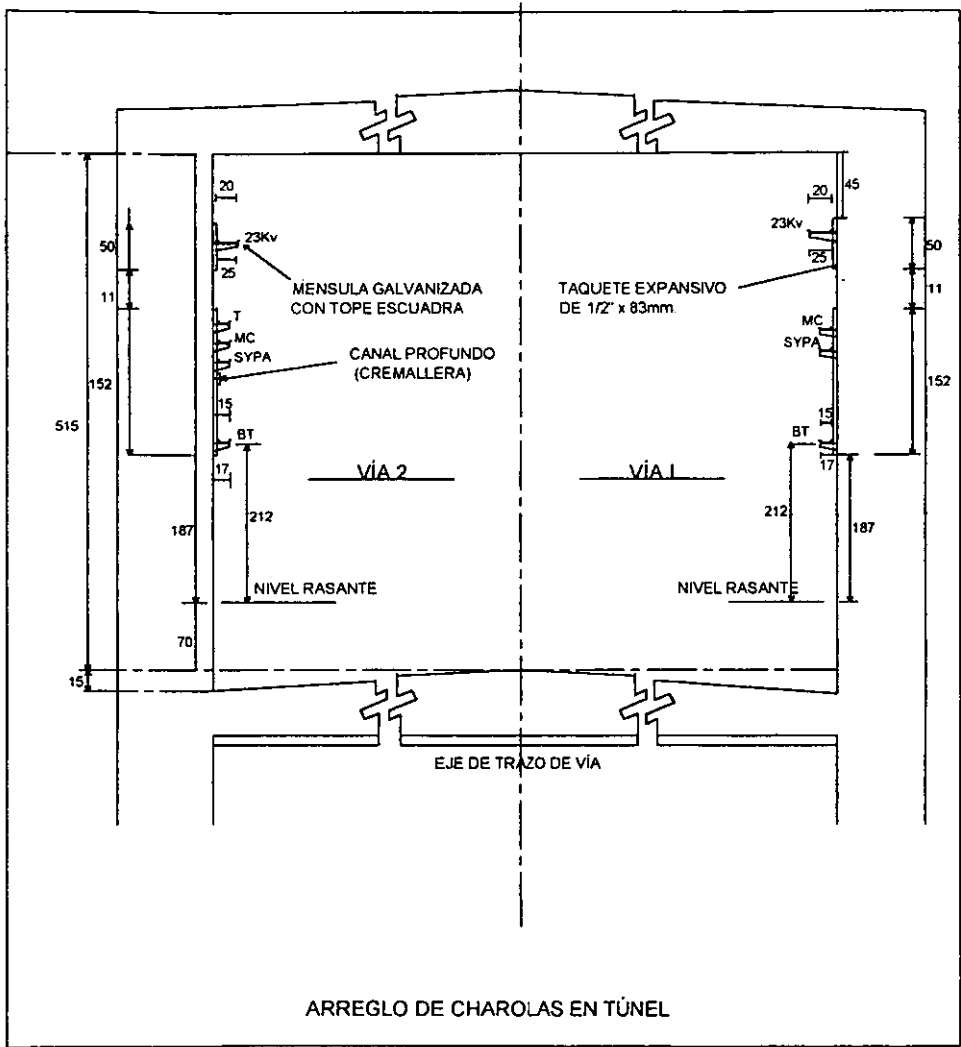
Debido a la necesidad de soportar y canalizar los cables eléctricos para las diferentes especialidades, alta y baja tensión, señalización, mando centralizado, pilotaje automático y telecomunicaciones. Es necesario, la instalación de charolas.

Estas charolas, son fabricadas normalmente de fierro galvanizado ó de aluminio. Las principales características de la galvanizada son, mayor rigidez, menor costo y mayor dificultad en su instalación. Por otro lado la de aluminio, tiene un poco de menor rigidez, menor peso, mayor costo y bastante menor dificultad en su instalación, por su menor peso.

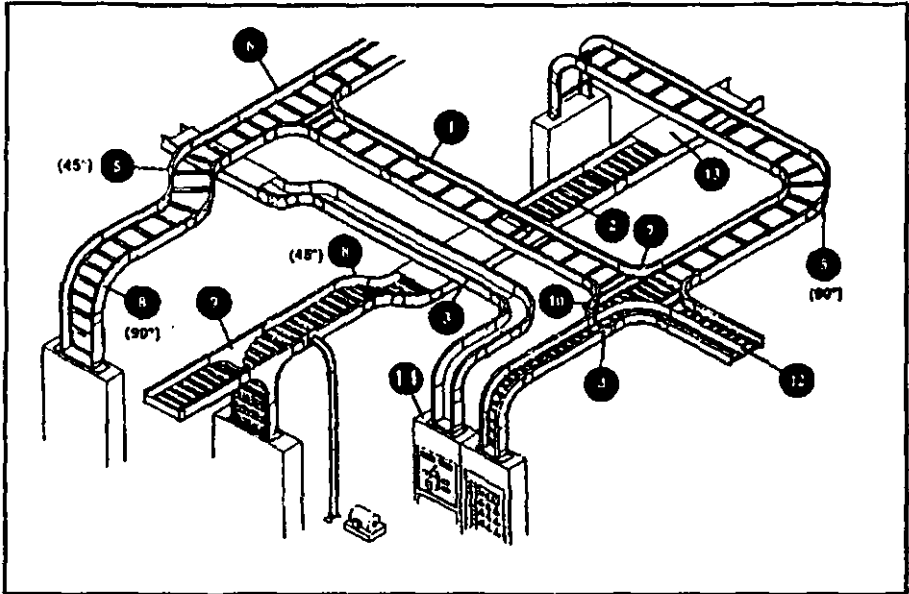
La colocación de las mismas, se hace sobre una ménsula, la cuál se encuentra colocada sobre un canal profundo o cremallera. Esta cremallera se encuentra sobrepuesta a los muros y fijada por medio de taquetes de expansión, como se muestra en el dibujo No. 2.

Para librar interferencias ó realizar cambios de dirección, se efectúan en campo las denominadas piezas complementarias; codos, reducciones, omegas, etc., como se muestra en el dibujo No. 2 (a).

Normalmente a lo largo de toda la línea se encuentran instalados, cinco niveles de charolas por vía 2 y por vía 1, cuatro niveles.



DIBUJO No. 2



- |   |                        |   |                                      |
|---|------------------------|---|--------------------------------------|
| ① | CHAROLA TIPO ESCALERA  | ⑧ | CURVA VERTICAL INTERIOR/<br>EXTERIOR |
| ② | CHAROLA ACANALADA      | ⑨ | "T" VERTICAL                         |
| ③ | CHAROLA DE FONDO PLANO | ⑩ | REDUCCION                            |
| ④ | CONECTOR PARA CHAROLA  | ⑪ | CONECTOR DE CHAROLA A CAJA           |
| ⑤ | CURVA HORIZONTAL       | ⑫ | BARRERA SEPARADORA                   |
| ⑥ | "T" HORIZONTAL         | ⑬ | CUBIERTAS (TAPAS)                    |
| ⑦ | EQUIS HORIZONTAL       |   |                                      |

DIBUJO No. 2(a)

## **2.1.1 ACTIVIDADES DE CAMPO PARA SU INSTALACIÓN**

- A.- Trazo de referencias
- B.- Barrenado para colocación de taquetes
- C.- Colocación de canal profundo (cremallera) alineada
- D.- Colocación de ménsula
- E.- Habilitación de dos o tres tramos de charola (unirlos)
- F.- Colocación de tramos habilitados sobre ménsula
- G.- Fabricación de piezas complementarias
- H.- Ajuste final de charola, con los topes escuadra de las ménsulas.

## **2.2 TUBERÍA CONDUIT**

Normalmente para alimentar los circuitos derivados de alumbrado y contactos en cada una de las estaciones, inter estaciones, fosas de revisión y anden de maniobras, es necesario hacerlo con tubería conduit. Otras utilizaciones de esta tubería son para alimentación de motores, pasos de vía; en el túnel de un lado al otro.

Para las estaciones la alimentación de circuitos de alumbrado y contactos, las preparaciones de tubería se realizan en conjunto con la construcción de obra civil, por lo tanto los cambios de dirección, se efectúan con curvas de 90° y registros; cuando existen más de dos cambios de dirección es necesario registrar dicha tubería.

Para la alimentación de motores, los cambios de dirección en las trayectorias de tubería se realizan con condulets serie ovalada; para facilitar el cableado, hacer empalmes y derivaciones en los conductores, así como la instalación de accesorios como apagadores, contactos, termostatos y otros.

## 2.2.1 TIPOS DE TUBERÍA

1. - CONDUIT PARED GRUESA GALVANIZADA.- Este tipo de tubería, generalmente es el más utilizado para la canalización de circuitos derivados en la instalación de alumbrado y contactos.

Cuando se instala en forma aparente es necesario, soportarlo por medio de abrazaderas a una distancia máxima de 1.5 mts., al inicio y terminación de una trayectoria de tubería es necesario colocarle monitores, para proteger los conductores al momento de efectuar el cableado. Al rematar la tubería en tableros ó ductos cuadrados embisagrados es necesario colocarle contratuerca y monitor.

2. - CONDUIT PVC PESADO.- Este tipo de tubería es utilizada normalmente, en las inter estaciones para efectuar pasos de una vía a otra. También es utilizado en las conexiones entre los tableros de control y los equipos de tracción.

Se encuentra normalmente instalado entre el balasto, para el paso de una vía a otra, por tal motivo es necesario hacerle algunos barrenos en la parte inferior, para evitar la acumulación de agua en su interior. En caso de estar instalado en forma aparente se deberá soportar con abrazaderas a una separación máxima de 1.50 mts., y se utilizan conectores, para rematar en tableros.

3. -FLEXIBLE A PRUEBA DE LÍQUIDOS "LIQUATITE". - Para la llegada ó sea para la acometida de los motores de ventilación, aparatos de vía, cárcamos y equipo Hidroneumático, es utilizada este tipo de tubería. Su conexión al motor por un extremo y con la tubería por el otro, se hace con conectores curvos o rectos.

4. - ACCESORIOS.- Son necesarios para realizar y terminar en forma correcta la instalación de tubería bajo las Normas de Construcción ya establecidas. Facilitando el cableado, conexiones y derivaciones.

Para las tuberías conduit pared gruesa se tienen:

- Cople galvanizado
- Codos de 90° galvanizados
- Contratuerca fundida o troquelada
- Monitor fundido o troquelado
- Condulets serie ovalada con tapa y empaque de neopreno (L, LB, LR, X, T, etc.)
- Cajas rectangulares (FS, FSC, FSS, etc.)
- Cajas de registro
- Abrazaderas (UÑA, OMEGA, "U", etc.)

Para las tuberías PVC pesado se tienen:

- Coples
- Codos de 90°
- conectores
- Pegamento para uniones

Para las tuberías "LIQUATITE" Se tienen:

- Conectores rectos
- Conectores curvos

## **2.3 DUCTOS CUADRADOS EMBISAGRADOS**

Los ductos cuadrados embisagrados son otras alternativas para canalizar y alojar conductores eléctricos, ya sea en circuitos de alumbrado, fuerza o control. En las instalaciones eléctricas del Metro, normalmente son utilizados en las estaciones de correspondencia y terminales, para la alimentación de los tableros de distribución o centros de carga, ubicados en los pasillos de correspondencia y accesos de las mismas.

### **2.3.1 TIPOS DE DUCTOS**

La dimensión de la sección transversal del ducto cuadrado, será de acuerdo a la cantidad de conductores, normalmente se tienen de las siguientes dimensiones:

- 1.- 63.5 x 63.5 mm.
- 2.- 101.6 x 101.6 mm.
- 3.- 152.4 x 152.4 mm.

La longitud en tramo recto de estos ductos, es de 304.8 mm., 609.6 mm., y 1624 mm.

Para la instalación completa y adecuada de los ductos, son necesarios los siguientes accesorios:

- 1.- Coples
- 2.- Conectores
- 3.- Codos de 90°
- 4.- Codos de 45°
- 5.- Derivaciones en "T"
- 6.- Reducciones

El sistema de fijación se realiza por medio de taquetes de expansión o de pernos roscados que se fijan a presión, con cartuchos industriales.

### **2.4 CLEMAS DE MADERA**

Las clemas de madera, normalmente son utilizadas para la canalización de los cables de tracción y alta tensión en los nichos de tracción y subestaciones.

Estas clemas de madera tienen la característica principal de ser de un material aislante, por consiguiente se utilizan en los espacios reducidos, como es el caso de la trayectoria existente, entre los nichos de tracción y los puntos de inyección de las barras guías o cajas inductivas.



### **2.4.1 TIPOS DE CLEMAS**

La fabricación de clemas de madera se realiza en función de las necesidades de campo, por lo que pueden ser sencillas, dobles o triples.

La instalación se realiza con taquetes de expansión o con pernos roscados que se fijan a presión, con cartuchos industriales. Además también se emplean separadores tipo "U", para evitar el contacto directo con los muros.

### **2.5 CANALETAS DE CONCRETO**

Para la canalización y alojamiento de los cables de tracción, que se requieren para la conexión de barras guía o cajas inductivas y necesariamente se tiene que pasar entre el balasto se hace necesario utilizar canaletas de concreto.

Estas canaletas tienen la característica principal, que por ser de un material rígido y resistente, puede soportar el proceso de compactación del balasto y por consiguiente los cables quedan bien canalizados y protegidos.

#### **2.5.1 TIPOS DE CANALETA**

La fabricación de canaletas se hace en función de las necesidades de campo, por lo tanto pueden ser sencillas o dobles con sus respectivos accesorios como son: Codos, derivaciones y remates con sus respectivas tapas.

Como se muestran en los dibujos No. 2 (b), 2 (c) y 2 (d).

## CANALETAS (DIMENSIONES)

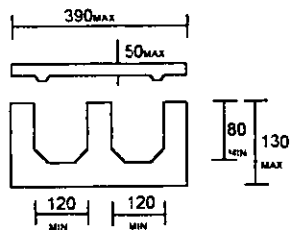
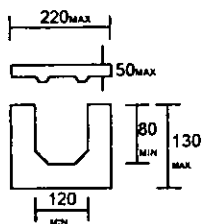
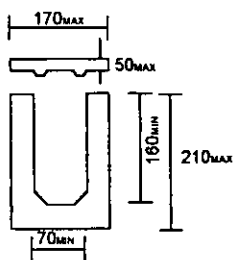
CANALETAS

CORTES TRANSVERSALES

SIMPLE  
12 CABLES.

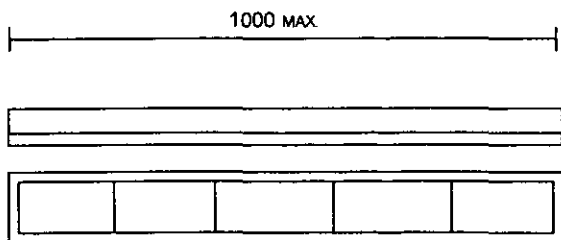
SIMPLE  
6 CABLES

DOBLE  
12 CABLES



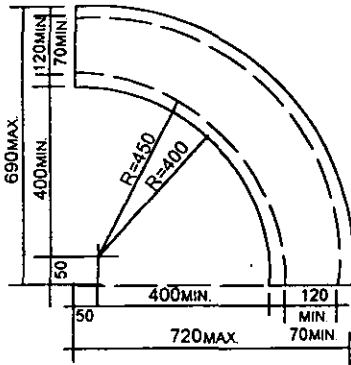
CORTE LOGITUDINAL

SIMPLE Y DOBLE

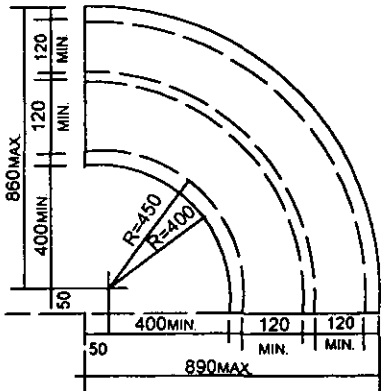


ACOT: MM.

DIBUJO No. 2(b)



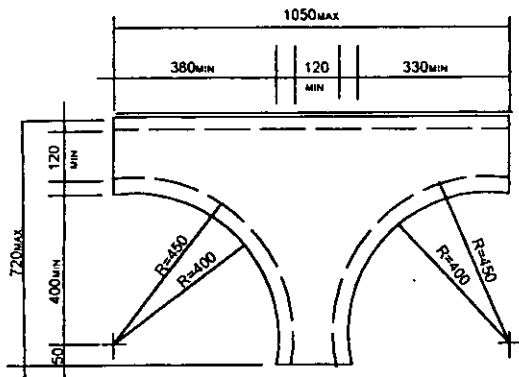
CODO SIMPLE



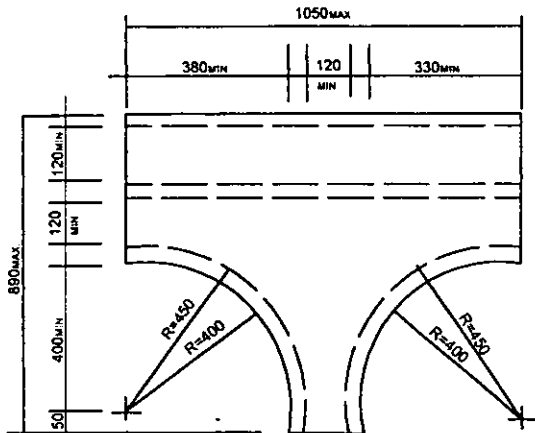
CODO DOBLE

ACOT. M.M.

DIBUJO No. 2(c)



"T" SIMPLE



"T" DOBLE

ACOT. MM.

DIBUJO No. 2(d)

## CAPÍTULO III

### INSTALACIÓN DE CABLE DE BAJA TENSIÓN

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Para la interconexión de tableros y posteriormente para la alimentación de todas las cargas, es necesario buscar un conductor que reúna las óptimas características; es por eso que se ha seleccionado el siguiente conductor ya que reúne las condiciones anteriores. Considerando que todos los sistemas son de 127 y 220 V.C.A., ya sean monofásicos, bifásicos o trifásicos.

#### 1.- CABLE DE PVC TIPO THW-LS, 600 VOLTS 90/75° C.

##### a.- Condiciones de Servicio

Los cables de baja tensión trabajarán bajo las condiciones siguientes:

Temperatura ambiente máxima-----	40° C.
Temperatura ambiente mínima-----	-4° C.
Temperatura ambiente promedio -----	35° C.
Presión barométrica -----	585 MM. DE HG.
Humedad relativa -----	10 A 90 %
Altitud -----	2,240 MSNM.
Precipitación pluvial (promedio/anual) -----	1,500 MM.
Tensión máxima de operación -----	600 VOLTS.

##### TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN:

Ambiente seco -----	90° C.
Ambiente humedo -----	75° C.
Sobrecarga -----	105° C.
Corto circuito -----	150° C.

Sismicidad ----- Según reglamento vigente de construcción para el D.F., zona III (Lago), y estructuras tipo "A".

Calidad del aire ----- Aire contaminado, partículas en suspensión de 0.1 a 20 micras: Con contaminantes hasta 300 IMECAS, según norma vigente de la Ciudad de México: Ozono, monóxido de carbono, óxido de azufre y óxido de nitrógeno.

**b.- Condiciones Generales**

El conductor de baja tensión será de cobre suave o recocido; puede estar formado por un alambre, para calibres comprendidos del 14 al 8 AWG, o por un conjunto de alambres en cableado concéntrico clase B ó C, de acuerdo a lo indicado en la Norma Nom-J-12 y según se indica en la Tabla No. 1. El cableado concéntrico comprimido se aplica a partir del calibre 6 AWG.

El aislamiento debe ser extruído utilizando un compuesto termoplástico de policloruro de vinilo (PVC), que cumpla con los requisitos dimensionales, físicos y químicos indicados en las Normas aplicables.

El espesor promedio del aislamiento no debe ser menor al nominal indicado en la Tabla No. 2; y el espesor mínimo medido en cualquier punto no debe ser menor al 90% de su mismo valor (al nominal indicado en la Tabla No. 2).

El aislamiento debe ser aplicado sobre el conductor mediante un proceso de extrusión, presentando un aspecto uniforme en toda su superficie y que cumpla con las propiedades físicas indicadas en la Tabla No. 3

El aislamiento de los conductores debe cumplir con la prueba de chispa, durante el proceso de fabricación, aplicando una tensión en C.A., según la indicada en la tabla No. 4, cuando se pruebe de acuerdo a la Norma Nom-J-473.

La resistencia de aislamiento a 15.6° C no debe ser menor a la mostrada en la Tabla No. 5, conforme al método de prueba de la Norma Nom-J-294.

En el aislamiento de los cables deben estar marcadas en toda su longitud, en forma legible e indeleble, con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Tipo de cable (THW-LS seguido del nombre comercial de su producto)
- Calibre de los conductores, AWG o MCM
- Tensión máxima de operación en volts
- Temperatura máxima de operación en ° C
- Símbolo o registro de la DGN, para la autorización de fabricación, venta y uso

### **3.2 INSTALACIÓN DE CABLE**

Los cables son instalados en tubería Conduit, ductos de asbesto cemento y/o cuadrados embisagrados, trincheras (soporte tipo redondo cada 0.6 mts.), ménsulas y en charolas.

Cuando se instalan sobre soportes, ménsulas y charolas, se sujetan con cinturón de plástico de diferentes medidas, de acuerdo al calibre de los cables. Estos arreglos se realizan por circuito, que puede ser de 2, 3 ó 4 hilos, o inclusive de más hilos.

Para el caso necesario de hacer empalmes, éstos se deberán realizar en forma escalonada, o sea no quedarán en el mismo punto. Deberá de dejarse una distancia mínima de 0.50 mts.

Es necesario que todos los empalmes o derivaciones de cables, se les estañe, para darle mayor continuidad eléctrica al circuito. De acuerdo al reglamento de obras e instalaciones eléctricas en vigor, así como también se limita a 30 cables el número máximo de cables de alumbrado y fuerza en una charola, excepto cuando se trate de cables de control o señalización.

### **a.- Identificaciones**

Todos y cada uno de los conductores deberán ser identificados, en sus extremos y a cada 25 metros con un número, formado por el número del circuito más la identificación del tablero (Ejemplo X-5), significa que es el circuito No. 5 del tablero X. Además se deberá identificar con cinta de colores en los mismos puntos anteriores, según el siguiente código de colores que establece el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas:

Fase A- Negro, Fase B-Verde, Fase C-Rojo, Neutro-Blanco, Tierra Física-Gris

### **3.3 SISTEMA DE TIERRAS**

Para la protección de equipos, instalaciones y personal, es necesario la instalación de un sistema general de tierras. Este sistema se encuentra a lo largo de todas las líneas y en ambas vías de cada línea.

Está formado por un cable de aluminio desnudo tipo AAC, calibre 4/0 AWG, el cual corre por toda la charola de baja tensión de las dos vías de la línea y se encuentra conectado a cada 50 mts., a una varilla copperweld de 15.875 mm., por 3.05 mts., de longitud, a través de cable de aluminio desnudo tipo AAC, calibre 1/0 AWG y conectado en ambos lados con conectores mecánicos. Así como también se realiza una conexión entre el cable que corre por toda la línea y el soporte o canal profundo de las charolas eléctricas, con cable de aluminio calibre 1/0 AWG, en los puntos donde se encuentran las varillas copperweld y además un puente con cables y zapatas a compresión calibre 1/0 AWG, entre los soportes o cremalleras de las charolas de baja tensión a la de alta tensión.

Las varillas copperweld, se encuentran hincadas en el piso del cajón del tramo. La distancia entre cada una de ellas es de 50 mts., es una distancia media que se encontró de acuerdo a la resistividad del terreno del subsuelo de la Ciudad de México.



Por otro lado este sistema general de tierras se enlaza con los sistemas propios de: Las subestaciones vía 1 y vía 2, local técnico y puestos de rectificación de toda la línea. Lo anterior con el fin de que todo el sistema de tierras sea equipotencial.

**T A B L A No. 1 CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR**

CALIBRE AWG/MCM	ÁREA mm. <sup>2</sup>	NÚMERO DE HILO CLASE		DIÁMETRO C/HILO mm. CLASE		RESISTENCIA ELÉCTRICA C.D. A 20°C OHMS/ Km
		B	C	B	C	
14	2.082	7	19	0.615	0.374	8.45
12	3.307	7	19	0.776	0.471	5.32
10	5.260	7	19	0.978	0.594	3.34
8	8.367	7	19	1.234	0.749	2.10
6	13.300	7	19	1.555	0.944	1.32
4	21.150	7	19	1.961	1.191	0.832
2	33.300	7	19	2.473	1.501	0.523
1/0	53.480	19	19	1.893	1.893	0.329
2/0	67.430	19	19	2.126	2.126	0.261
3/0	85.010	19	19	2.387	2.387	0.207
4/0	107.210	19	19	2.680	2.680	0.164
250	126.700	37	37	2.088	2.088	0.144
300	152.000	37	37	2.287	2.287	0.120
350	177.210	37	37	2.470	2.470	0.103
400	202.700	37	37	2.641	2.641	0.0898
500	253.400	37	37	2.953	2.953	0.0694
600	403.000	61	61	2.159	2.159	0.0579
750	380.025	61	61	2.816	2.816	0.0463
800	405.360	61	61	2.909	2.909	0.0434
1000	506.700	61	61	3.252	3.252	0.0347

**T A B L A No. 2 ESPESOR MÍNIMO DE AISLAMIENTO, TENSIÓN MÁX. 600 V.**

<b>CALIBRE AWG/MCM</b>	<b>AREA mm.<sup>2</sup></b>	<b>ESPESOR NOMINAL. mm.</b>
14	2.082	0.76
12	3.307	1.76
10	5.261	0.76
8	8.367	1.14
6	13.299	1.52
4	21.150	1.52
2	33.620	1.52
1/0	53.490	2.03
2/0	67.430	2.03
3/0	85.010	2.03
4/0	107.210	2.03
250	126.700	2.41
300	152.010	2.41
350	177.300	2.41
400	202.680	2.41
500	253.400	2.41
600	304.00	2.79
750	380.000	2.79
800	405.360	2.79
1000	506.700	2.79

**TABLA No. 3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AISLAMIENTO**

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DEL AISLAMIENTO.	TIPO DE CONDUCTOR. T H W - L S.
ESFUERZO POR TENSION A LA RUPTURA, VALOR MINIMO	13.8 Mpa: (141 Kgf.)
ALARGAMIENTO A LA RUPTURA	150 % MÍNIMO
ENVEJECIMIENTO A 121° C +/-1° C DURANTE 168 HRS.	
RETENCIÓN DE ESFUERZO DE TENSION	75% MÍNIMO
RETENCIÓN EN ALARGAMIENTO	75 % MÍNIMO
PROBETA TUBULAR	50
PROBETA PULIDA (*)	35
DEFORMACIÓN POR CALOR A 121° C +/-2° C.	30% (221° C) MÁXIMO
ABSORCIÓN DE AGUA. METODO ELÉCTRICO INMERSIÓN EN AGUA A 75° C +/-1° C:	
CONSTANTE DIELECTRICA DESPUES DE 24 HRS. DE INMERSIÓN	10% MÁXIMO
INCREMENTO DE CAPACITANCIA DE 1 A 14 DIAS	10% MÁXIMO
INCREMENTO DE CAPACITANCIA DE 7 A 14 DIAS.	5% MÁXIMO
CHOQUE TÉRMICO A 121 ° C, DURANTE 1 HR.	SIN FRACTURA
DOBLEZ EN FRÍO A -10° C, DURANTE 1 HR.	SIN FRACTURA
INMERSIÓN EN ACEITE, 4 HRS. A 70° C:	
RETENCIÓN DE ESFUERZO DE TENSION:	
PROBETA TUBULAR.	85
PROBETA PULIDA (*)	80
RETENCIÓN EN ALARGAMIENTO:	
PROBETA TUBULAR	85
PROBETA PULIDA (*)	60
FLEXIBILIDAD A 100 ° C DURANTE 168 HRS.	SIN FRACTURA
(*) PARA CONDUCTORES DE 6 AWG. Y MAYORES	

**TABLA No. 4**

**TENSIÓN DE PRUEBA EN C.A. PARA CABLES DE HASTA 600 VOLTS.**

DESIGNACIÓN DE CONDUCTOR		TENSIÓN DE PRUEBA EN KV	
AREA SECCIÓN TRANSVERSAL mm. <sup>2</sup>	CALIBRE AWG/MCM	CHISPA	MONOCONDUCTORES ( T ) 1 MINUTO
2.082 A 5.260	14 A 10	7.5	2.0
8.367 A 33.62	8 A 2	10.0	2.0
42.41 A 107.2	1 A 4/0	12.5	2.5
126.7 A 253.4	250 A 500	15.0	3.0
304.0 A 506.7	600 A 1000	17.5	3.5

**TABLA NO. 5**

**RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

DESIGNACIÓN DEL CONDUCTOR		RESISTENCIA DE AISLAMIENTO MÍNIMA A 15.6° C, M OHMS/KM
CALIBRE AWG/MCM	ÁREA mm <sup>2</sup> .	
14	2.082	235
12	3.307	200
10	5.261	170
8	8.367	160
6	13.299	135
4	21.150	115
2	33.620	105
1/0	53.490	85
2/0	67.430	80
3/0	85.010	70
4/0	107.210	80
250	126.700	70
300	152.010	65
350	177.300	65
400	202.680	55
500	253.400	60
600	304.000	55
750	380.000	55
800	405.360	55
1000	506.700	50

## CAPÍTULO IV

### INSTALACIÓN DE CABLE DE ALTA TENSIÓN

#### 4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Para la alimentación de las subestaciones del alumbrado y fuerza, también para alimentar el transformador de potencia de las subestaciones de rectificación, es necesario instalar un cable con las características óptimas para desempeñar esta función. En la primera y segunda etapa de construcción del Metro, se instalaron cables de alta tensión del tipo tripolar armado, posteriormente en línea 4, 5, 3 norte y 3 sur II, se instalaron cables monopolares del tipo con aislamiento de aceite en papel y plomo del tipo pilc para voltajes nominales de 15 y 23 KV.

Ultimamente los cables que se han utilizado son los de aislamiento sólido del tipo EPR-VULCANEL calibre 2/0 AWG, para 23 KV.

Para efectuar la alimentación de las subestaciones desde el interruptor de la subestación de alta tensión (SEAT), y hacer la conexión en anillo de todas las subestaciones de alumbrado y fuerza de una línea. Es necesario instalar tres cables de alta tensión por cada vía, los cuales llegan a la sección de acometida de esta subestación y sale de la sección de enlace para la siguiente estación, para ambas vías, como se muestra en el dibujo No. 4.

En las subestaciones de alumbrado y fuerza, normalmente todo el cableado es sobre charolas eléctricas y solamente a la entrada del propio local de la subestación es por trinchera.

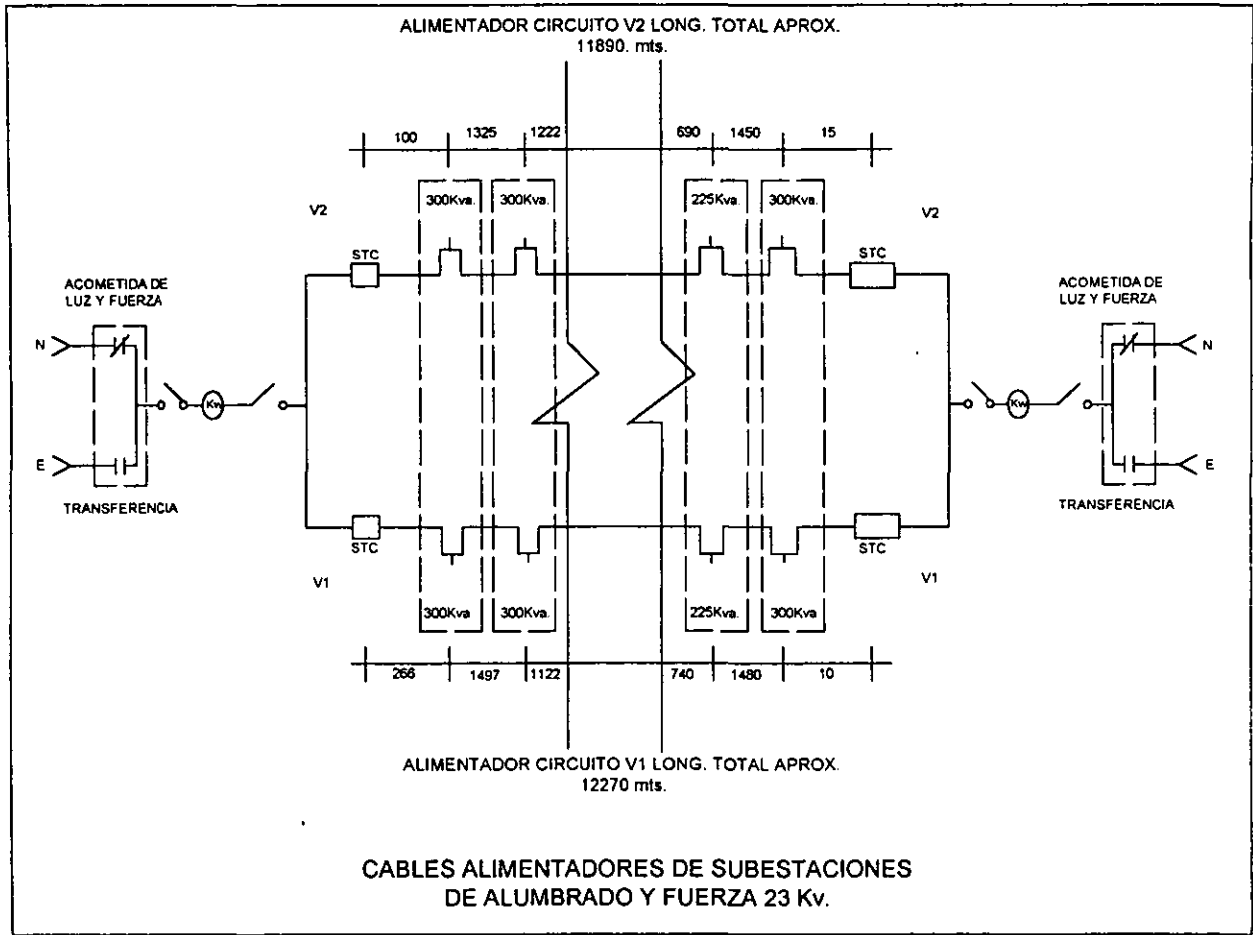
Los cables con aislamiento sólido, usados con mayor frecuencia en la actualidad, podemos citar el EPR, (etileno, propileno reforzado) y el XLP (polietileno cadena cruzada), para transmisión de energía de circuitos de mediana tensión 5 a 25 KV. El cable EPR, se muestra en el dibujo No. 4 (a).

De los tipos de aislamiento anteriores, podemos mencionar algunas diferencias sobre la base de las cuales y a su comportamiento en servicio y pruebas de laboratorio, se define su utilización en el campo. El problema principal a que se enfrentan los cables o la causa de las fallas en los mismos, es debido a daños mecánicos o condiciones particulares de ambiente. La humedad presente en los lugares de instalación de los cables con aislamiento (EPR, XLP, PE, PVC, etc.) hace que se tenga un alto grado de incidencia y son la principal causa de falla de los cables.

Este cable se instala en la charola de alta tensión que se encuentra en cada vía, hasta la parte superior de los niveles de charola y una separación mínima de 40 cms., para evitar interferencia de frecuencia y señales, de los cables de telefonía, señalización, mando centralizado y pilotaje automático, lo anterior para tramos, subterráneo a cajón abierto y túnel profundo ya que para el tramo superficial, este cable se instala, en la charola que se encuentra en las trincheras que existen por ambas vías y también funcionan como andadores.

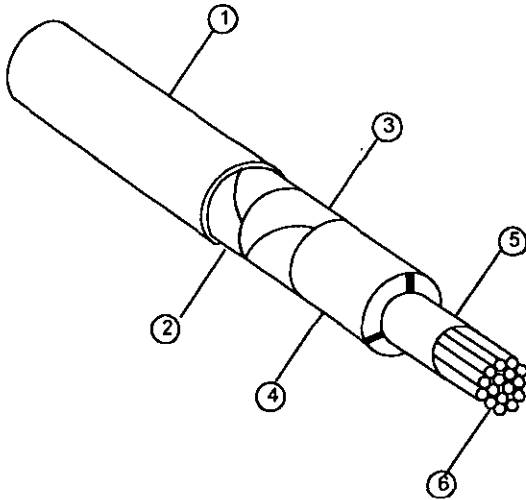
La disposición del cable en la charola es en triángulo o tres-bolillo, con el fin de mejorar la reactancia inductiva o sea su impedancia total. Se encuentran sujetos a la charola los tres cables, con cinturón de plástico a cada 0.50 mts., con la finalidad de mantener a lo largo de todo el tramo, el arreglo de triángulo.

Tiene identificaciones, de fase y número de circuito a cada 50 mts., en la inter estación, en las entradas de los bajo andenes de las estaciones y a la entrada de las trincheras y celdas de las subestaciones.





### CABLE DE ENERGÍA TIPO E P R



### DESCRIPCIÓN

- 1.- CUBIERTA EXTERIOR NORMALMENTE DE PVC
- 2.- PANTALLA METALICA A BASE DE CINTILLAS DE COBRE
- 3.- PANTALLA SEMICONDUCTORA SOBRE AISLAMIENTO.
- 4.- AISLAMIENTO ETILENO PROPILENO REFORZADO.
- 5.- PANTALLA SEMICONDUCTORA SOBRE CONDUCTOR.
- 6.- CONDUCTOR DE COBRE.

DIBUJO No. 4(a)

## 4.2 EMPALMES EN CABLE DE ALTA TENSIÓN

Debido a las longitudes del cable de alta tensión, de un punto de salida de una subestación a la llegada de la siguiente y considerando que la distancia entre una estación y la siguiente, es de 900 a 1500 mts., es necesario colocar empalmes para unir un tramo de cable con otro para obtener la longitud de cable deseada.

Lo anterior también es consecuencia, de que la fabricación del cable de alta tensión es normalmente en tramos de 500 mts., aproximadamente, para facilitar su transportación, manejo e instalación.

Por definición (según la Norma J-158), se entiende por empalme; "la conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituye un cable de potencia aislado, protegidos mecánicamente dentro de una misma cubierta o carga".

Factores para la confiabilidad de un empalme en cable con aislamiento extruído:

1. - Calidad de los materiales empleados.
2. - El diseño.
3. - Mano de obra de instalación.

### 4.2.1 TIPOS DE EMPALMES

Existen varios tipos de EMPALMES, sobre la base de los materiales usados y en la forma que se utilizan para restituir el aislamiento de los cables por unir.

1. - Encintados
2. - Moldeados en fábrica
3. - Moldeados en campo
4. - Termo contráctil

Aquí en las instalaciones del Metro, los empalmes que se han utilizado, son del tipo encintado. Este tipo de empalme se obtiene a través de cintas aislantes aplicadas para alternar el nivel de aislamiento adecuado, pueden ser del tipo autovulcanizable, o del tipo no vulcanizable, solamente el conductor se une con un conector a tope a compresión, como se muestra en el dibujo No. 4 (b) .

Normalmente los empalmes, se hacen a cada 500 mts., aproximadamente o tramos más cortos para ajustes de una cierta longitud. Se encuentran normalmente sobre charolas eléctricas; nunca se deben ejecutar dos empalmes en el mismo punto, siempre deben ir separados como mínimo de 1.5 mts., y se conectan a través de su pantalla semiconductor a al sistema de tierras con un cable de cobre.

También se marcará la ubicación de cada uno de los empalmes, indicando a que circuito y fase corresponde, sobre la charola donde se encuentran instaladas.

### **4.3 TERMINALES EN CABLE DE ALTA TENSIÓN**

Para efectuar las transiciones del cable de energía de alta tensión a los equipos eléctricos, de equipo a transformadores y entre equipos, en general en todas las instalaciones de distribución, es necesario la colocación de terminales.

Debido a que estas terminales formarán parte de las mismas redes de distribución, junto con los cables y equipo periférico y dada la importancia de la continuidad del servicio, deberán ser diseñados, fabricados e instalados con uso de una tecnología y calidad suficiente para asegurar un largo período de vida, con un número mínimo de problemas.

El principio de operación de una terminal en un sistema de distribución tiene como objetivo primario el reducir o controlar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable, al interrumpir y retirar la pantalla sobre el aislamiento y como objetivos secundarios el proporcionar al cable una distancia de fuga aislada adicional y hermética.

#### **4.3.1 TIPOS DE TERMINALES**

Podemos hacer una clasificación del tipo de terminales, según los elementos funcionales:

I.- TERMINAL CLASE 1. - Es la 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 de cable y tierra, proporciona un sello de hermeticidad manteniendo la presión, si la hay, del sistema del cable.

A este tipo pertenece la terminal de porcelana ( Tipo Bayoneta). Utilización: Se puede utilizar en los cables del aislamiento seco (EP, EPR, XLP), y también en los cables con aislamiento laminar (Papel impregnado, cambrey barnizado, etc.).

2. - **TERMINAL CLASE 2.** - Es la que proporciona únicamente 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. De este tipo de terminal corresponden las; termo contráctil, encintada y la premoldeada para utilización intemperie tipo (TMI), como se muestra en el dibujo No. 4 (c) .
3. - **TERMINAL TIPO 3.** - Consta básicamente de cono de alivio premoldeado. Utilización: Es utilizado exclusivamente en cables con aislamiento seco o extruído (EP, EPR, XLP), para instalarse en lugares interiores, ya que no tiene protección contra la intemperie (Inclencias del tiempo).

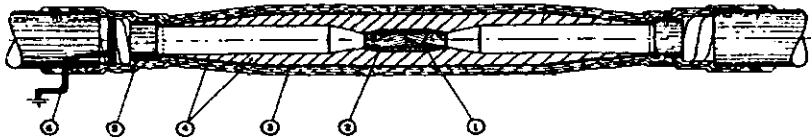
#### **4.3.2 INSTALACIÓN**

En los sistemas de distribución de la red del Metro, la utilización de terminales son las siguientes:

- TTB.- Para cable de aislamiento extruído EPR, en la alimentación del transformador de potencia de las subestaciones de rectificación (en la intemperie).
- TIP.- Para cable de aislamiento extruído EPR, en todos los gabinetes tipo interior de las subestaciones de alumbrado y fuerza, según dibujo No. 4 (c).

Anteriormente se utilizaban las terminales TTB; para el cable de papel impregnado en aceite y cubierta de plomo ya que era el tipo de cable que se instalaba, para hacer la distribución de energía.

## EMPALME CPM



### DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

1 CONECTOR

4 CINTA AISLANTE

2 CINTA CONDUCTORA No. 17

5 CINTA VINÍLICA CON ADHESIVO

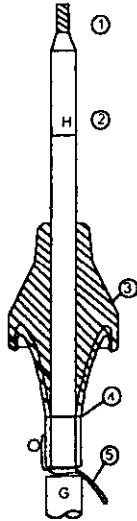
3 MALLA DE COBRE

6 TRENZA PLANA ESTAÑADA

DIBUJO No. 4(b)

DESCRIPCIÓN

- 1 - CONDUCTOR DEL CABLE
  - 2 - AISLAMIENTO DE 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 EXTERNO DE LA TIP.

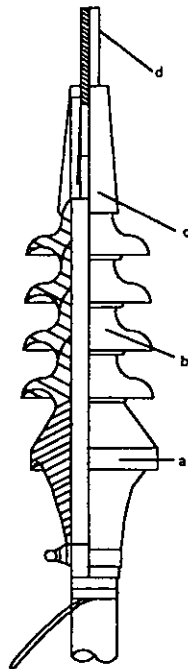


TERMINAL TIPO TIP

PARA INSTALACIÓN EN INTERIORES.

TERMINAL TIPO TMI

PARA INSTALACIÓN EN EXTERIORES.



DESCRIPCIÓN

- a) CONO PREMOLDEADO
- b) CAMPANA TERMINAL PARA INTEMPERIE EN LAS SIGUIENTES CANTIDADES.
  - 3 PARA SISTEMAS DE 5-87 Kv.
  - 4 PARA SISTEMAS DE 15 Kv.
  - 5 PARA SISTEMAS DE 25 Kv.
  - 8 PARA SISTEMAS DE 34.5 Kv.
- c) SELLO TERMINAL PARA INTEMPERIE
- d) CONECTOR UNIVERSAL

DIBUJO No. 4(c)

## CAPÍTULO V

### INSTALACIÓN DE SUBESTACIONES

#### 5.1 SUBESTACIÓN DE ALTA TENSIÓN

Esta subestación es la encargada de transformar la tensión de 230 a 23 KV., y distribuir la energía a las subestaciones de rectificación y a las subestaciones de alumbrado y fuerza.

La subestación de alta tensión – Oceanía (SEAT-OCEANÍA), es alimentada a través de dos subestaciones de Luz y Fuerza del Centro, Peralvillo y Merced, las cuales pertenecen al anillo de 230 KV., de la red troncal que alimentan a la ciudad de México.

La (SEAT-OCEANÍA), esta ubicada entre las estaciones San Lázaro y Ricardo Flores Magón, P. K. 17 + 572.5 del Metropolitano línea "B", en su primera etapa de construcción, alimentará únicamente el metropolitano línea "B", y en la etapa definitiva podrá alimentar parte de la línea 14 y ampliación de la línea 6.

##### 5.1.1 GENERALIDADES

La (SEAT-OCEANÍA) está dividida en cinco partes principales.

- Equipos de 230 KV.
- Dos transformadores de potencia de 30 – 45 MVA
- Disyuntores de 23 KV.
- Equipos auxiliares
- Sistemas de mando y control

Que se encuentran distribuidos de la siguiente manera en el edificio.

- Sótano.- Instalación de charolas para interconexión entre equipos.
- Planta Baja.- Sala de equipos de 230 KV., patio de transformadores, sala de interruptores de 23 KV., sala de baterías, salas de armarios de servicios auxiliares y permanencias.
- Primer Nivel.- Sala de computadoras, sala del tablero de control óptico (T.C.O.) y oficinas.

INNOVACIONES TECNOLOGICAS.- La (SEAT-OCEANÍA) del metropolitano línea "B", en comparación con la (SEAT-ESTRELLA) de línea 8.

- Se instalaron relevadores electrónicos computarizados, para la protección eléctrica de los equipos de 230 KV.
- A nivel del sistema de alimentación auxiliar las transferencias de carga, son automáticas.
- Se instalaron dos onduladores que alimentan los equipos auxiliares principales.
- Se tiene una sincronización de la hora con el puesto central de control ( P.C.C.),
- Se instaló un osciloperturbografo en cada acometida de 230 KV., para analizar las afectaciones del equipo de 230 KV., provocadas por los disturbios de la red de Luz y Fuerza del Centro.



## **5.2 SUBESTACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA**

Para la alimentación de las cargas a los voltajes nominales de los sistemas de alumbrado, contactos, motores para cárcamos, motores de cambios de aparato de vía, motores de ventilación tipo jaula de ardilla. Es necesario efectuar la transformación del voltaje nominal de distribución de 15 ó 23 KV., a 220/127 volts a una frecuencia nominal de 60 Hz.

La forma de obtener lo anterior, es por medio de subestaciones unitarias con capacidad de 225 a 1000 KVA, que en los sistemas del Metro, son del tipo compactas interiores. Por cada estación se tienen dos subestaciones, una llamada de vía 1 y la otra de vía 2.

### **5.2.1 GENERALIDADES**

Normalmente las subestaciones se encuentran conectadas en forma de anillo, por el lado de alta tensión, esto es debido a la ventaja que se tiene con este sistema, para aislar una sección de cable en caso de falla y restablecer el servicio en el resto del sistema, mientras se lleva a cabo la reparación. La distribución en alta tensión es en delta (  $\Delta$  ) a 15 ó 23 KV.

Por el lado de baja tensión, se tiene conectado en un sistema radial compuesto en cada subestación de alumbrado y fuerza, ya que existen sistemas en el Metro que necesariamente deben estar energizados y éstos se encuentran alimentados por las dos subestaciones de la estación. El sistema de conexión en el lado de baja tensión es en estrella (  $Y$  ) con neutro a tierra a 220/127 V.C.A.

Los transformadores que se utilizan en todas las subestaciones tienen conexiones delta-estrella. Con neutro a tierra. La característica del neutro a tierra es recomendable porque proporciona protección a tierra en el sistema de distribución, también porque las fallas a tierra provocan interrupción inmediata y con un arreglo selectivo, el ramal afectado es el único que se desconecta y la zona del daño queda definido; cuando no

se tiene neutro a tierra al producirse una falla no hay ninguna operación y la reparación puede llevarse bastante tiempo.

### **5.2.2 PARTES CONSTITUTIVAS**

Las partes constitutivas de una subestación compacta, tipo interior son las siguientes y forman un solo gabinete compacto, como se puede ver en los dibujos No.5 y 5 (a).

- a.- Sección de acometida
- b.- Sección de enlace
- c.- Sección de protección del transformador
- d.- Sección del transformador
- e.- Sección del interruptor termomagnético principal

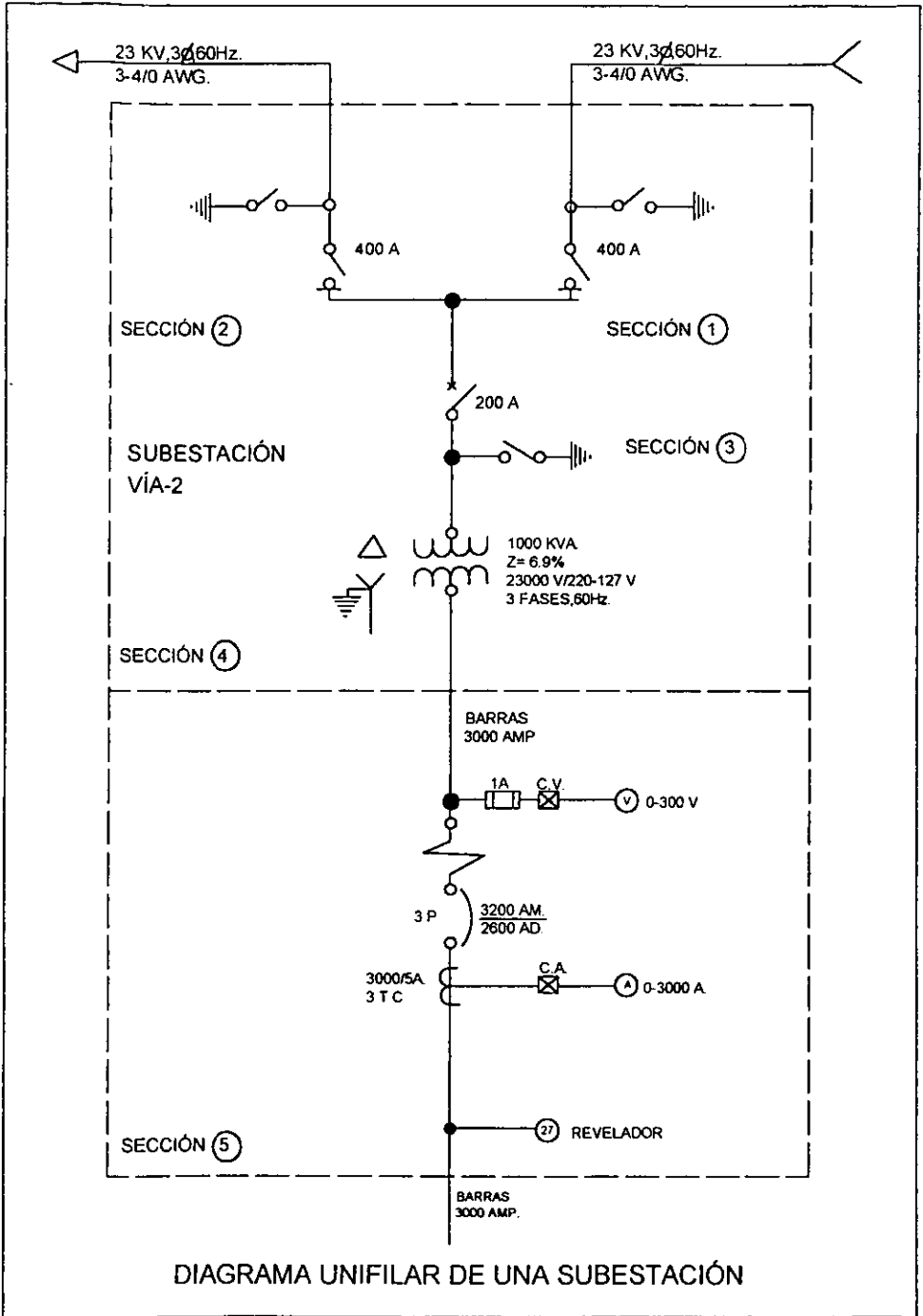
Estas secciones, también tienen accesorios para su funcionamiento, como son los siguientes:

- Sistemas de bloqueos con chapas y llaves
- Bus de potencial
- Bus de tierras
- Detectores de presencia de tensión
- Zapatas y conectores de conexión

### **5.2.3 ACTIVIDADES PARA SU MONTAJE EN CAMPO**

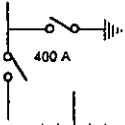
1. - Trazo en piso del lugar de instalación
2. - Fabricación de chasis soporte
3. - Nivelación de chasis soporte
4. - Fijar y soportar el chasis soporte
5. - Montaje sobre chasis de las cinco secciones, de que está compuesta
6. - Ensamble de las cinco secciones, (incluyendo buses de potencial y de tierra)

7. - Adaptación y colocación de soportes para terminales del cable de alta tensión, en seccionadores de acometida y enlace.
8. - Conexión de terminales a los interruptores de sección de acometida y enlace.
9. - Introducir y soportar el transformador.
10. - Conexión con cable seco de la sección tres (protección del transformador) al propio transformador (boquillas de alta tensión) con sus conos de alivio y puntas de lápiz en cada lado.
11. - Conexión del transformador en lado de baja tensión y al interruptor principal.
12. - Conexión del sistema de tierras, de bus y a todas las partes que se deben conectar como, (cuchillas de tierra, gabinetes, neutro del transformador, tanque del transformador, etc.)
13. - Revisión de toda la tornillería y puntos de unión (terminales, buses, interruptores, etc.)
14. - Pruebas a interruptores de potencial y de tierra.
15. - Puesta en servicio (energización)

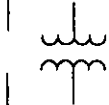


DIBUJO No. 5

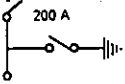
## SIMBOLOGÍA



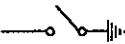
SECCIONADOR TRIPOLAR EN "SF6", 23 KV, 400 A , OPERACIÓN EN GRUPO CON CARGA Y DISPOSITIVO PARA CONEXIÓN DE PUESTA A TIERRA.



TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SERVICIO INTERIOR DE 1000 KVA , 23 KV/220-127 VOLTS, 60 Hz., CONEXIÓN DELTA - ESTRELLA, OPERACIÓN A 2240 M.S.N.M.



DISYUNTOR TRIPOLAR EN "SF6", 23 KV, 200 A., OPERACIÓN EN GRUPO CON CARGA, 12.5 KA DE RMS, Y CON DISPOSITIVO PARA CONEXIÓN DE PUESTA A TIERRA.



DISPOSITIVO INTEGRADO A SECCIONADOR Y/O DISYUNTOR PARA CONEXIÓN DE PUESTA A TIERRA



CONJUNTO DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF6) PARA ALTA TENSIÓN QUE INCLUYE DOS INTERRUPTORES DE LÍNEA Y UN DISYUNTOR PARA PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR



FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE INDICANDO SU CAPACIDAD EN AMPERES.



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE, CON PRECISIÓN PARA MEDICIÓN, INDICANDO CANTIDAD Y RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.



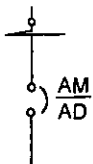
VÓLTMETRO INDICADOR PARA MONTAJE EN TABLERO, ESCALA 0-300 VOLTS.



AMPÉRMETRO INDICADOR PARA MONTAJE EN TABLERO, ESCALA 0-3000 AMPERES



CONMUTADOR DE TRES POSICIONES PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN (VÓLTMETRO Y AMPÉRMETRO)



INTERRUPTOR TRIFÁSICO TIPO ELECTROMAGNÉTICO, 3 POLOS, 3200 A. DE MARCO 2600 A. DE DISPARO, 220 V.C.A., 60 Hz.



RELEVADOR DETECTOR DE PRESENCIA DE TENSIÓN EN B. T.

DIBUJO No. 5(a)

### 5.3 SUBESTACIONES DE VENTILACIÓN

Con el objeto de tener una temperatura adecuada, así como un desalojo rápido de humos en los sistemas del Metro, construidos en la forma de túnel profundo, fue necesario implementar un sistema de ventilación forzada para lograr el objetivo anterior.

Los ventiladores para efectuar el trabajo descrito, pueden funcionar como inyectores o extractores, dependiendo de la adaptación del sistema de ventilación completo. Estos ventiladores son de gran capacidad de movimientos de aire del orden de 75 M<sup>3</sup>/seg., y por lo tanto los motores son de una capacidad de 125 H.P., y debido a que normalmente, se encuentran instalados en las ínter estaciones entre una estación y la siguiente, se hace necesaria la instalación de subestaciones para este servicio, cerca de los mismos.

Dicha subestación es del tipo compacta interior, al igual que las de alumbrado y fuerza, con la diferencia de que es de menores dimensiones, o sea más compacta y cuenta con las siguientes secciones.

- a.- Sección de acometida y enlace de cable de alta tensión a bus
- b.- Sección de protección del transformador
- c. - Sección del transformador
- d.- Sección de interruptor termomagnético principal.

Estas secciones, también tienen accesorios para su funcionamiento, como son los siguientes:

- Sistemas de bloqueos con chapas y llaves
- Bus de potencial
- Bus de tierras
- Detectores de presencia de tensión
- Conectores y zapatillas de conexión
- Aparatos de medición (vóltmetros y ampérmetros)
- Transformadores de corriente tipo dona

## 5.4 SUBESTACIONES DE RECTIFICACIÓN

Una subestación de rectificación (S.R.), está formado básicamente por una unidad de transformación en corriente alterna y de una unidad de rectificación de silicio de alta potencia. El número y localización de las S.R., en una línea están determinados por los siguientes factores:

- a.- Caída de tensión máxima permisible: Es la suma de las caídas de tensión de los cables de la S.R., al nicho, resistividad de la barra guía, etc.
- b.- Longitud de la línea: considerando sus pendientes y radios de curvatura, o sea su trazo.
- c.- Curva de corriente: velocidad y corriente – distancia, resistencia en Ohms/Km., resistencia interna en Ohms de los rectificadores, y el número de trenes con un intervalo mínimo entre estos de 90 segundos.

Con estas consideraciones se encontró que por cada estación se montará una S.R., a una distancia aproximada de 1.2 kms.

### 5.4.1 GENERALIDADES

Para tener una fuente de energía, que nos alimente en forma eficaz y en forma económica la tracción de los trenes para el sistema (Metro) y debido al desarrollo industrial, al estado actual de las reservas de energéticos no renovables y la creciente demanda de energía, se hace necesario utilizarla de la forma más eficaz.

Por su naturaleza y facilidad de manejo la energía eléctrica ha llegado a ser el tipo de energía más empleado para resolver las necesidades de ella, en la mayoría de las utilidades.

Las dos formas principales en que podemos dividir la energía eléctrica, corriente alterna y corriente directa, cada una de las cuáles tienen un campo de aplicación bien definido.

La corriente alterna es la de empleo generalmente más utilizado debido a la mayor simplicidad en el diseño de las máquinas y todos los elementos usados en su operación y control.

La corriente directa o continua, es utilizada en máquinas donde se requiere; mayor par de arranque, mayor control de velocidad y control más sencillo. Los motores de inducción de corriente alterna son menos complejos que los de corriente continua, estos últimos tienen aplicación en grúas, elevadores, montacargas, teleféricos, transportadores, cizallas, punzadoras, prensas, etc. Pero donde son prácticamente insustituibles es en la tracción de transportes o vehículos eléctricos.

Para lograr la alimentación de los motores de corriente directa de los trenes de metro, es necesario cambiar las características de la corriente alterna en cuanto a valor y a la vez rectificarla a una tensión de 750 V.C.D., para obtener lo anterior se instalan las subestaciones de rectificación (S.R.), o puestos de rectificación (P.R.)

Los elementos que constituyen una subestación de rectificación son del tipo desenchufable (draw in type) y deben satisfacer las condiciones siguientes:

- Ínter cambiabilidad mecánica y eléctrica, de los equipos de una S.R., a otra.
- Bastidores con ruedas orientables en dos direcciones perpendiculares, para colocarlo sobre los rieles de las celdas.
- Ganchos para poder jalar en forma horizontal los equipos
- Topes de fin de carrera ajustables, en equipos y celdas para lograr inmovilidad cuando estén en operación.
- Conexiones eléctricas, deberán ser:
  - a.- Conectores para circuitos de potencia y para conexiones a tierra.
  - b.- Clavijas múltiples en circuitos auxiliares (mando y control.
- Los conductores conectados al cátodo y ánodo serán con aislamiento de 1000 volts y deberán identificarse en sus extremos.



## 5.4.2 PARTES CONSTITUTIVAS

Las partes más importantes de que está formado una subestación de rectificación son las siguientes: Según se muestran en los dibujos No. 5(b) y 5(c).

- a.- Acometida
- b.- Celda del disyuntor de alta tensión (D.H.T.)
- c.- Transformador de potencia
- d.- Unidad rectificadora
- e.- Interruptor ultra-rápido (I.U.R.)
- f.- Seccionadores de 8000 A.
- g.- Contactor de seccionamiento (C.S)
- h.- Ventilador centrífugo
- i.- Otros componentes

**TRANSFORMADOR DE POTENCIA.-** El principio de funcionamiento del transformador de potencia, es el mismo en el que se basan todos los transformadores y se define: Como un dispositivo estático que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando constante la frecuencia, variando la tensión y la corriente, bajo el principio de inducción electromagnética, a través de sus circuitos acoplados magnéticamente pero aislados eléctricamente, su función es la de alimentar en forma hexafásica de corriente al rectificador en la tensión de 570 V.C.A., según diagrama No. 5(d) y tabla No. 5(e).

**A.- INSTRUCCIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO.-** El transformador fue construido de acuerdo con la serie de normas C.57.12 del Instituto Americano de Normas Nacionales (A.N.S.I.), y dará un rendimiento de acuerdo al diseño si se hace funcionar de acuerdo con las normas aplicables, las cuales incluyen:

Requerimientos generales para los transformadores de distribución, de potencia y de regulación A.N.S.I., C.57.12.00.

Códigos de pruebas para transformadores de distribución, de potencia y de regulación, A.N.S.I., C.57.12.90.

Guía para el cargado de transformadores de potencia y de distribución, inmersos en aceite: A.N.S.I., apéndice C.57.12.92. (o NEMA TR 98).

Siga los siguientes lineamientos para prevenir daños al transformador y para reducir los peligros del personal.

1.- Si el voltaje aplicado es 5% mayor del voltaje nominal (por ejemplo, 23,546 volts cuando el cambiador de toma está en la posición de 22,425 volts), entonces el amperaje de carga debe ser reducido en 5%. El máximo sobrevoltaje permitido cuando el transformador está conectado a una carga es 5% por encima del valor nominal.

2.- Si el transformador es energizado pero el secundario no está conectado a una carga, el voltaje aplicado no debe exceder en 10% el voltaje nominal (por ejemplo, 24,675 volts cuando el cambiador de toma está en la posición de 22,425 volts ) .

3.- Los transformadores dependen enteramente del aire alrededor para disipar el calor de las pérdidas del transformador. El ambiente no debe exceder los 40° C (140° F), y la temperatura promedio del aire para cualquier periodo de 24 horas no debe exceder los 30° C (86° F). El termómetro debe señalar menos de la suma de la temperatura ambiental máxima y la elevación nominal de temperatura durante el funcionamiento normal. Esto es, la temperatura máxima del líquido superior para un transformador de 55° C., de elevación es 95° C., y para un transformador de 65° C.. de elevación es 105° C. La vida útil del transformador se reducirá si funciona con una mayor temperatura del líquido.

4.- La capacidad de KVA de un transformador puede ser aumentada añadiendo ventiladores para forzar aire sobre los tubos de enfriamiento. La cantidad permitida de aumento en KVA aparece en la placa de identificación del transformador. Es muy importante que todos los transformadores y los controles de los ventiladores estén en condiciones de funcionamiento y reciban el mantenimiento requerido. Si los ventiladores no funcionan, la vida útil del transformador se reducirá y éste puede fallar por recalentamiento.

5.- No conectar una carga, cuando la temperatura sea menor o igual a  $-20^{\circ}\text{C}$  ( $-4^{\circ}\text{F}$ ), el indicador del nivel de líquido indicará "LO" (bajo) o menos. El transformador debe ser energizado y dejar que se caliente (por encima de  $-20^{\circ}\text{C}$ ), antes de conectar la carga eléctrica. El no hacerlo así puede causar una falla eléctrica o el recalentamiento del transformador.

**B.- PREPARACIÓN PARA LA ENERGIZACIÓN.-** Las instrucciones que deben seguirse en la preparación del transformador para la energización son las siguientes. Estas instrucciones proporcionan los requerimientos mínimos para determinar si el transformador está listo para ser puesto en servicio.

1.- **PRUEBA DE LA PRESIÓN.-** Revise la integridad del tanque del transformador introduciendo aire fresco o nitrógeno seco a través de la boquilla para la prueba de presión (ésta puede estar identificada como la válvula para la prueba de aire o la válvula para el muestreo de gas, en el diseño del transformador), hasta que se establezca una presión interna positiva de 3 o 4 lb/pulg<sup>2</sup>. Deje quieto el tanque por una o dos horas, y luego examine el tanque y los acoples, buscando posibles fugas. Una fuga por encima del nivel del líquido puede ser ubicada colocando una solución jabonosa en todas las uniones, los acoples de la tubería y las conexiones de los cables. El transformador debe estar desenergizado cuando se haga la prueba con este método. Cuando se complete la prueba de presión, reduzca la presión interna.

2.- **PRUEBA DEL LÍQUIDO AISLANTE.-** Antes de energizar el transformador se debe probar el líquido, la fuerza dieléctrica del líquido nuevo debe ser de 26 KV., o mayor.

3.- PRUEBA DE AISLAMIENTO.- Para asegurar que no exista contacto a tierra de las bobinas, se debe hacer una prueba con un megóhmetro de 1,000 volts. Los valores de resistencia de aislamiento son los siguientes.

**Resistencia mínima del aislamiento en aceite a 20° C**

CLASE DE VOLTAJE KV	MEGAOHMS
15	410
25	670
34.5	930
46	1240
69	1860

4. – PRUEBA DE LA RELACIÓN.- Se debe hacer una prueba de relación en todas las posiciones de las tomas para asegurar unas relaciones adecuadas del transformador y las conexiones del cambiador de tomas.

5. – PRUEBA DE LA CONTINUIDAD.- Se debe hacer una prueba de la continuidad en todas las bobinas. Si es posible, mida la resistencia de la bobina y compárela con el valor de la prueba en la fábrica. Un aumento de más del 10% puede indicar una conexión interna floja. Utilice un puente de Kelvin o un Wheat - Stone, -no un megóhmetro- para medir la resistencia.

UNIDAD RECTIFICADORA.- Las funciones básicas de esta unidad son las siguientes:

1. - Rectificación de la corriente alterna
2. - Protección del circuito de 750 V.C.D

Las principales características del rectificador son los que a continuación se enumeran:

1. - Es del tipo desenchufable y está montado sobre rodillos, para facilitar su exploración o intervención para sustituir sus partes o su retiro.
2. - Estando desenergizado el bloque rectificador, el acceso deberá ser posible a los diodos y a los fusibles.
3. - Cada diodo y fusible son fácilmente desmontable para su reemplazo rápido.
4. - Su chasis – soporte es rígido para no presentar deformaciones después de su transporte ó mantenimiento.
5. - Todo el equipo eléctrico auxiliar deberá garantizar la fiabilidad y seguridad máxima de funcionamiento continuo o discontinuo.

**FUNCIONAMIENTO DEL GRUPO DE DIODOS Y BOBINA DE EQUILIBRIO.-** La unidad rectificadora está hecha para suministrar una rectificación a través de diodos de silicio de alta potencia de pasos sucesivos, montados en dos puentes trifásicos de onda completa, conectados en paralelo a través de una bobina de equilibrio. El número total de diodos es de 168 y satisfacen las siguientes condiciones:

1. - La corriente por diodo en corto circuito franco, no deberá exceder en tres veces, el valor límite de la corriente media del diodo  $I_{max}$ .
2. - El valor de la corriente media del diodo, en el régimen de 5480 A., no deberá exceder en 0.3 veces, el valor límite de dicha corriente.

En el rectificador la ondulación eficaz, para una corriente de 2000 A., considerando que la forma de onda de la tensión alterna de alimentación, es senoidal, será inferior al 2%.

Las sobrecargas que puede soportar el rectificador son las siguientes.

- a. - Trabajando con una intensidad de 5480 A. Hasta alcanzar el equilibrio térmico. Podrá soportar durante 2 horas, el régimen de fondo de 8220 A., con superposición de 36 picos espaciados, 3 minutos.
- b. - 35 picos de 16,100 A., con duración de 20 segundos

c. - 1 pico de 19,200 A., con duración de 5 segundos situados al final del ciclo de sobrecarga.

En 24 horas, la prueba de sobrecarga podrá ser repetida 2 veces con 8 horas de intervalo, durante la cual la subestación proporcionará 5480 A., la bobina de equilibrio sirve para atenuar el rizo de la corriente rectificada, según lo muestra la gráfica No. 5 (f).

**INTERRUPTOR ULTRA RAPIDO (I.U.R.).-** El interruptor ultra-rápido (I.U.R.) cuyas características son 500 A., 1500 Volts, y cuya función es la de controlar la alimentación de energía eléctrica a la línea. Cuenta con un dispositivo integrador que permite el recierre del mismo tres veces; en caso de una apertura debido a una falla y que ésta persista, transmite la señalización de avería de grupo al puesto central de control (P.C.C), por medio de un hilo piloto.

El I.U.R., tiene los aparatos en liga entre las subestaciones de rectificación de una cierta zona de la línea (una línea está dividida eléctricamente en zonas y estas en secciones) permitiendo que por cada apertura de un I.U.R., se somete bajo tensión durante 2 segundos, una línea de liga con las demás subestaciones de rectificación, provocando la apertura de los I.U.R., de esas subestaciones que alimentan dicha zona. El dispositivo integrador de funcionamiento del I.U.R., de esas subestaciones que alimentan dicha zona. El dispositivo integrador de funcionamiento del I.U.R., que deberá recerrarlo en una ocasión y si una nueva apertura del I.U.R., se produce, deberá transmitir la señal "Incidente en línea" a través de un piloto que llega hasta el P.C.C., este dispositivo está formado por un relevador temporizado y relevadores auxiliares.

La calibración de los I.U.R., es de 3.6 veces la corriente nominal del rectificador la cual es de 5333 A., por lo tanto será 19,200 A., y para tener la seguridad de que el interruptor detectará el corto circuito, se considera un 50% adicional a la corriente de disparo y que será  $I_{cc} = 28\ 800\ A.$

**SECCIONADORES DE 8000 AMPERES.-**Después del I.U.R., existe un seccionador con capacidad de 8000 A., (seccionador positivo) y en los cables de retorno de

corriente de la línea que llegan al grupo rectificador, existe otro seccionador de 8000 A., (seccionador negativo). Estos seccionadores tienen como finalidad el aislar manualmente la subestación de la línea para trabajar en cables o equipos en caso de fallas o mantenimiento y mantener una seguridad de no energización de ellos por mando centralizado desde el P.C.C.

**CONTACTOR DE SECCIONAMIENTO.-** Este interruptor automático se encuentra instalado en las S.R., llamadas en "S" o sea en seccionamiento, ya que también existen S.R., en "T" o sea sin este contactor de seccionamiento. Dentro de las subestaciones de rectificación en "seccionamiento" un contactor de seccionamiento asegurará la continuidad de la corriente de tracción entre las dos secciones adyacentes.

El contactor y su cofre de mando serán montados sobre un carro de conectores, enchufables por simple desplazamiento del aparato sobre un camino de rodamiento.

El contactor es de mando eléctrico, el armario auxiliar que le es asociado será alimentado por dos fuentes eléctricas de 220 Volts, 60 Hz.

**EQUIPO DEL QUE ESTA CONSTITUIDO UN C.S.**

- Una bobina de cierre
- Una bobina de falta de tensión
- Un juego de 6 contactos auxiliares que aseguran las funciones de automaticidad y señalización de posición.
- Los enlaces de circuitos de alimentación y control, con cables flexibles multiconductores y fichas de conectores múltiples a enchufar dentro de las cajas, situadas en las celdas.

**EL CIERRE DEL C.S., PUEDE SER POR:**

- a.- Presencia de tensión de 750 V.C.D., y tensión auxiliar de 220 V.C.A.
- b.- Por mando forzado desde el P.C.C.

LA APERTURA DEL C.S., PUEDE SER POR:

- a. - Excitación de la línea de servicio de una sección por otra sección.
- b. - Por mando forzado desde el P. C.C.
- c. - Por falta de tensión de 220 V.C.A.

**VENTILADOR CENTRÍFUGO.-** Debido a que el rectificador es del tipo interior, el aire contenido en su interior debe renovarse debido a transmisión por convección del calor producido por él. Como dicha transmisión es función de la diferencia de temperatura existente cuanto mayor sea la del aire menos calor cederá el rectificador que llegará por ello a alcanzar una temperatura incompatible con su buen funcionamiento. Es necesario pues renovar el aire, forzando a que circule éste en cantidad necesaria para evacuar el calor producido. Para lograr una buena circulación del aire del ventilador al rectificador, los cambios de dirección son atenuados por una curva suave y las resistencias al movimiento son mínimas incluyendo la resistencia de la presión por lo que el aire circula a la velocidad requerida sin problema alguno.

**OTROS COMPONENTES.-** Con las siguientes instalaciones se completaran las partes constitutivas de una S.R.

- a. - Sistema de tierras
- b. - Pistas de aislamiento
- c. - Cubiertas de la S.R.
- d. - Tableros de control
- e. - Tableros de alumbrado y contactos

**SISTEMA DE TIERRAS.-** Las subestaciones de rectificación están provistos de dos diferentes sistemas de tierras.

- Sistema "No" controlado
- Sistema controlado



SISTEMA "NO" CONTROLADO.- Está formado por una red de cable de 126.7 mm<sup>2</sup>. (250 MCM), de cobre desnudo dispuesto a 1.00 M., por debajo del nivel del piso terminado, conectado a varillas copperweld de 5/8" Ø x 3.05 mts., enclavadas en el piso, con derivaciones de cable 4/0 AWG., y con aislamiento para la conexión a todas las partes metálicas, pistas de rodamiento, estructuras, gabinetes, etc., tales derivaciones son a través de conexiones soldables, del tipo cadweld.

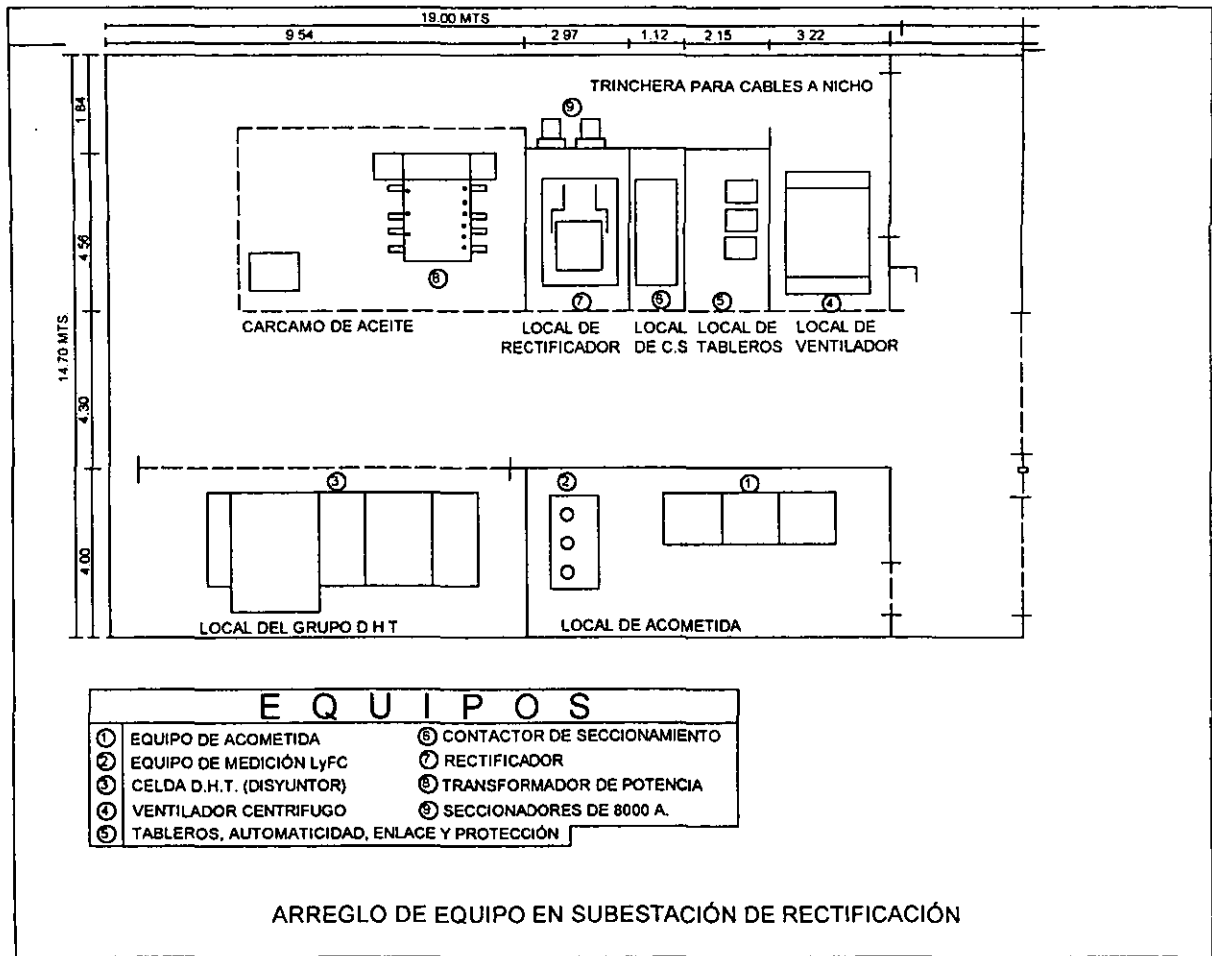
SISTEMA CONTROLADO.- Está constituido por una solera de cobre de 3/4" x 1/8", sobrepuesta en los muros del sótano de la S.R., está controlado por una cuchilla de aislamiento y por un relevador de tierra que hace operar el D.H.T., cuya información es agrupada con las otras averías de la subestación de rectificación que mediante el hilo piloto aparezca en el P.C.C., en forma de avería de grupo.

Este sistema reúne las masas metálicas del transformador, rectificador y contactor de seccionamiento. Estos tres aparatos están montados aislados eléctricamente de la obra civil. Las conexiones se hacen con cable aislado de sección apropiada a la corriente de corto circuito. Este sistema se enlaza al no controlado para seguridad en caso de una falla establecida.

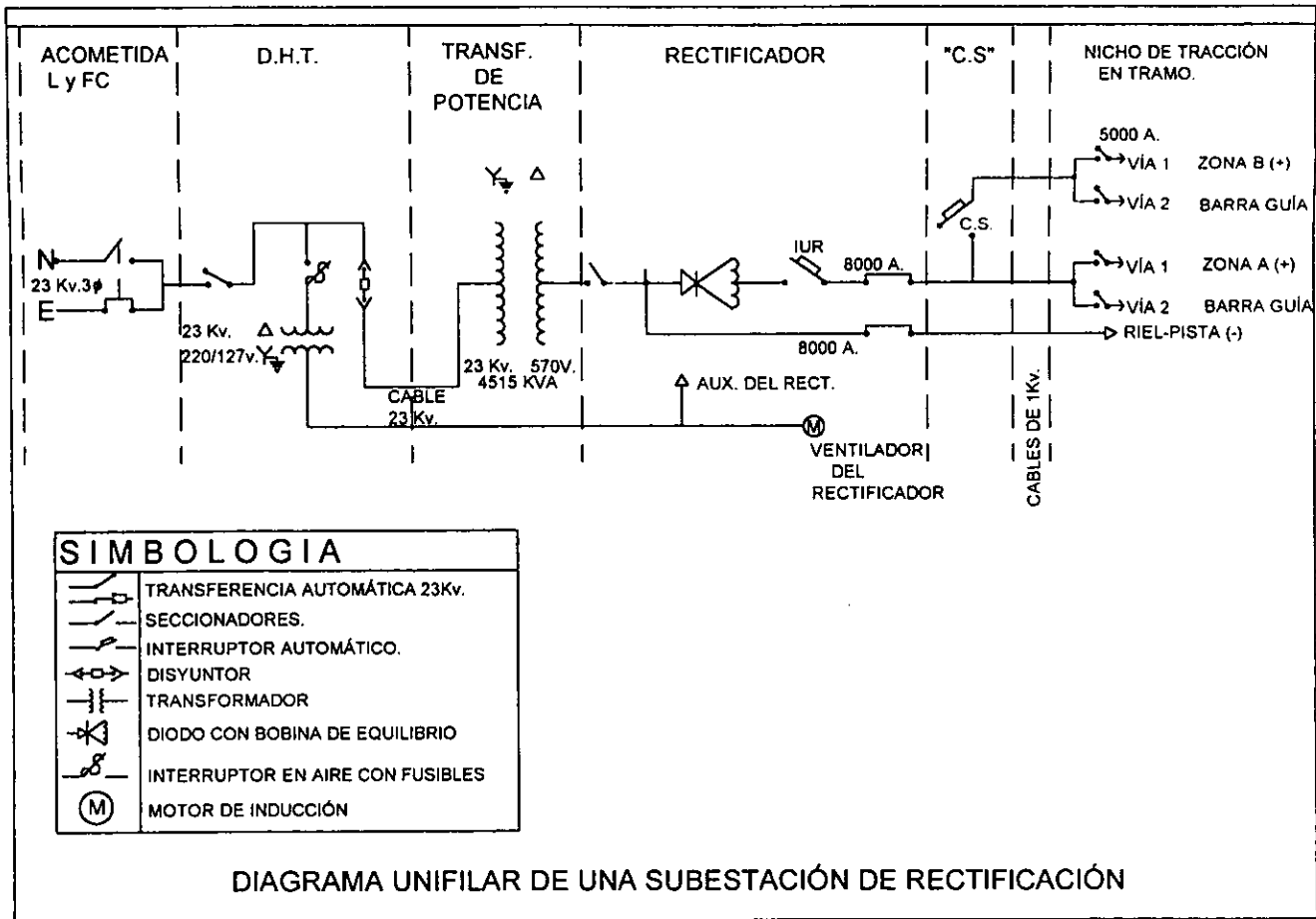
PISTAS DE AISLAMIENTO.- Estas pistas de aislamiento, son caminos de rodamientos metálicos, aislados de la obra civil. Aíslan el transformador, rectificador y contactor de seccionamiento, con el piso directamente, a través de material aislante de 1" de espesor.

CUBIERTAS DE LA S.R.- Son cubiertas metálicas de lámina de acero calibre No. 12 U.S.G., para cubrir y proteger los compartimentos que llevan los equipos, son del tipo NEMA 1 para usos generales y son para el rectificador, contactor de seccionamiento y ventilador.

El transformador de potencia también tiene una jaula de protección a base de malla de alambre, para evitar el contacto de objetos extraños con sus terminales.



DIBUJO No. 5(b)



### SIMBOLOGIA

	TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA 23Kv.
	SECCIONADORES.
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO.
	DISYUNTOR
	TRANSFORMADOR
	DIODO CON BOBINA DE EQUILIBRIO
	INTERRUPTOR EN AIRE CON FUSIBLES
	MOTOR DE INDUCCIÓN

DIAGRAMA UNIFILAR DE UNA SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN

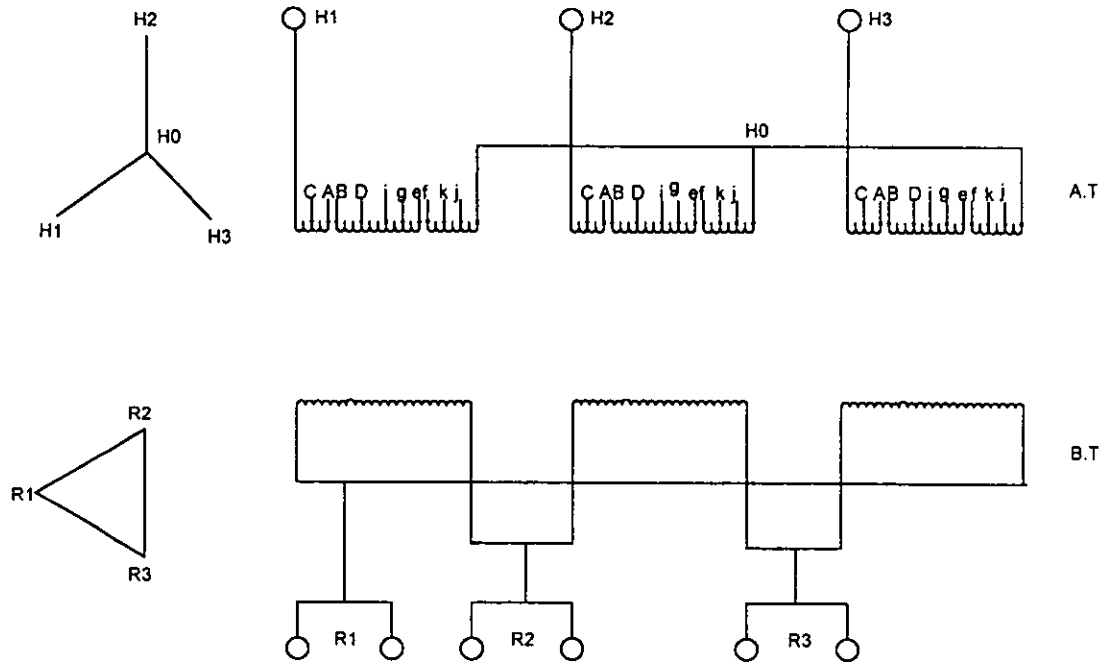
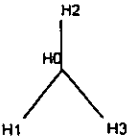



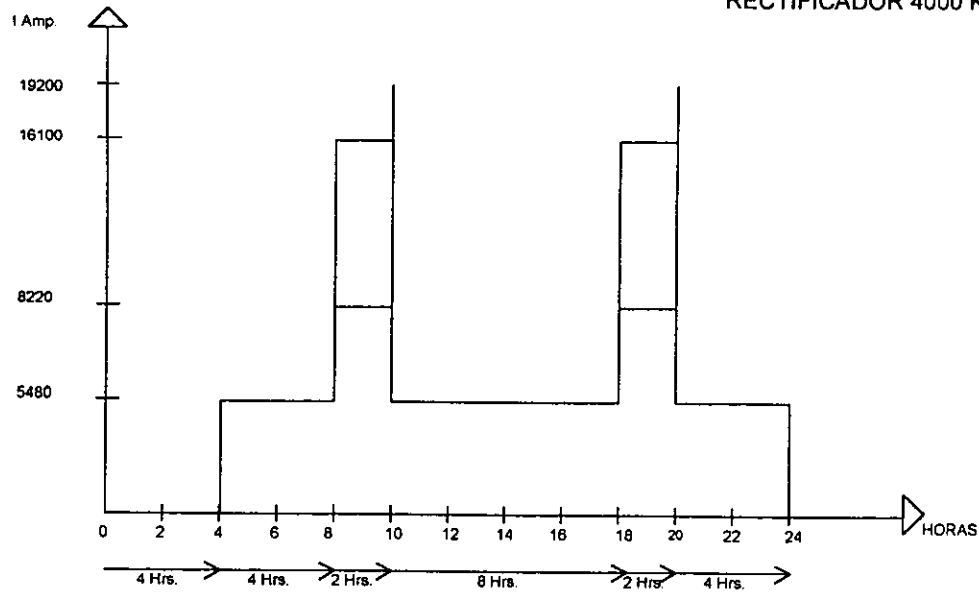
DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE UN P.R.

CONEXIONES						
DEVANADO	VOLTAJE	CORRIENTE A 4515 KVA.	POSICIÓN DE CAMBIADORES		CAMBIADOR I	CAMBIADOR II
			I	II		
ALTA TENSIÓN  	24725.0	105.4	1	1	CONECTA A CON B	e con f
	24437.5	106.7	1	2		f con g
	24150.0	108.0	1	3		g con h
	23862.5	109.2	1	4		h con i
	23575.0	110.6	1	5		i con j
	23287.5	112.0	2	1	CONECTA B CON C	e con f
	23000.0 (0-0)	113.3	2	2		f con g
	22712.5	114.6	2	3		g con h
	22425.0	116.2	2	4		h con i
	22137.5	117.7	2	5		i con j
	21850.0	119.3	3	1	CONECTA C CON D	e con f
	21562.5	120.9	3	2		f con g
	21275.0	122.5	3	3		g con h
	20987.5	124.2	3	4		h con i
	20700.0	126.0	3	5		i con j
BAJA TENSIÓN R1 R2 R3 	570	4573.4				

CONEXIONES EN TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE UN PUESTO DE RECTIFICACIÓN (P.R.)

TABLA No. 5 (e)

RECTIFICADOR 4000 Kw.



INTENSIDAD NOMINAL  $I_n$  5480 A.  
 INTENSIDAD MEDIA EN REGIMEN DE SOBRECARGA-8220 A.  
 INTENSIDAD EFICAZ EN REGIMEN DE SOBRECARGA-9370 A.  
 DURANTE LAS DOS HORAS DE SOBRECARGA  
 CARGA DE FONDO- 8220 A.  
 36 PICOS ESPACIADOS 3 MINUTOS  
 35 PICOS CON DURACION DE 20seg. DE 16100 A.  
 1 PICO CON DURACION DE 5seg. DE 19200 A.

CICLO DE CARGA DE UNA SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN

GRÁFICA No. 5(f)

**TABLEROS DE CONTROL.-** Existe un compartimiento en la S.R., donde se alojan los armarios de automaticidad, enlace y protección. Los cuales tienen las funciones de conectar todos los equipos de la S.R., además es el punto de enlace de la información de señalización y mando centralizado con el P.C.C.

**TABLEROS DE ALUMBRADO Y CONTACTOS.-** Existen dos tableros secundarios (centros de carga), los cuales son para la alimentación de todos los servicios propios de la S.R., su alimentación es proveniente del transformador auxiliar del mismo.

## **5.5 OPERACIÓN NORMAL Y BAJO FALLA**

**OPERACIÓN NORMAL.-** En esta operación todas las subestaciones de alumbrado y fuerza de vía 1 y vía 2, se encuentran alimentadas por un circuito de distribución normal, existente para cada vía, quedando de reserva el circuito emergente.

**OPERACIÓN BAJO FALLA.-** El sistema de alimentación de energía de la red, para las subestaciones de alumbrado y fuerza, tiene un alto grado de confiabilidad, en el diseño del sistema de switcheo y maniobras posibles con interruptores, bloqueos y enlace entre ellos; están previstas las posibles fallas que pueda tener el sistema como las siguientes:

- a. - Falla del cable en cualquier punto del anillo
- b. - Falla en la alimentación del circuito normal
- c. - Falla de una subestación.

**a.- FALLA DEL CABLE EN CUALQUIER PUNTO DEL ANILLO.-** Cuando llega a ocurrir esta falla, dependiendo de la vía de que se trate, se aislará el cable entre las dos subestaciones adyacentes a la falla y cada lado se alimentará por el circuito que le corresponda. Mientras tanto la vía contraria, a la de la falla seguirá operando normalmente, según el principio de funcionamiento y operación.

**b.- FALLA EN LA ALIMENTACIÓN DEL CIRCUITO NORMAL.-** Al ocurrir una falla de alimentación de un circuito normal, ya sea por falta de alimentación o por falla en él

propio equipo. Cuando esto llega a ocurrir es posible llegar a efectuar la alimentación de todas las subestaciones, por medio del circuito normal de la vía contraria, a la de la falla que seguirá operando; esto se logrará haciendo las siguientes maniobras:

Si partimos del hecho, de que cada circuito normal, consta de dos interruptores.

1. - Las subestaciones de vía 1, estarán alimentadas normalmente por el interruptor "1".
2. - Las Subestaciones de vía 2, las alimentaremos normalmente con el interruptor "2".

Se retira la llave "201" de la cuchilla de tierra del interruptor "2" y se traslada a la primera subestación, a la chapa de la cuchilla de potencial y se enclava, con lo que se podrá accionar esta cuchilla se retira de esta misma subestación la llave "2C" con la cuál quedará abierta la cuchilla de tierra correspondiente, se traslada la llave "2C" al equipo de acometida y se enclava, con la cuál se podrá accionar el interruptor "2" antes de energizar se deberá verificar que la subestación adyacente a la acometida que está fallando, la cuchilla de potencial con la chapa "222", se encuentre en posición abierta y a la vez la cuchilla de tierra con la chapa "2 D" se encuentre cerrada, para que esté conectada a tierra como protección.

c.- FALLA DE UNA SUBESTACIÓN.- Al ocurrir una falla en una subestación, será posible aislarla, abriendo las cuchillas de potencial de las dos subestaciones adyacentes por cada lado y el resto quedará operando normalmente.

## **5.6 SISTEMA DE BLOQUEOS**

Todo el conjunto de alimentación y subestaciones adyacentes o laterales, está provisto de un sistema de bloqueos de los cuales la chapa de la cuchilla de potencial de una subestación, estarán enlazadas con la cuchilla de tierra de la subestación adyacente.

Por otro lado, las secciones de una subestación en las cuales sólo es posible hacer maniobras locales, estarán enlazadas con la sección adyacente para poder introducirse al gabinete y para poder hacer maniobras.

Todas las cuchillas de tierra tienen un bloqueo mecánico, funcionando directamente sobre la puerta de la sección de que se trate. Lo anterior para que no sea posible



introducirse en esa sección del gabinete sin que esas cuchillas de tierra se encuentren cerradas, ya que además éstas tienen un bloqueo mecánico con las de potencial de tal forma que mientras unas se encuentran abiertas, las otras necesariamente deberán estar cerradas o viceversa.

En la sección de protección del transformador tiene un bloqueo mecánico enlazado directamente con la puerta de acceso o sea cuando se tiene cerrado el interruptor de potencia y se trate de abrir la puerta, éste se disparará automáticamente

Toda esta serie de bloqueos, es con el fin de darle seguridad al personal encargado de efectuar todas las maniobras, además de dar la mayor protección al equipo en general.

## **5.7 SISTEMA DE TIERRAS**

En cada local donde se alojan las subestaciones se instala una red de tierras, la cual tiene la finalidad de dar seguridad y protección al personal que maniobra con estos equipos y a ellos mismos. Su principal función es drenar las corrientes de corto circuito producidas al ocurrir una falla.

El sistema está constituido básicamente por varillas de tierra copperweld de 15.875 mm., (5/8"), de diámetro por 3.05 mts., de longitud, hincadas en el piso y en la parte superior se coloca un registro de concreto de 25 cms., de diámetro y 1.00 M., de longitud, el cual estará relleno de sal 50% y carbón mineral 50%, además tiene una red perimetral en el local, de cable de cobre desnudo calibre 250 MCM, a una profundidad de 1.90 mts., de piso terminado de local y derivaciones con cable de cobre desnudo calibre 2/0 AWG a todos y cada uno de los gabinetes y secciones de las subestaciones, así como al neutro de transformador y al tanque del transformador.

La forma de efectuar las conexiones será por medio soldables del tipo cadweld entre cable-cable y entre cable-varilla copperweld.

Todo el sistema de tierras anterior, deberá estar enlazado al sistema general de tierras de toda la línea, por medio de dos cables de cobre desnudo calibre 250 MCM, en dos puntos diferentes para cerrar la red.

## 5.8 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS PARA UNA SUBESTACIÓN

Los elementos principales del Sistema de tierras son:

1. - Red o malla de conductores de cobre enterrados a una profundidad necesaria.
2. - Electrodo de tierra tipo copperweld de 15.875 mm. (5/8") de diámetro y 3050 mm. (10') de longitud, conectados a la red de conductores y enterrados a la profundidad necesaria para obtener el valor mínimo de resistencia a tierra.

### OBJETIVOS DEL CÁLCULO DE LA RESISTENCIA EN MALLA DE TIERRAS

1. - Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes a tierra, ya sean debidas a una falla a tierra del sistema, o a la operación de un apartarrayos.
2. - Proporcionar mayor confiabilidad y seguridad al servicio eléctrico.
3. - Evitar que durante la circulación de corrientes de falla a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación (ya sean sobre el piso o con respecto a las partes metálicas puestas a tierra) que puedan ser peligrosas para el personal.

### DETERMINACIÓN DE CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LA RED DE TIERRA.

El calibre del conductor principal de la red, se determina por la magnitud de la corriente y el tiempo de flujo, contemplando la elevación de temperatura máxima permisible, la cual será de 150° C., considerando el uso de conexiones soldables tipo "cadweld" y los siguientes datos:

KVA del transformador-----	300 KVA
Impedancia del transformador-----	5.4 %
KV. primario-----	23 000 V. (23 KV)
KV. secundario-----	220 V. (0.22 KV)

Si tenemos que  $A = 6.96 \times I_{ccr} \sqrt{S}$

Donde:

$A$  = Área del conductor en circular mil (CM)

$\sqrt{S}$  = 0.5 Seg., tiempo de duración de la falla, la que será interrumpida por un interruptor termomagnético de capacidad calculada adecuadamente.

$I_{ccr}$  = corriente de corto circuito de la red.

La corriente de corto circuito máxima que puede circular por la red será:

$$I_{ccr} = I_{sim.} \times F_d \times F_c$$

En la que se considera:

$F_d = 1.25$  Factor de decremento

$F_c = 1.00$  Factor de crecimiento del sistema

Fórmula para la corriente nominal del secundario

$$I_{sec.} = \frac{KVA \text{ transf}}{\sqrt{3 \text{ kv sec}}} = \frac{300 \text{ KVA}}{1.73 (0.22)} = \frac{300 \text{ KVA}}{0.381} = 787.402 \text{ A.}$$

Fórmula para la corriente de corto circuito simétrica

$$I_{ccsim.} = \frac{100}{Z\%} \times I_{sec.} = \frac{100}{5.4} \times 787.402 \text{ A.} = 14,581.52 \text{ A.}$$

De donde la corriente de corto circuito máxima (asimétrica)

$$I_{ccr} = I_{sim.} \times F_d \times F_c = 14,581.52 \times 1.25 \times 1.00 = 18,226.90 \text{ A.}$$

Para el calibre del conductor de la red.

$$A = 6.96 \times I_{ccr} \sqrt{S}$$

$$A = 6.96 \times 18,226.90 \sqrt{0.5} = 89,703.01 \text{ CM} = 89.703 \text{ KCM}$$

$$A = \frac{\text{CM}}{1,973.52} = \frac{89,703.01}{1,973.52} = 45.453 \text{ mm}^2.$$

Área que corresponde a un conductor calibre 1/0 AWG, que tiene 53.50 mm<sup>2</sup>, y una resistencia mecánica de 1447 kgs., sin embargo, por razones de resistencia térmica y mecánica se utilizarán conductores calibre 250 MCM para la malla principal y 2/0 AWG para las derivaciones, el cable 250 MCM tiene un área de la sección transversal de 126.7 mm<sup>2</sup>, y una resistencia mecánica de 3429 kgs., con lo que tendremos un factor de seguridad de 126.7 mm<sup>2</sup>/53.50 mm<sup>2</sup>= 2.37, por si el corto circuito tuviera una duración mayor debido a que el tiempo de respuesta de los sistemas de protección se prolongan.

#### DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE VARILLAS.

Las varillas deberán instalarse donde los potenciales son mayores (esquinas de la red), para completar la longitud mínima de la red y para reducir la resistividad del terreno.

El número de varillas se determina en función del área, para asegurar una resistencia del grupo igual a 10 Ohms o menor.

La resistividad del terreno se considera en 100 Ohms-Metro.

Dimensiones del local, largo = 15.5 M. y ancho = 5.60 M.

$$\text{De donde } A = 15.5 \times 5.60 = 86.8 \text{ M}^2$$

La resistencia de una varilla se calcula mediante la expresión siguiente, con base a la resistividad del terreno y de las características del electrodo.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} (\log \frac{4L}{a} - 1)$$

En donde:

$\rho$  = Resistividad del terreno, en Ohms/cm<sup>3</sup>

L= Longitud del electrodo en cm.

A= Radio del electrodo en cm.

$$R = \frac{10\,000}{2 \times 3.1416 \times 305} (\text{Log } \frac{4 \times 305}{0.8} - 1)$$

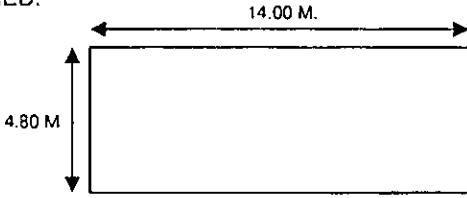
$$= \frac{10\,000}{1\,916.38} (\text{Log } 1525 - 1)$$

$$= 5.218 \times 6.33 = 33 \text{ Ohms}$$

La relación de resistencia de una varilla deseada del grupo de varillas será.

$$\frac{R_v}{R_m} = \frac{33}{10} = 3.3 \quad \text{de donde} \quad = 4 \text{ Pzas.}$$

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A TIERRA CONSIDERANDO LA SIGUIENTE RED.



De donde la longitud total de los conductores del sistema de tierras, incluyendo varillas de tierra será.

$$\begin{aligned} \text{Largo} &= 14 \text{ M} \times 2 = 28.00 \text{ M.} \\ \text{Ancho} &= 4.8 \text{ M} \times 2 = 9.60 \text{ M.} \\ \text{Varillas} &= 3.05 \text{ M} \times 4 = \underline{12.20 \text{ M.}} \\ \text{Total} &= 49.80 \text{ M.} \end{aligned}$$

La resistencia a tierra del cable que forma la malla, está dada por la fórmula:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad \text{según Laurent y Nieman}$$

donde.

$r$  = Radio en metros de una placa circular equivalente, cuya área es la misma que la ocupada por la malla real de tierra.

$L$  = Longitud total de conductores enterrados en metros.

$\rho$  = Resistividad eléctrica del terreno en Ohms – Metro.

$Ar = i \times a$  donde:

$Ar$  = Superficie rectangular de la red.

$a$  = Ancho

El área o superficie de un círculo es:

$$A_c = \pi r^2 \text{ e igualando}$$

$$A_r = A_c \text{ de donde } l \times a = \pi r^2$$

Despejando  $r$  tenemos  $r^2 = l \times a / \pi$

$$r = \sqrt{\frac{l \times a}{\pi}}$$

Aplicando la fórmula anterior a los datos que tenemos.

$$l \times a = 15.5 \text{ M} \times 5.60 \text{ M} = 86.8 \text{ M}^2$$

De donde:

$$r = \sqrt{\frac{86.8 \text{ M}^2}{3.1416}} = 5.256 \text{ M}$$

Para el cálculo de la resistencia a tierra del cable que forma la malla, aplicamos.

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

si tenemos que:

$$\rho = 100 \text{ Ohms} - \text{M.}$$

$$r = 5.256 \text{ M.}$$

$$L = 49.80 \text{ M.}$$

## **CAPÍTULO VI**

### **INSTALACIÓN DE TABLEROS**

#### **6.1 TABLEROS PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN**

Ya transformado el voltaje del sistema de alta tensión en las subestaciones de alumbrado y fuerza, se hace necesaria la instalación de equipos de control, protección y operación, de los circuitos principales; tales equipos son los denominados tableros de distribución.

En cada estación del Metro, como ya se dijo anteriormente existen dos subestaciones y para cada una de ellas se instala un tablero de distribución, para la vía 1, el tablero de distribución "A" y para la vía 2, el tablero de distribución "B", normalmente se encuentran instalados en el mismo local donde se aloja cada subestación.

Estos tableros varían en cuanto a su capacidad de acuerdo al tipo de estación, siendo normalmente de 800 a 1200 A., operan en un sistema trifásico de 220/127 V.C.A; con el neutro del transformador conectado sólidamente a tierra y 60 Hz., sus funciones básicas son: Alimentar al tablero "P", los tableros secundarios y los motores para (Escaleras eléctricas y ventilación).

##### **6.1.1 ACTIVIDADES PARA SU INSTALACIÓN**

1. - Trazo en piso del lugar de instalación
2. - Barrenar en piso para soportarlo
3. - Nivelación y fijación
4. - Efectuar arreglos con barras de cobre para la conexión de circuitos derivados.
5. - Revisión de interruptores en conexión a buses.
6. - Arreglo de cables de circuitos alimentadores y derivados.



7. - Conexión de todos los cables
8. - Aterrizaje de tablero
9. - Revisión de secuencia de fases (llegada y salida)
10. - Identificaciones con cinta de colores, letras y números marcadores
11. - Revisión general de todos los puntos de conexión
12. - Pruebas y energización.

## **6.2 TABLERO PREFERENCIAL**

Este tablero preferencial también corresponde al tipo de tableros de distribución, solamente que para alimentar servicios o cargas donde por ningún motivo se puede prescindir de la alimentación como son: Motores de aparato de vía, equipos de tracción, equipos de control de señalización, pilotaje automático, telefonía, motores de cárcamos y torniquetes, en general donde se requiere mayor confiabilidad.

Para lograr lo anterior, este tablero está equipado con una transferencia automática y varios accesorios adicionales. Está alimentado de la subestación de vía 1, por el tablero "A", el cual actuará como fuente normal, la fuente emergente será la alimentación del tablero "B", de la subestación de vía 2.

También se le llama tablero "P", está construido básicamente con las mismas características descritas en el punto de tableros de distribución. Normalmente se encuentra alojado en el mismo local donde se encuentra el tablero de distribución "A". Funciona normalmente con las dos alimentaciones de las subestaciones a través de los tableros "A" y "B", sistema trifásico, 4 hilos, 220 V.C.A., 60 Hz., deberá cambiar automáticamente la carga de una fuente a la otra para asegurar la continuidad del servicio. Su capacidad es de 400 A.

## 6.2.1 PARTES CONSTITUTIVAS

Las principales partes constitutivas de la Unidad de Transferencia Automática son:

- a.- Interruptores en aire tipo caja moldeada, sin unidades de disparo térmica ni magnética, ni bobina de no-voltaje.
- b.- Motor universal de energía almacenada para accionamiento.
- c.- Interlocks mecánico y eléctrico
- d.- Palanca de accionamiento manual
- e.- Accesorios para control.

### ACCESORIOS DE CONTROL:

- 1. - Relevador de tiempo de acción instantánea para asegurar la transferencia y Retransferencia en un tiempo menor de 1.5 segundos, lo óptimo son 300 milisegundos.
- 2. - Selector de dos posiciones para el cambio de transferencia Vía 1 – Vía 2.
- 3. - Relevadores sensitivos de voltaje trifásico (no ajustable) Pick-up, calibrados al 90% de la tensión nominal Drop-up calibrado al 70% de la tensión nominal (27-N, 27-E).
- 4. - Selector de dos posiciones manual-automático.
- 5. - Botón de prueba.
- 6. - Relevador trifásico de B-T (27) conectado al equipo de transferencia para señal de alarma, por medio de cuatro contactos secos: 2 NA y 2 NC, por ausencia de tensión en ambas alimentaciones.
- 7. - Tablilla de conexiones, para conectar todas las terminales del sistema.

## 6.3 GABINETES "G" PARA ALOJAR TABLEROS SECUNDARIOS

Son gabinetes auto soportados, usados para alojar tableros secundarios, (centros de carga) para la distribución de energía eléctrica para alumbrado y contactos en las estaciones del Metro y en ocasiones se tienen alimentaciones de corriente directa, como son los tableros "E1 y E2", para emergencia.

En todas las subestaciones se tienen cinco Gabinetes "G", 3 para la subestación de Vía 1 y 2 para la subestación de Vía 2. En ocasiones se tienen variaciones en cuanto a ubicación de estos gabinetes, porque se instalan en locales designados como cuarto de tableros.

### **6.3.1 CONSTRUCCIÓN DE GABINETE "G"**

Está construido de lámina de acero estirada en frío y estructura metálica, formando un conjunto rígido y auto soportado de frente muerto. La construcción será NEMA 1, en lámina calibre No. 14 USG. (1.9 mm) como mínimo.

El gabinete tendrá preparaciones para la entrada y salida de cables por la parte superior e inferior. Los cables alimentadores entrarán por la parte inferior del tablero.

En la parte interior del gabinete tiene preparaciones para alojar interruptores y contactores para los tableros. En ocasiones es necesario reducir los calibres de los conductores, ya que los interruptores de los tableros aceptan conductores hasta calibre 8 AWG; lo anterior se hace por medio de tablillas terminales que se colocan también en la parte interna del gabinete.

### **6.4 TABLEROS SECUNDARIOS**

Los tableros secundarios o centros de carga, son los que por medio de los interruptores termomagnéticos que alojan, alimentan directamente a las cargas para todos y cada uno de los servicios del Metro.

Podrán ser del servicio normal, preferencial o de emergencia. Los del servicio normal, serán los que se encuentran alimentados por el tablero "A" o por el tablero "B", de la subestación de vía 1 y vía 2, respectivamente; alimentan lámparas y contactos en las estaciones e inter estaciones, son los tableros llamados "D", "D1" "D2" y "C", alimentados por el tablero "A" y por el tablero "B", los llamados "W", "W1", "W2" y "X".

Para el servicio preferencial que alimentan lámparas de ruptores, motores de cárcamos, motores de aparatos de vía, equipos de tracción, etc., se tienen los tableros denominados "M", "Y", "F" y "N", los cuales se alimentan del tablero preferencial "P". Para el servicio de emergencia se tienen los tableros "E1" y "E2", los cuales básicamente alimentan al alumbrado de emergencia y funcionan con corriente directa, que es alimentada por el tablero "J". (Cargador de Baterías).

#### **6.4.1.- CARACTERÍSTICAS**

Las principales características de los tableros secundarios son las que a continuación se mencionan:

1. - Son de servicio interior NEMA 1, tipo EMPOTRAR; fabricados con lámina bonderizada y acabado con esmalte color gris perla ANSI 161.
2. - Tienen preparaciones para recibir interruptores derivados termomagnéticos en caja moldeada de 1,2 y 3 polos del tipo atornillado, para protección y control de circuitos derivados de alumbrado y contactos.
3. - Pueden ser del tipo de zapatas principales o de interruptor principal, en ambos casos trabajarán a 220 V.C.A., 60 Hz., sistema de 3 fases, 4 hilos
4. - Pueden ser de 12 hasta 54 circuitos derivados.
5. - Las barras son de cobre para una capacidad que pueden ir de 100 hasta 225 A., soportados para que resistan esfuerzos de corto circuito de 10,000 amperes RMC simétricos, 220 volts, 60 Hz.
6. - Los interruptores termomagnéticos instalados, son en caja moldeada, de apertura y cierre rápido, con reposición automática, de 1, 2 y 3 polos, capacidad interruptiva no menor de 10,000 amperes RMC simétricos, 240 V.C.A., tipo de montaje atornillado.

## 6.4.2 INSTALACIÓN

Normalmente se alojarán en gabinetes auto soportados "G", que van instalados en los propios locales de las subestaciones. En estaciones del tipo superficial se construyen locales para emplearse como cuarto de tableros donde se instalarán los gabinetes "G" y por lo tanto los tableros secundarios.

En ocasiones se instalan directamente sobrepuestos en muro, en forma independiente y para servicios especiales.

Cada tablero deberá ir identificado en su tapa, así como todos y cada uno de los circuitos derivados a la salida de los interruptores termomagnéticos con letras que corresponderá al tablero y un número para el circuito. Lo anterior será con el objeto de facilitar la corrección de fallas en los circuitos y al momento de dar mantenimiento, facilitar la identificación de cada circuito.

## CAPÍTULO VII

### INSTALACIÓN DE ALUMBRADO Y FUERZA

#### 7.1 ALUMBRADO NORMAL

Los luminarios, para el alumbrado normal de las estaciones, inter estaciones y naves de depósito son alimentados con corriente alterna.

Los luminarios fluorescentes, estarán compuestos de los siguientes elementos:

- a).- GABINETES.- Todos los gabinetes deberán estar constituidos de lamina de acero rolada en frío calibre No. 22 como mínimo, excepto donde se indique lo contrario, el acabado será con esmalte de alta calidad color blanco brillante.
- b).- BALASTROS.- Serán de fabricación nacional de alta calidad las cuales deberán cumplir con las condiciones de servicio y características siguientes:
- Balastro para uno y dos tubos fluorescentes Slimline ahorradoras de energía de 30 y 60 watts.
  - Balastro de alta eficiencia ahorradora de energía.
  - Balastro de operación silenciosa, libre de vibraciones.
  - Balastro para servicio continuo (24 horas) sin sobrecalentamiento excesivo de acuerdo a las normas indicadas.

- Balastro con protección térmica (de acuerdo a lo indicado en la norma NOM-001-SEDE- 1999).
- La balastro deberá aterrizar al gabinete de la luminaria.

c).- PORTALÁMPARAS.- Deberán reunir los requisitos de calidad de las normas indicadas y deberán usarse las de mejor calidad que se fabriquen en el país, del tipo telescópico.

d).- LÁMPARAS.- Todas deberán ser del tipo Slimline (arranque instantáneo) de 30 y 60 watts, según se requiera, el color deberá ser blanco frío.

e).- ALAMBRADO.- Las luminarias deberán ser suministradas totalmente alambradas (como mínimo 10 cms., entre conexiones de accesorios, para evitar posibles esfuerzos mecánicos) con uniones mecánicas y eléctricamente adecuadas.

f).- DIFUSORES.- Para las luminarias del tipo empotrar, deberán de ser de la MAYOR calidad que se fabriquen en el País y cumplir con las Normas correspondientes.

g).- REFLECTOR Para las luminarias con reflector óptico, deberán basarse en las especificaciones, las que no lleven este tipo de reflector, deberán ser del material adecuado para proporcionar una máxima reflexión lumínica.

Los luminarios de alta intensidad de descarga (HID) de vapor de sodio alta presión y aditivos metálicos, tendrán las siguientes características.

Los Luminarios con lámpara de vapor de sodio alta presión, podrán ser de 150, 250, 400 o 1000 watts a 220 V.C.A., 60 Hz., fosforada, curva extensiva, con cubierta decorativa, balastro autorregulable de alto factor de potencia.

Los luminarios con lámpara de aditivos metálicos, podrán ser, de 175, 250, 400 o 1000 watts a 220 V.C.A., 60 Hz., fosforada, curva extensiva o concentrada con cubierta decorativa, balastro autorregulable de alto factor de potencia.

Para ambos casos podrán ser, para uso interior o intemperie.

**PARA USO INTERIOR.-** Serán fabricados con armadura de aluminio fundido, del tipo reflector industrial abierto, tratado mediante productos químicos para eliminar huellas de grasa, así como una película de fosfato de hierro para evitar la prematura oxidación y aumentar el anclaje de la pintura; pintado con resina poliéster en polvo, aplicado mediante proceso electrostático y secado al horno, la adherencia de la pintura deberá cumplir con la norma DIN-53151, con reflector de cristal prismático endural termo-resistente de alta eficiencia y baja brillantez. Provisto con una cubierta metálica sellada que sirve como soporte mecánico y abierta en su parte superior, el mismo deberá contar con una película antirreflejante, con cubierta decorativa cilíndrica de lámina de hierro. La depreciación del luminario en condiciones críticas no deberá de ser mayor en 13% considerando un período de 12 meses.

**PARA USO INTEMPERIE.-** Serán fabricados con refractor de cristal prismático borosilicato de curva de distribución asimétrica y armadura de fundición de aluminio esmaltada con pintura acrílica en polvo, aplicada mediante proceso electrostático y secado al horno, tipo arbotante para sobreponer en muro o poste.



## CONDICIONES DE SERVICIO

- Temperatura ambiente máxima ----- 40°C
- Temperatura ambiente mínima ----- -4°C
- Temperatura ambiente promedio ----- 30°C
- Presión barométrica ----- 585 MM de HG
- Humedad relativa ----- 30%
- Altitud ----- 2,240 MSNM.
- Precipitación pluvial (promedio/año) ----- 1,500 MM.
- Sismicidad ----- Según reglamento vigente de construcciones para el Distrito Federal zona III y estructura tipo "A"
- Calidad del aire- ----- Contaminado, con partículas en suspensión de 0.10 a 20 micras, con contaminantes hasta 300 IMECAS, según norma vigente de la ciudad de México: Ozono, monóxido de carbono, óxido de azufre y óxido de nitrógeno.

Las unidades de iluminación deberán estar diseñadas para operar en servicio continuo (24 horas) e instalarse en interiores o exteriores según sea el caso.

## SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

- Corriente alterna (C.A.)
- Tensión: 220/127 ± 10% volts según sea el caso.
- Frecuencia: 60 Hz. ± 1 Hz.

## NORMAS

El diseño, materiales empleados, proceso de fabricación, pruebas de control de calidad y entrega, se deberán apegar a las normas nacionales e internacionales vigentes a la fecha que para ellas rijan.

- NEC ----- NATIONAL ELECTRICAL CODE
  
- ASTM ----- AMERICAN SOCIETY OF TEST MATERIALS.
- NEMA ----- NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURES ASSOCIATION.
  
- NTIE ----- NORMAS TÉCNICAS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.
  
- DGN ----- DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS
  
- NOM-001-SEDE-1999 ---- NORMA OFICIAL MEXICANA RELATIVA A LAS INSTALACIONES DESTINADAS AL SUMINISTRO Y USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

### 7.1.1 PARA ESTACIONES

Generalmente en las estaciones construidas del tipo superficial y elevado, predominan los luminarios tipo fluorescente, se colocan de acuerdo al proyecto ejecutivo ya existente para cada una de las áreas, como son: Andenes, pasarelas, pasillos de correspondencia, vestíbulos, área de accesos, zonas de servicio (taquillas, subestaciones, jefe de estación, cuarto de tableros, primeros auxilios, etc.).

Para las estaciones construidas del tipo túnel profundo y cajón bajo nivel de piso, existe una combinación entre las unidades de iluminación siguientes:

1. - Unidades de iluminación fluorescentes.
  - a.- Con dos tubos de 30 ó 60 watts.
  - b.- Con tubo de 30 ó 60 watts.
2. - Unidades de iluminación con lámpara de vapor de sodio alta presión (V.S.A.P.).
3. - Unidades de iluminación con lámpara de aditivos metálicos.

Se instalan de acuerdo a proyecto y especificaciones ya existentes, para cada una de las áreas, ya autorizados por la D.G.C.O.S.T.C.

### **7.1.2 PARA INTERESTACIONES**

Para el alumbrado normal en interestaciones, se realiza con unidades de iluminación con una lámpara fluorescente de 30 watts, colocados a una distancia de 30 mts., cada una, por cada vía, traslapados por ambas vías, de tal manera que encontramos una lámpara a cada 15 mts., al caminar por el tramo, el mínimo necesario.

Sin embargo en la zona de aparatos (cambios de vía), el alumbrado debe ser el óptimo, colocando unidades de iluminación con dos lámparas fluorescentes de 30 watts, con una separación de solamente 2.00 mts., de distancia una de la otra y cubriendo toda la zona del aparato (cambio de vía).

En algunas inter estaciones, también se utilizan unidades de iluminación con lámpara de vapor de sodio alta presión (V.S.A.P.), normalmente se utilizan en las inter estaciones, construidas del tipo cajón bajo nivel de piso y superficial o sea en la transición de un tipo de construcción a otra, para evitar cualquier problema con la visibilidad de los conductores.

Se instalan de acuerdo a proyecto y especificaciones ya existentes, para cada una de las áreas, ya autorizados por la D.G.C.O.S.T.C.

### **7.1.3 PARA NAVE DE DEPOSITO**

Características de las dos zonas principales.

a.- Fosas de revisión

b.- Nave de depósito

a.- FOSAS DE REVISIÓN.- Para este caso, tenemos unidades de iluminación con una lámpara fluorescente de 30 watts, colocadas a una distancia de 4.0 mts., cada una, por cada lado, traslapados por ambos lados, de tal manera que encontramos una unidad de iluminación a cada 2.0 mts., al caminar por la fosa de revisión, para la revisión adecuada de los motores y para el mantenimiento de cada uno de los trenes.

b.- NAVE DE DEPOSITO.- Para este caso, tenemos que el alumbrado general de esta zona, se lleva a cabo con unidades de iluminación con lámpara de vapor de sodio alta presión (V.S.A.P.) de 150 watts, colocadas y distribuidas según proyecto, para mantener bien iluminada el área de trabajo y así facilitar el mantenimiento de cada uno de los trenes.

### **7.2 ALUMBRADO PREFERENCIAL**

Se utiliza generalmente en las inter estaciones, donde iluminan los ruptores de emergencia, que por ningún motivo pueden prescindir de esta iluminación y tienen la característica principal, de que el tubo fluorescente de 30 watts que utilizan estas unidades de iluminación es de color azul, para facilitar su ubicación.

Estas unidades de iluminación fluorescentes están alimentadas por los tableros "M" o "N" según la vía de que se trate, vía 1 ó vía 2 respectivamente, los cuales se alimentan del tablero preferencial "P".

### 7.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

En el sistema del Metro, al igual que en otras instalaciones y sistemas, es necesario considerar la seguridad de los usuarios como un factor determinante.

En las instalaciones del Metro, toda la iluminación normal de las estaciones e inter estaciones son alimentadas con corriente alterna. Cuando falla dicha alimentación de C.A., es necesario disponer de alguna fuente de energía de emergencia, para alimentar este servicio. Este alumbrado, deberá ser el óptimo para hacer el desalojo de los usuarios, en caso de ser necesario sin riesgos de atropellamiento por falta de visión.

Para lograr lo anterior se han utilizado los dos sistemas siguientes:

a.- Tablero "J" (cargador y banco de baterías)

b.- Fuente autónoma de emergencia

El primer sistema fue el utilizado en las líneas 1,2,3,4 y 5. En el cuál es necesario tener la alimentación de los circuitos derivados, por tuberías y cableado únicamente para este servicio, ya que funcionan a 125 V.C.D., las luminarias utilizadas inicialmente en estos sistemas son del tipo compuestas o sea tienen su balastro para la corriente alterna con sus tubos fluorescentes y además un balastro electrónico en estado sólido de 125 V.C.D., con su tubo fluorescente de 15 watts, color blanco frío, para el servicio de emergencia y solamente separados por una cubierta de lámina.

Para las últimas líneas, que se han puesto en operación, se han utilizado para el servicio de emergencia; las fuentes autónomas de emergencia, las cuáles solo se adaptan, con algunas conexiones al mismo gabinete de la luminaria de alumbrado normal sin hacer instalaciones adicionales.

Para el primer caso, el cargador está diseñado para cargar baterías alcalinas del tipo Níquel-Cadmio con un total de 92 celdas a un régimen de 1.41 volts, por celda y a

50 A., de salida nominal. El mismo diseño le permite también cargar baterías de plomo-ácido.

#### **7.4 FUENTE AUTÓNOMA DE EMERGENCIA**

La fuente autónoma de emergencia (FAE), está diseñada para mantener encendida una lámpara fluorescente, en caso de falla de la corriente alterna que alimenta el alumbrado normal.

El tipo de lámparas fluorescentes que pueden ser alimentadas por una FAE, es una pieza de 30 a 40 watts o dos piezas de 17 a 20 watts.

Para la recarga utiliza dos baterías, las cuales al regresar la alimentación de C.A., se recargan nuevamente para estar listas en caso de otra falla. Para facilitar su conexión y desconexión, se conectan a través de conectadores rápidos.

Las FAE, tienen las siguientes características:

- a.- Eléctricas
- b.- Mecánicas

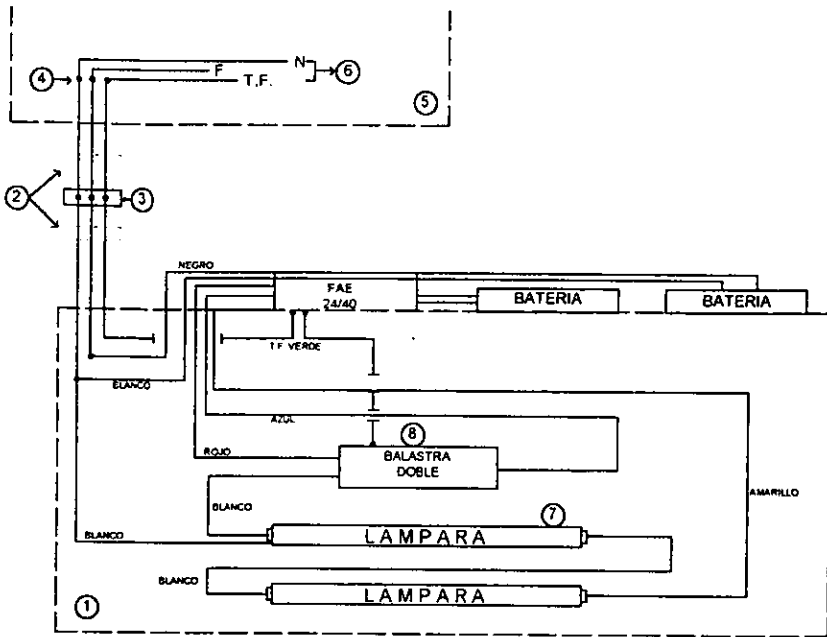
##### **a.- ELÉCTRICAS**

- 1.- Alimentación a 127 V.C.A., 60 Hz.
2. - De respaldo tiene dos baterías de 12 volts, 6.5 A./Hora
3. - Interruptor de transferencia electromecánico
4. - Tiempo de transferencia 20 Mseg.
5. - Tiempo de reserva 90 minutos
6. - Intensidad luminosa 100%  $\pm$  5%

## b.- MECÁNICAS

1. - Dimensión de gabinete de FAE, largo 377 mm. , ancho 89 mm., y alto 70 mm.
2. - Dimensión de gabinete de baterías, largo 347 mm. , ancho 97 mm., y alto 68 mm.
3. - Peso del gabinete de FAE 2.3 kgs.
4. - Peso del gabinete de baterías 5.4 kgs.

Cuando se instala el dispositivo con sus baterías en el interior de una luminaria se debe respetar la secuencia del balastro, FAE y baterías, para evitar calentamientos de las baterías y de la FAE. Estos equipos deben estar unidos adecuadamente al luminario para proporcionar una buena disipación térmica y el luminario deberá tener las ranuras suficientes para evitar una elevación de temperatura dentro del luminario mayor a los 40° C., algunas conexiones se pueden observar en los diagramas No. 7 y 7 (a).

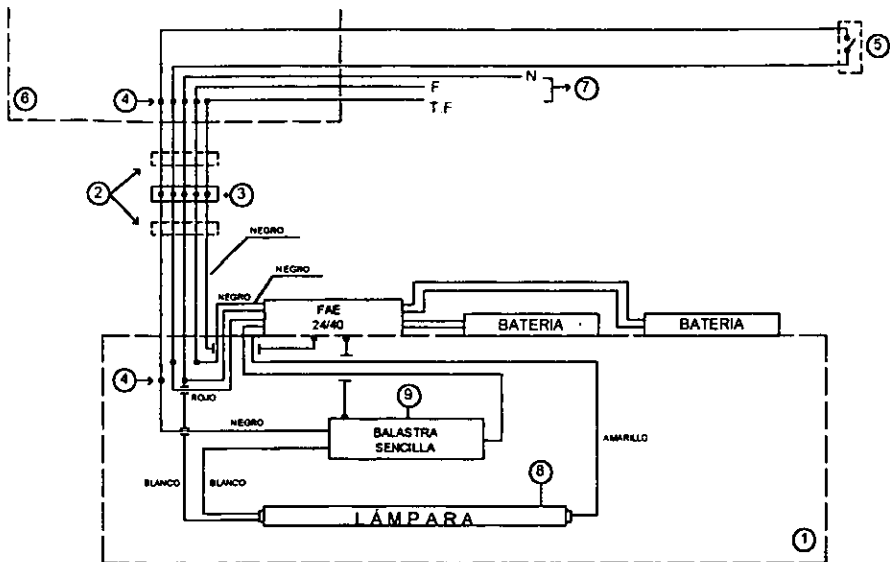


- ① GABINETE PARA SEÑAL DE EMERGENCIA
- ② CABLE USO RUDO 1-3X16 AWG
- ③ CONECTOR DE 3 POSICIONES
- ④ CONEXIONES
- ⑤ CAJA DE CONEXIONES
- ⑥ ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA 127 V.C.A Y TIERRA FÍSICA (T.F.)
- ⑦ LÁMPARA
- ⑧ BALASTRA

GABINETE PARA SEÑAL DE EMERGENCIA  
(LINTERNILLA)  
EQUIPADA CON "FAE" Y DOS SLIMLINE DE 20 WATTS C/U

DIAGRAMA No. 7





- ① TIPO DE GABINETE
- ② CABLE USO RUDO 1-3X16 AWG
- ③ CONECTOR DE 5 POSICIONES
- ④ CONEXIONES
- ⑤ APAGADOR SENCILLO
- ⑥ CAJA DE CONEXIONES
- ⑦ ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA 127 V.C.A Y TIERRA FÍSICA (T.F.)
- ⑧ LÁMPARA
- ⑨ BALASTRA

UNIDAD DE ILUMINACIÓN TIPO "H15 o H5"  
EQUIPADA CON "FAE" (CON APAGADOR)

DIAGRAMA No. 7(a)

## 7.5 MÓDULO DE CONTROL DE ALUMBRADO

En el local de jefe de estación de cada una de las estaciones, se tiene un módulo llamado jefe de estación, en el cual existen varias platinas para diferentes servicios como: Control de alumbrado, sonido, intercomunicación, alarmas y ventilación mayor, principalmente.

El módulo de control de alumbrado o platina es una serie de selectores de dos o tres posiciones, dependiendo del tipo de control ya sea de 2 ó 3 hilos. En el primer caso solamente es control manual y en el segundo manual y automático. En cada selector tiene focos con carátula blanca, rojo y verde. Lo cual señala si es reserva, si está energizado o desenergizado.

Como su nombre lo dice este módulo, es para controlar tableros completos o circuitos solos, como los tableros ("D", "D1", "D2", "W", "W1" y "W2"), para andenes, vestíbulos y accesos o como circuitos de tableros ("X" y "C"), para alumbrado de inter estación o transición de túnel a superficial. Lo anterior se hace con contactores, dispuestos en los tableros correspondientes, con dispositivos auxiliares como contactos auxiliares normalmente cerrados y normalmente abiertos, interconectados con el módulo con cables de control y tablillas.

En los tramos superficiales donde se requiere que el alumbrado se encienda o apague en forma automática, se tienen instaladas fotoceldas para enviar la señal correspondiente.

En el propio módulo de control de alumbrado, inicialmente se tenían señalizados los selectores con focos de neón, por medio de tablillas y posteriormente se utilizó una plaqueta de circuito impreso con una resistencia y un diodo zenner para dar mayor vida a los mismos focos, de cada uno de los selectores.

## 7.6 INSTALACIÓN DE CONTACTOS

Para la instalación de contactos a lo largo de todas las líneas, estas también se llevan a cabo de acuerdo a proyecto autorizado, para cada una de las áreas como son: (estaciones, ínter estaciones, naves de depósito y talleres de mantenimiento mayor) .

Los contactos monofásicos sencillos o duplex, serán polarizados con capacidad para 15 amperes, tensión 127 volts.

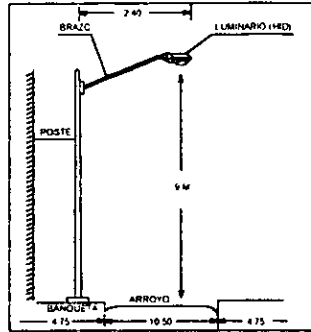
Los contactos trifásicos, serán polarizados con capacidad para 20 a 50 amperes con seguro de media vuelta, tensión 220 volts.

La instalación de contactos monofásicos y trifásicos se encuentran ubicados a lo largo de una línea, de tal manera que se cubren todas las necesidades, para la operación y mantenimiento de las mismas, las tapas serán adecuadas al medio ambiente de instalación, (interior ó intemperie).

## 7.7 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE LÁMPARAS

DETERMINAR EL TIPO DE LÁMPARAS Y NIVELES DE ILUMINACIÓN DE LAS BANQUETAS EMPLEANDO LOS SIGUIENTES DATOS:

- Unidad arbotante con brazo serie V
- Arreglo unilateral, brazo de 2.40 mts., de longitud
- Altura de montaje 9 mts.
- Coeficiente de reflexión de la banquetta 13
- Espaciamiento 32 mts.
- Depreciación por polvo 20%
- Nivel promedio de iluminación requerida en la superficie del arroyo 1.5 lum/m<sup>2</sup>



Solución: Se sabe que  $R = E / L$  de donde  $E = L \times R$

$$E = 1.5 \times 13 = 19.5 \text{ Luxes}$$

Los coeficientes de utilización se pueden observar en la gráfica No. 7 (b)

$$\text{Relación poste calle} = \frac{10.50 - 2.40}{9} = \frac{8.10}{9} = 0.90$$

De donde la curva del coeficiente de utilización = 31%

$$\text{Relación poste casa} = \frac{2.40}{9} = 0.27$$

De donde la curva del coeficiente de utilización = 6%

Por lo tanto el coeficiente de utilización será:

$$C.U. = 31\% + 6\% = 37\%$$

El flujo luminoso de la lámpara para iluminar la superficie del arroyo será:

$$E = \frac{\Phi \cdot C.U.}{A} \text{ de donde } \Phi = \frac{E \cdot A}{C.U.} = \frac{19.5 \times 10.50 \times 32}{0.37} = 17,708.11 \text{ lúmenes}$$

Debemos emplear una lámpara de vapor de sodio alta presión de 250 Watts con 25,500 lúmenes iniciales y 15% de depreciación con lo que obtenemos el siguiente nivel de iluminación.

$$F_{c1} = 0.87$$

$$F_{c2} = 0.9$$

$$F_c = 0.87 \times 0.9 = 0.783$$

Factor de contaminación de la luminaria = 0.95

$$\text{Por lo que } E_m = \frac{\phi \times C.U. \times f_c}{A} = \frac{25,500 \times 0.37 \times 0.783 \times 0.95}{10.50 \times 32} = 20.89 \text{ luxes}$$

$$\text{Por lo que } E = \frac{E_m}{R} = \frac{20.89}{13} = 1.61 \text{ lum/m}^2$$

Sin considerar el factor de contaminación

$$E = \frac{1.61}{0.95} = 1.69 \text{ Lum/m}^2$$

Como deseamos obtener el nivel de iluminación promedio en las banquetas se tiene:

$$\text{Banqueta detrás de la luminaria} = \frac{2.40 + 4.75}{9} = \frac{7.15}{9} = 0.79 \text{ de donde el } f_u = 13\%$$

$$f_{uB1} = 13 - 6 = 7\%$$

$$\text{Banqueta enfrente de la luminaria} = \frac{8.10 + 4.75}{9} = \frac{12.85}{9} = 1.43 \text{ de donde el } f_u = 43\%$$

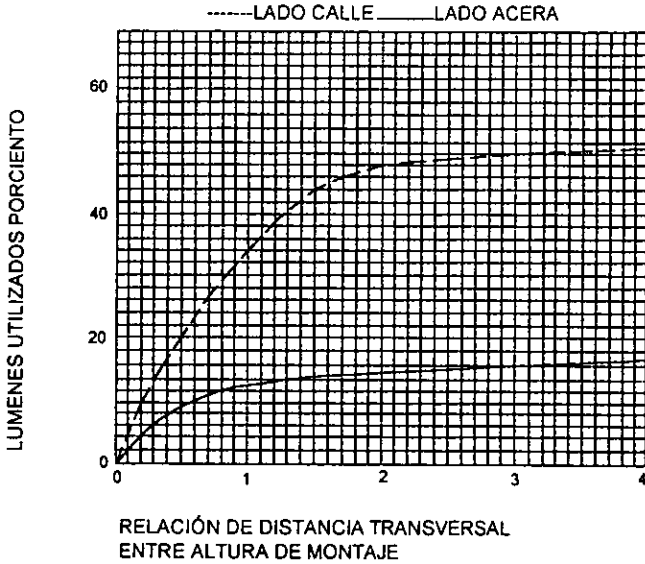
$$f_{uB2} = 43 - 31 = 12\%$$

De lo anterior podemos calcular nuestros niveles de iluminación en las banquetas:

$$E_{B1} = \frac{\phi \times f_u \times U_{B1} \times f_c}{A} = \frac{25,500 \times 0.07 \times 0.783}{4.75 \times 32} = 9.20 \text{ luxes}$$

$$E_{B2} = \frac{\phi \times f_u \times U_{B2} \times f_c}{A} = \frac{25,500 \times 0.12 \times 0.783}{4.75 \times 32} = 15.76 \text{ luxes}$$

CURVA DE UTILIZACIÓN



CROMALITE 250-150 WATTS  
SODIO ALTA PRESIÓN  
ANSI/IES TIPO: M-N.III  
CURVA No. 35-175693  
POSICIÓN DEL PORTA-LÁMPARA: 1  
ALTURA DE MONTAJE-9 M.

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

GRÁFICA No. 7(b)

## CAPÍTULO VIII

### INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN

En todas las instalaciones donde existe equipo y permanece personal laborando, es necesario renovar el aire para tener un clima apropiado a cada local, también para la durabilidad y buen funcionamiento del equipo, así como crear un clima propicio al personal, en cada actividad que se encuentre desarrollando.

Por lo anterior, se hace necesario la instalación de sistemas de ventilación menor, en determinados locales de las estaciones. Por otro lado, en las líneas, que se han construido del tipo túnel profundo, se instalan sistemas de ventilación mayor. Por lo cual en la construcción de la obra civil, se deben hacer las preparaciones necesarias, como son los huecos en muros y plafones.

A continuación se tratarán de explicar, los sistemas típicos de ventilación de una estación, así como los de ventilación mayor, en ínter estaciones.

#### 8.1 PARA TAQUILLAS

Las instalaciones de Taquillas, que tienen el objetivo de proporcionar a los usuarios el medio de introducirse a una línea, para la utilización de la red del Metro. Estos locales de aproximadamente 3 x 3 mts., en horarios de servicio se encuentra personal trabajando, y de acuerdo a las dimensiones del local y a los valores que se tienen en su interior, no es posible tener abierto dicho local.

Para lograr un clima adecuado en la taquilla, se instala un pequeño sistema de ventilación, de inyección de aire, formado por ductos de lámina galvanizada calibre No. 24 y un pequeño ventilador de 1/20 H.P.

Para complementar el sistema de inyección de aire, la puerta de dicha taquilla tiene pequeñas perforaciones circulares de la parte media hacia abajo, que tienen la

función de persiana de paso. Por otro lado después de los ductos de lámina, se tiene una rejilla de descarga de 0.85 x 0.145 mts.

Para evitar la vibración de los ductos de ventilación se acoplan al ventilador por medio de una junta flexible fabricada con lona ahulada. La operación de este equipo de ventilación siempre se hace en forma manual, al accionar el arrancador manual.

## **8.2 PARA ZONA DE SERVICIOS**

La zona de servicios, es una serie de locales destinados para cubrir las necesidades del personal y los servicios propios de la estación, básicamente se tienen los siguientes locales:

- a.- Cuarto de máquinas.
- b.- Para sanitarios
- c.- Para Jefe de estación
- d.- De primeros auxilios
- e.- Cuarto de aseo
- f.- En estaciones terminales se tienen, locales de regaderas, vestidores y descanso de conductores.

El sistema de ventilación utilizado en zona de servicios es de extracción de aire, está formado básicamente por ductos de lámina galvanizada calibre No. 24, en cada uno de los locales se tienen rejillas de extracción de diferentes medidas, dependiendo de las dimensiones del mismo. En las puertas de cada uno de los locales se tienen persianas de paso, en el centro de las mismas, para lograr la circulación del aire.

En la mayoría de estos locales se tiene falso plafond, para hacer las derivaciones del ducto principal a las rejillas en el falso plafond, se hace por medio de chiflones de lámina galvanizada y todos los ductos deben colocarse antes de colocar el plafond.



Para la fijación de ventiladores a una base de concreto, se utilizan taquetes de expansión y sus elementos antivibratorios de por medio. Para la succión y descarga del ventilador se acoplan los ductos de ventilación, por medio de juntas flexibles de lona ahulada, para evitar la transmisión de las vibraciones del motor.

La operación de estos equipos se hace en forma manual, al accionar un selector de dos posiciones (fuera-dentro), el cual acciona el arrancador.

### **8.3 PARA SUBESTACIONES**

En los locales de subestación, donde se aloja la misma y en la cual una de sus principales partes constitutivas, es el transformador que irradia bastante cantidad de calor, dependiendo de la demanda de carga que tenga. Para mantener una temperatura que no exceda los 25° C., en el local, se instala un sistema de ventilación del tipo de extracción de aire, por lo general existe un local para cada subestación y un sistema de ventilación para cada una; en ocasiones los locales de las subestaciones se encuentran en la superficie, en este caso se utiliza un diferente sistema de ventilación que cuando se encuentra en tramo subterráneo. Normalmente se instalan equipos con motor de 1 a 3 H.P.

Este equipo se instala en la azotea del propio local, cuando el local se encuentra en la superficie. Para complementar el sistema se instalan en las puertas del local, dos juegos de persianas de paso con filtro de aire, tipo seco lavable de 0.81 x 0.56 mts.

Cuando el local se encuentra en tramo subterráneo, se instala el equipo dentro del mismo local. Este sistema se complementa con ductos de lámina galvanizada calibre No. 22, además tienen en sus juntas, bridas de solera de fierro y neopreno. También consta de rejillas de extracción de 0.96 x 0.66 mts., y en las puertas tienen lo mismo que se instala para el tramo superficial. La operación de este equipo puede ser en forma manual o automática, ya que se instala con un selector de tres posiciones (manual, fuera, automático), en caso de dejarse en automático, al elevarse la

temperatura a 25° C., en el local, inmediatamente arranca el ventilador a causa de la señal de un termostato que se encuentra conectado al sistema.

#### **8.4 PARA LOCAL TÉCNICO**

Este local aloja diferentes tableros, gabinetes y armarios, principalmente formados por relevadores, pequeños transformadores y otros equipos. Debido a la necesidad de mantener un clima, con una temperatura máxima de 25° C., se instala un sistema de ventilación del tipo de inyección de aire.

Existen algunas estaciones que tienen el local técnico, en la superficie cuando es de este tipo el sistema se complementa con ductos de ventilación de lámina galvanizada calibre No. 22, que se encuentran sellados en sus uniones para evitar fugas.

Cuando el local técnico, está a nivel andén en las estaciones subterráneas, el equipo se instala dentro del local sobre un soporte tipo ménsula, fijado al muro por medio de taquetes de expansión.

La operación de éste equipo es similar al de las subestaciones.

#### **8.5 PARA VENTILACIÓN MAYOR**

Para las líneas construidas del tipo túnel profundo, es necesario la instalación de un sistema de ventilación mayor, para mantener en circulación, el aire caliente producto de la fricción de las escobillas del tren con la barra guía, del calor producto de toda la serie de aparatos y equipos eléctricos, así como también para desalojar en caso de incendio de forma rápida los humos producto del mismo.

El sistema completo está formado por varios equipos dispuestos a lo largo de la línea, normalmente uno en cada íter estación con su descarga a una lumbrera para desalojar el aire a la superficie. Cada uno de estos equipos, puede funcionar como ventilador de inyección o extractor, esto por medio de un arrancador reversible.

En un determinado momento, el sistema podrá operarse desde el módulo del control que se encuentra en el local jefe de estación, es una platina de control de ventilación donde se dispone de selectores y dependiendo de las necesidades se hace funcionar un equipo en forma de extractor y el próximo siguiente en forma de inyector o viceversa.

Estos equipos están provistos de un pequeño motor (modutrol), el cual acciona una persiana al momento del arranque del ventilador que empieza abrirse, ya que de otra forma el ventilador empezaría a trabajar con plena carga y la demanda de corriente sería mayor. El funcionamiento de este modutrol, es automático por medio de un interruptor de tiempo (timer) y está sincronizado con la operación del ventilador.

## **8.6 ARRANCADORES MANUALES Y MAGNÉTICOS**

Para la operación normal de las instalaciones, es necesario la utilización de motores, los cuales son indispensables para el funcionamiento de sistemas de bombeo, equipo hidroneumático, escaleras eléctricas y ventilación menor ó mayor principalmente.

Por lo anteriormente expuesto se utilizan arrancadores, los cuales van desde potencias fraccionarias hasta grandes potencias. Por lo que podemos hacer la siguiente clasificación:

1. - Manuales, para potencias fraccionarias.
2. - Magnéticos, a tensión plena.
3. - Magnéticos combinados, a tensión plena.
4. - A tensión reducida, grandes potencias.

### 8.6.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL.

FUNCIÓN	ELEMENTOS	USO
MANDO	Estación de botones, interruptores de presión, electroniveles, termostatos, etc.	Sensor o fuente de información.
BÁSICOS	Relevadores Tubos Transistores Válvulas hidráulicas Válvulas neumáticas, etc.	Actúan con la información de elementos de mando. Toman decisiones y proporcionan señales adecuadas de salida.
SALIDA	Contactores electromagnéticos Contactores electrónicos	Amplifican la información básica al nivel deseado de potencia.
AUXILIARES	Reóstatos Reactores Transformadores Alarmas Luces piloto Dispositivos de protección, etc.	Realizan funciones específicas en el control.

### 8.6.2 UTILIZACIONES

#### 1. - ARRANCADORES MANUALES

Se emplean normalmente para las instalaciones de ventilación de las taquillas y zona de servicios, donde se utilizan motores de potencia nominal de 1/15 H.P., hasta 1/4 de H.P., y son monofásicos.

#### 2. - ARRANCADORES MAGNÉTICOS A TENSIÓN PLENA

Son utilizados en motores de potencia nominal de 1 a 5 H.P., trifásicos y se utilizan en la ventilación de las subestaciones. Normalmente donde el motor se encuentra cerca del tablero, donde está alojado un interruptor termomagnético que lo alimenta.

### **3. - ARRANCADORES MAGNÉTICOS COMBINADOS A TENSIÓN PLENA**

Se instalan cuando el motor se encuentra a una distancia considerable del tablero e interruptor termomagnético que lo alimenta, ya que como su nombre lo dice trae integrado un interruptor termomagnético de capacidad adecuada en el mismo gabinete del arrancador. Se instalan para motores de sistemas de ventilación del local técnico, así como en zonas de servicios grandes y en bombeo de cárcamos y son de potencia nominal de 1 a 5 H. P., trifásicos.

### **4. - ARRANCADORES A TENSIÓN REDUCIDA, GRANDES POTENCIAS**

Para sistemas de ventilación mayor, se han utilizado motores de 125 H.P., trifásicos. Debido a las cantidades de demanda de corriente en el arranque de los mismos, es necesario utilizar arrancadores a tensión reducida del tipo de devanado partido. Esto se hace embobinando el estator en dos secciones idénticas, cuando estas secciones son dos estrellas y se conectan en paralelo durante la operación normal del motor, el arranque por devanado parcial puede ser empleado para limitar la corriente y el par de arranque.

Inicialmente se conecta a la alimentación, una mitad del devanado estático y cuando el motor marcha cerca de su velocidad de régimen se conecta a la segunda mitad del devanado en paralelo con la sección ya excitada.

**ELEMENTOS ADICIONALES.-** Son necesarios para el completo funcionamiento de los sistemas anteriormente citados y algunos de ellos, son los siguientes:

- a.- Estación de botones, arranque-paro
- b.- Selectores de dos posiciones, dentro-fuera
- c.- Selectores de tres posiciones, manual-fuera-automático
- d.- Termostatos
- e.- Electroniveles
- f.- Elementos térmicos

**PROTECCIÓN DE MOTORES.-** Debido a la necesidad de proteger los motores, de perturbaciones a que se encuentran sometidos como sobrecorrientes, corrientes de sobrecarga y ausencia de tensión o variación de ella. Es necesario la instalación de fusibles o interruptores termomagnéticos para la protección por sobrecorrientes, para la protección de corrientes de sobrecarga las cuales no alcanzan valores tan altos como las primeras y son del orden de 115 a 120 % de la corriente nominal, se utilizan relevadores de sobrecarga llamados comúnmente elementos térmicos de aleación fusible o bimetalicos. Para la selección de elementos térmicos hay que considerar: Clase, marca del arrancador, corriente nominal del motor o sea capacidad del motor principalmente.

**CUADRO DE MOTORES TÍPICOS DE UNA ESTACIÓN Y TRAMO**

MOTOR No.	CANTIDAD	H.P. POR MOTOR	FASES	TENSION	WATTS POR MOTOR	WATTS POR CIRCUITO	TABLERO Y CIRCUITO	SERVICIO	LOCALIZACIÓN
M1	2	2	3	220	1844	3688	F° 1, 3, 5	CARCAMO AGUAS PLUVIALES	TRAMO
M2	2	2	3	220	1844	3688	F° 2, 4, 6	CARCAMO AGUAS PLUVIALES	TRAMO
M3	2	1	3	220	953	1906	F° 7, 9, 11	CARCAMO AGUAS DE ASEO Y FILTRACIONES.	PASARELA DE ESTACION
M4	2	1	3	220	953	1906	F° 8, 10, 12	CARCAMO AGUAS DE ASEO Y FILTRACIONES.	PASARELA DE ESTACION
M5	2	2	3	220	1844	3688	F° 13, 15, 17	CARCAMO DE AGUAS NEGRAS	CUARTO DE BOMBAS
M6	2	1.5	3	220	1418	2836	F° 14, 16, 18	EQUIPO HIDRONEUMATICO	CISTERNA
M7	2	1	3	220	953	1906	F° 19, 21, 23	CARCAMO PARA AGUAS PLUVIALES Y DE ASEO	PASARELA
M8	1	20	3	220	16953	16953	A° 4	ESCALERA MECANICA	PASARELA DE ESTACION
M9	1	20	3	220	16953	16953	B° 5	ESCALERA MECANICA	PASARELA DE ESTACION
M10	1	2	3	220	1844	1844	C° 19, 21, 23	EXTRACCION DE AIRE	SUBESTACION V-1
M11	1	2	3	220	1844	1844	X° 19, 21, 23	EXTRACCION DE AIRE	SUBESTACION V-2
M12	1	1.5	3	220	1418	1418	C° 20, 22, 24	INYECCION DE AIRE	LOCAL TECNICO
M13	1	1/5	1	115	90	90	C° 17	EXTRACCION DE AIRE	TAQUILLA SUR
M14	1	2	3	220	1844	1844	C° 25, 27, 29	EXTRACCION DE AIRE	LOCALES DE SERVICIO
M15	1	1/5	1	115	90	90	X° 29	EXTRACCION DE AIRE	TAQUILLA NORTE

## 8.7 CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO

En un sistema de distribución de energía eléctrica, tiene el objetivo de proporcionar la protección automática y adecuada a los circuitos correspondientes al ocurrir condiciones anormales de funcionamiento.

Las condiciones anormales de funcionamiento más comunes son.

a.- sobrecarga

b.- corto circuito

Determinación de la corriente de corto circuito por el método de las MVA's.

Las siguientes expresiones son las representativas para el estudio de una falla en un sistema o componente de un circuito.

$$Y = \frac{1}{Z} \text{-----(1)}$$

$$KVAcc = 1\ 000 \times (KVA)^2 \times Y \text{-----(2)}$$

$$MVAcc = (KVA)^2 \times Y \text{-----(3)}$$

$$MVAcc = \frac{MVAs}{Z \text{ p.u.}} \text{----- (4)}$$

En donde:

Y = Admitancia de un circuito

Z = Impedancia en ohms

Zp.u. = Impedancia en "por unidad"

KV = Tensión entre fases

KVAcc = KVA de corto circuito

MVAcc = MVA de corto circuito

MVAs = MVA del sistema en su base

Prácticamente, el método de los MVA's se utiliza separando los componentes de un sistema y calculando cada componente con bus infinito. Para llegar a ello, hay que establecer las figuras básicas y para lograrlo solo se requiere de aritmética.

Para iniciar el cálculo de corto circuito en un sistema se requiere contar con los siguientes parámetros:

1. - Capacidad interruptiva del suministro
2. - Potencia en KW de los motores conectados
3. - Capacidad en KVA de los transformadores conectados
4. - Tensión de aplicación en cada una de las barras de distribución.
5. - Sección de los alimentadores y su reactancia
6. - Reactancia de los motores e impedancia de los transformadores.

Aplicando las formulas (1), (2), (3) y (4), al diagrama unifilar, dibujo No. 8 y 8 (a), se tiene la figura No. 8 (b), de bloques correspondiente.

Es conveniente cambiar los valores dados en KW ó H.P., a valores en KVA y MVA.

Para determinar con que valor en MVA de corto circuito coopera cada elemento del sistema, se hace uso de las fórmulas y parámetros antes indicados.

1. - Capacidad interruptiva del sistema de Distribución 23KV L y FC (500 MVA)
2. - Contribución del transformador de distribución de 225 KVA, 23 KV – 220 / 127 V.

$$Z = 3.0\% = 0.03 \text{ p.u.}$$

$$\text{MVA}_{\text{Acc}} = \frac{\text{MVA}}{Z_{\text{p.u.}}} = \frac{0.225}{0.03} = 7.5 \text{ MVA}$$



3. - Contribución de cada motor de 75 H.P. (55.95 KW)

$$F.P. = 0.85 \quad x^{\circ}d = 17\% = 0.17 \text{ p.u.}$$

$$KVA = \frac{KW}{0.85} = \frac{55.95}{0.85} = 65.82$$

$$MVAcc = \frac{MVA}{x^{\circ}d \text{ p.u.}} = \frac{0.0658}{0.17} = 0.387 \text{ (f, h, j)}$$

4. - Reactancia equivalente del alimentador del transformador de 225 KVA, al tablero de control 220 volts (cable calibre 4/0 AWG, 2 cables por fase, distancia 23.00 M.)

$$X = 0.00482/30.5 \times 23/2 = 0.00181 \text{ Ohms}$$

$$MVAcc = \frac{KV^2}{X_{ohms}} = \frac{0.220^2}{0.00181} = 26.74 \text{ (d)}$$

5. - Reactancia equivalente del alimentador del tablero de control 220 volts al motor No.1 de 75 H.P. (cable calibre 1/0 AWG, 1 cable por fase, distancia 21.00 M.)

$$X = 0.00495/30.5 \times 21 = 0.00340 \text{ Ohms}$$

$$MVAcc = \frac{KV^2}{X_{ohms}} = \frac{0.220^2}{0.00340} = 14.24 \text{ (e)}$$

6. - Reactancia equivalente del alimentador del tablero de control 220 volts al motor No.2 de 75 H.P. (cable calibre 1/0 AWG, 1 cable por fase, distancia 23.00 M.)

$$X = 0.00495/30.5 \times 23 = 0.00373 \text{ Ohms}$$

$$MVAcc = \frac{KV^2}{X_{ohms}} = \frac{0.220^2}{0.00373} = 12.98 \text{ (g)}$$

7. - Reactancia equivalente del alimentador del tablero de control 220 volts al motor No. 3 de 75 H.P. (Cable calibre 1/0 AWG, 1 cable por fase, distancia 25.00 M.)

$$X = 0.00495/30.5 \times 25 = 0.00405 \text{ Ohms}$$

$$MVA_{\text{Acc}} = \frac{KV^2}{X_{\text{ohms}}} = \frac{0.220^2}{0.00405} = 11.95 \text{ (i)}$$

Obtener el diagrama de bloques equivalente, utilizando las siguientes formulas:

Conjuntos con disposición en paralelo:

$$MVA_{1,2} = MVA_1 + MVA_2$$

Conjuntos con disposición en serie:

$$MVA_{1,2} = \frac{MVA_1 \times MVA_2}{MVA_1 + MVA_2}$$

Calcular la corriente de corto circuito en el punto F-1 de la Figura No. 8 (b), de donde obtenemos los bloques equivalentes (a - b), (c - d)

a.- Bloque equivalente ( a – b) en serie:

$$MVA_{a,b} = \frac{500 \times 7.5}{500 + 7.5} = 7.39 \text{ (c)}$$

b.- Bloque equivalente (c – d) en serie:

$$MVA_{c,d} = \frac{7.39 \times 26.74}{7.39 + 26.74} = 5.79 \text{ (n)}$$

c.- De la figura No. 8(b), obtener los bloques equivalentes (e-f), (g-h), (i-j) en serie:

$$MVA_{e,f} = \frac{14.24 \times 0.387}{14.24 + 0.387} = 0.377 \text{ (k)}$$

$$MVA_{g,h} = \frac{12.98 \times 0.387}{12.98 + 0.387} = 0.376 \text{ (l)}$$

$$MVA_{i,j} = \frac{11.95 \times 0.387}{11.95 + 0.387} = 0.375 \text{ (m)}$$

d . - De la figura No. 8(b), obtener el bloque equivalente (k-l-m) en paralelo:

$$\begin{aligned} MVA_{k,l,m} &= MVA_{e,f} + MVA_{g,h} + MVA_{i,j} \\ &= 0.377 + 0.376 + 0.375 = 1.128 \text{ (o)} \end{aligned}$$

e . - De la figura No. 8(b), obtener el bloque equivalente (n-o) en paralelo:

$$\begin{aligned} MVA_{cc} &= MVA_n + MVA_o \\ &= 5.79 + 1.128 = 6.918 \end{aligned}$$

Por lo tanto, la corriente de corto circuito en el punto F-1 es:

$$I_{cc} = \frac{MVA_{cc} \times 1000}{1.73 \times 0.220} = \frac{6918}{0.381} = 18,157.18 \text{ A.}$$

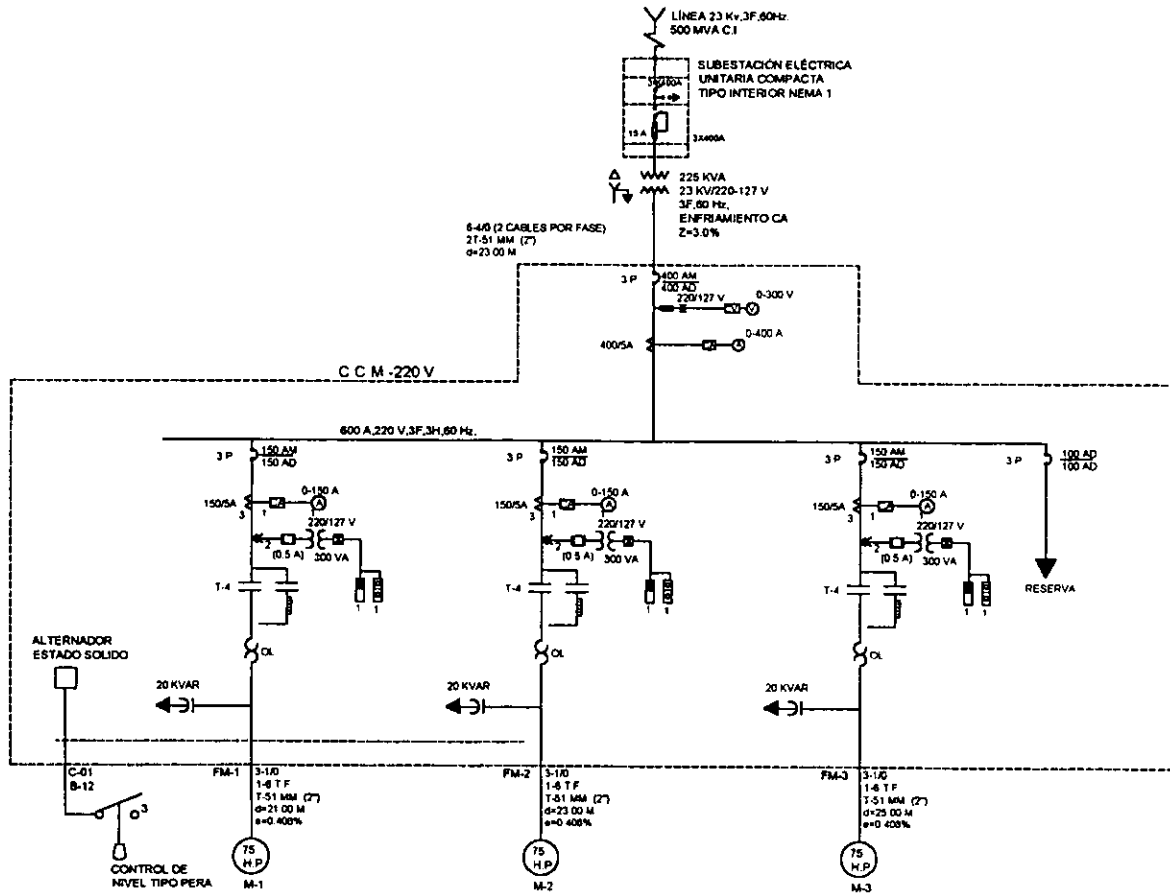

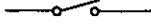
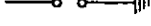

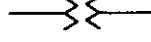
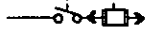
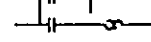
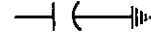
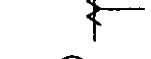
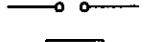









DIAGRAMA UNIFILAR

## SIMBOLOGÍA

	ACOMETIDA ELÉCTRICA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
	SECCIONADOR DE OPERACIÓN SIN CARGA 400A, 23KV
	APARTARRAYOS AUTOVALVULAR DE DISTRIBUCIÓN, 5 KA DE DESCARGA, 24 KV
	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN, 3 F, 60 Hz. DE LA CAPACIDAD INDICADA, CONEXIÓN DELTA - ESTRELLA
	TRANSFORMADOR DE CONTROL
	SECCIONADOR TRIPOLAR, OPERACIÓN EN GRUPO CON CARGA, 400 A, CON FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE DE 15 A.
	ARRANCADOR MAGNÉTICO A TENSIÓN REDUCIDA, NO REVERSIBLE TIPO AUTOTRANSFORMADOR
	CAPACITOR DE POTENCIA TRIFÁSICO DE LA CAPACIDAD INDICADA
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE RELACIÓN INDICADA
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
	CONMUTADOR DE 4 POSICIONES PARA VOLTMETRO
	CONMUTADOR DE 4 POSICIONES PARA AMPERMETRO
	LUZ PILOTO "COLOR ROJO-VERDE"
	ESTACIÓN DE BOTONES "ARRANCAR-PARAR"
	SELECTOR DE TRES POSICIONES "AUTO-FUERA-MAN"
	MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA, DE LA CAPACIDAD INDICADA
	RELEVADOR TÉRMICO DE SOBRECARGA

DIBUJO No. 8(a)

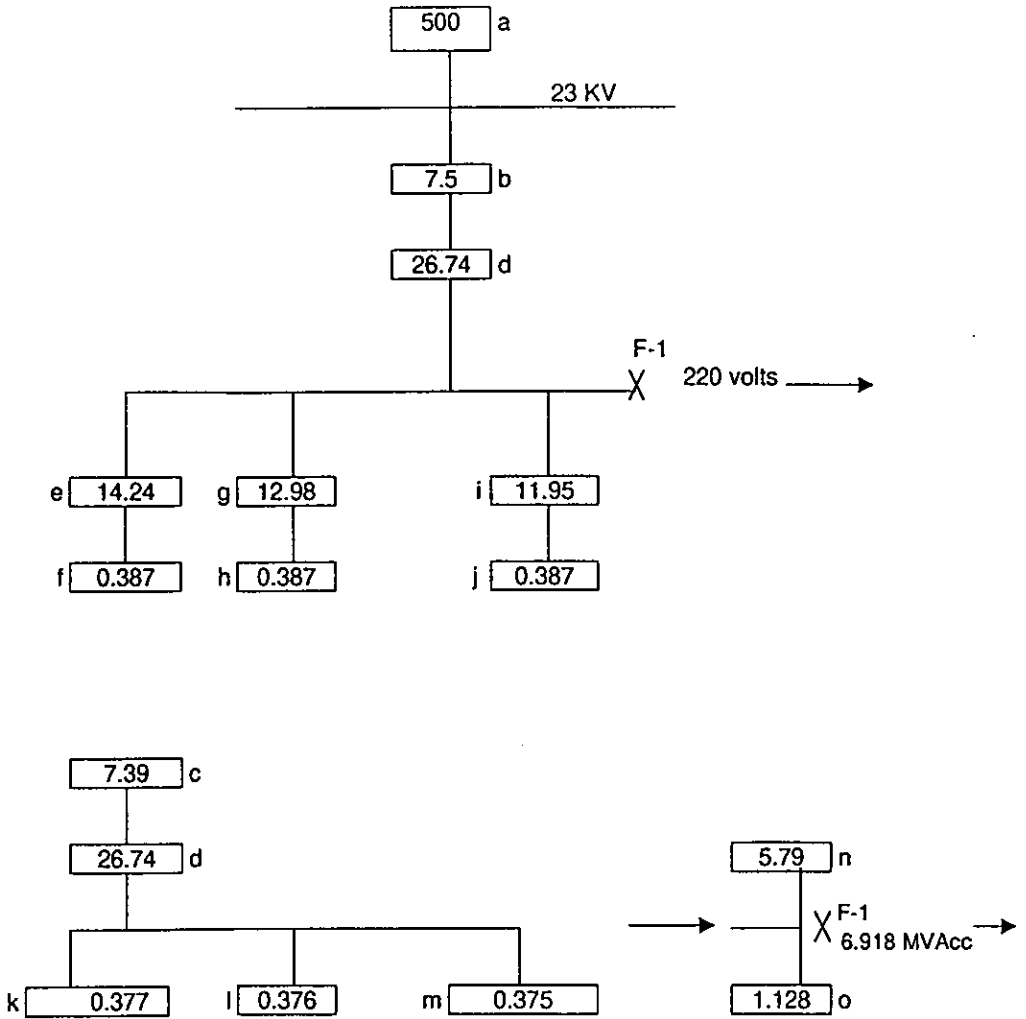


FIGURA No. 8 (b)

## CAPÍTULO IX

### INSTALACIONES DE TRACCIÓN

#### 9.1 GENERALIDADES

Para efectuar la alimentación a las vías se hace con cable XLP, calibre 240 mm<sup>2</sup>., para 1 KV.. los cuales se conectan a unas barras de cobre, dispuestas posteriormente de los seccionadores de 8000 amperes y del otro extremo a los equipos (seccionadores) los cuales se encuentran instalados en los nichos de tracción ubicados en la línea, de donde se alimentará la barra guía (polo positivo) y los retornos de corriente o sea el conjunto riel-pista (polo negativo); para el polo positivo se colocarán seccionadores de 5000 amperes.

La cantidad de cable de 240 mm<sup>2</sup>., entre las S.R., y los nichos de tracción, dependerá de la distancia entre ellos, de la caída de voltaje permisible y de la capacidad de conducción de los cables.

La alimentación de los carros motrices, se hace a través de escobillas positivas y negativas, de la barra guía y del riel respectivamente.

La barra guía se encuentra aislada por medio de aisladores soportes colocados aproximadamente a cada 4 metros. Estos aisladores son de resina epóxica y fibra de vidrio con aislamiento de 5000 volts, en las ínter estaciones. En los andenes de las estaciones del Metro, los aisladores son con aislamiento de 2500 volts, debido al mayor riesgo de corto circuito en ellos, por los usuarios que dejan caer objetos metálicos.

En las líneas del Metro, por razones de operación la barra guía está dividida en zonas y éstas a su vez en secciones, las cuales tienen continuidad eléctrica en toda su longitud a través de diferentes equipos para obtener una mejor distribución de la corriente rectificadora a lo largo de la línea.

La continuidad eléctrica de la barra guía se hace entre:

Zonas - Por los contactores de seccionamiento (C.S.)

Secciones - Por los seccionadores de aislamiento, telemandados (S.I.T.)

Para evitar el puenteo de una sección por un tren, son instalados cupones de protección en cada seccionamiento alimentados por contactores y en los cambios de vía que permiten a un tren pasar de una vía a otra, la continuidad se logra a partir de puentes de cables de tracción con aislamiento.

Por lo que respecta al riel de continuidad se asegura por los transformadores de punto medio llamados de "conexión inductiva" o junta de inductancia (transformadores de alta reactancia), permite el paso de la corriente negativa, la inyección y recepción de corriente alterna de señalización.

En las líneas construidas en forma superficial o elevada, es necesario colocar en rieles, pistas y barra guía, juntas mecánicas para absorber las contracciones y dilataciones en dichos perfiles. En los puntos donde se instalan estas juntas, para mantener la continuidad de los rieles y pistas, se instalan puentes con cable calibre 250 MCM y en las barras guías, con aislamiento XLP, 240 mm<sup>2</sup>, para 1 KV.

La distribución de la S.R., a la línea se efectúa siempre en paralelo; y puede ser de las dos formas siguientes:

a.- ALIMENTACIÓN DE UNA S.R. SIN C.S., A LA LÍNEA CON UN NICHOS DE TRACCIÓN EN "T". - Se llama en "T" porque los cables que parten de la S.R., llegan directamente a dos seccionadores positivos (vía 1 y vía 2) y de ahí se conectan a la barra guía. Los cables negativos se conectan a una barra de cobre en un punto medio de las juntas de inductancia, de donde parten los cables de retorno de corriente.

Este tipo de distribución se utiliza, cuando la S.R., alimenta directamente una zona o sección, en estos nichos no existe señalización al puesto central de control (P.C.C.), ni telecomando de aparatos.



- b.- ALIMENTACIÓN DE UNA S.R. CON C.S., A LA LÍNEA CON UN NICHOS DE TRACCIÓN EN DOBLE "T". - Se llama en doble "T" debido a que tiene dos alimentaciones en "T" sencillas, colocando entre ellas un contactor de seccionamiento (C.S.), la función de este equipo es seccionar la línea en dos al abrir el C.S., colocando entre estas dos mitades de la línea, un cupón de protección (C.P.), que será alimentado por medio de dos contactores de tramo de protección (C.T.P.), uno para cada vía.

La operación de cierre o apertura del C.S., esta condicionado a la presencia de tensión a uno y otro lado del cupón de protección y los C.T.P., están ligados directamente a la operación del C.S.

Los C.T.P., permiten la desenergización de los tramos de protección cuándo se desea el aislamiento eléctrico de una zona, evitándose de esta manera la posibilidad de que un tren pueda alimentar dicha zona por medio de la zona adyacente que si se encuentra energizada, al puentear ambas por medio de las escobillas de uno de sus carros.

## 9.2 EQUIPOS

Como ya se explicó anteriormente, la fuente de corriente rectificada, es la S.R., y como medio para hacer la inyección se tienen los nichos de tracción en "T" y en doble "T" con sus seccionadores respectivos. Para complementar las instalaciones de control y seccionamiento, se tienen que instalar los equipos que a continuación se describen, cada uno para cierta utilización en el sistema de tracción completo de una línea.

1. - Contactores (C.T.P. y C.T.)
2. - Interruptores de vías (I.V.S., I.V.E., I.F.V.)
3. - Seccionador de aislamiento telemandado (S.I.T.)
4. - Seccionadores unipolares (de 1500 a 5000 A.)
5. - Seccionadores inversores ( de 1500 a 3000 A.)

1. - **CONTACTORES.**- Este tipo de Equipos, son telemandados para su apertura o cierre desde el P.C.C., normalmente, aunque también se pueden operar con control local del nicho; de este tipo de contactores tenemos los siguientes:

a.- **CONTACTOR DE TRAMO DE PROTECCIÓN ( C.T.P).**- Son instalados en los nichos en doble "T" que son alimentados por las S.R., con C.S., y su función es la de alimentar los cupones de protección que dividen las distintas zonas. Su operación es simultánea con el contactor de seccionamiento (C.S.).

b.- **CONTACTOR TERMINAL (C.T.).**- Este equipo como su nombre lo dice, es utilizado en las estaciones terminales de la línea, debido a su situación especial y a los trabajos desarrollados se controlan en forma independiente y se considera como una sección de tracción, o sea que este contactor puede aislar la terminal del resto de la línea en lo que se refiere a tracción. Su operación de apertura o cierre se puede efectuar con mando a distancia desde el P.C.C., o por mando local por medio de un conmutador "mando distancia - mando local", la apertura también puede provocarse por cualquier ruptor de emergencia que opere la zona de terminal o por algún corto circuito en su zona. Este contactor puede operar con o sin carga y para que pueda cerrar es necesario que tenga presencia de 750 V.C.D.

En caso de falla del contactor la alimentación a la zona de terminal se hace colocando en la posición socorro el seccionador inversor de dos posiciones adyacentes al C.T.

2. - **INTERRUPTORES DE VÍAS.**- Estos tipos de interruptores permiten la alimentación a diferentes vías las cuáles pueden ser secundarias o vías de enlace. Su operación puede ser telemandada desde el P.C.C., por mando distancia o por mando local. Los tipos de interruptores que tenemos son los siguientes.

**a.- INTERRUPTOR DE VÍAS SECUNDARIAS (I.V.S.).-** Estos equipos se encuentran instalados en la zona de maniobras de las estaciones terminales y talleres, permite la alimentación a diversas vías secundarias utilizadas para maniobras o estacionamiento de trenes. Su operación de apertura o cierre puede ser con o sin carga y para poder realizarla debe haber presencia de tensión de 750 V.C.D., con mando distancia o mando local, aunque la operación normal es a través del mando a distancia porque en mando local ocurre lo siguiente:

- Se elimina el mando de apertura y cierre del P.C.C.
- Se elimina la función de los ruptores de vía, los cuales en caso de existir algún problema o corto circuito al accionar algún ruptor, se desenergicen las vías.

**b.- INTERRUPTORES DE VÍA DE ENLACE Y FOSA DE VISITA (I.V.E., I.F.V.).-** Estos equipos se instalan como su nombre lo dice en vías de enlace de una línea con talleres de reparación o mantenimiento, también para enlazar una línea con otra y para alimentar una fosa de visita. Su operación de apertura o cierre puede efectuarse por mando distancia desde el P.C.C., o por mando local. Sus características de construcción son similares a los I.V.S.

**3. - SECCIONADORES DE AISLAMIENTO TELEMANDADOS (S.I.T.).-** Este equipo se utiliza para separar dos secciones colindantes entre sí. Se utiliza también como auxiliar del C.S., para establecer un servicio provisional manteniendo aisladas las zonas o secciones interesadas. Se encuentran en nichos al lado de la línea y se conectan en serie con seccionadores manuales a razón de un seccionador por vía y por sección. Su operación de apertura y cierre se puede efectuar de las siguientes formas:

1. - Por mando a distancia del P.C.C.
2. - Por mando local eléctrico.
3. - Por mano local manual.

El cierre puede efectuarse con o sin carga, por mando a distancia y por mando local eléctrico. Para el cierre por mando local manual, sólo se puede hacer sin tensión de 750 V.C.D., debido a que tiene un circuito eléctrico de seguridad el cual no permite la apertura del cofre donde se encuentra este mando. Su apertura sólo se puede hacer sin tensión debido a que se dañaría el equipo si se hiciera con tensión porque la apertura es muy lenta, por ser operado por un motor de baja capacidad.

Sus características de construcción de este equipo; son las siguientes:

El S.I.T., es un conjunto de cuchillas, operadas mecánicamente por una leva y está accionada por un motor de baja velocidad y de baja capacidad es por eso que su apertura es muy lenta.

El ensamble del conjunto se compone de 4 partes principales:

1. - EL SECCIONADOR.- Comprende cuchillas principales y auxiliares, el grupo moto-reductor, juegos de leva y contraleva, interruptor de límite de carrera y gabinete de mando manual.
2. - COFRE DE MANDO ELÉCTRICO.- Gabinete situado en el mismo nicho y que contiene los dispositivos de mando y protección del grupo moto-reductor y sus auxiliares tales, como relevadores, botones de presión, fusibles, lámparas indicadoras de fallas, arrancadores, etc.
3. - COFRE DE RELEVADORES DE TENSIÓN.- Este gabinete contiene dos relevadores con dos contactos normalmente abiertos y dos resistencias vitrificadas de 10,000 Ohms. Su función es detectar la presencia de tensión, en las secciones que se encuentran en ambos lados del seccionador y así evitar la apertura del seccionador habiendo tensión de 750 V.C.D., que dañaría el equipo.
4. - COFRE A DISTANCIA.- Contiene dos relevadores de 120 V.C.D., que utiliza para el cierre o apertura de S.I.T. desde el P.C.C.

**4. -SECCIONADORES UNIPOLARES.-** Son equipos de operación manual y como su nombre lo dice su función son la de seccionar, la alimentación de corriente a la barra guía y las diferentes instalaciones de tracción. En ocasiones estos equipos acompañan algunos de los equipos anteriormente descritos.

**5- SECCIONADORES INVERSORES.-** Son equipos de operación manual, su función es de seccionar y a la vez cambiar el sentido de alimentación de corriente a las barras guía. Normalmente van acompañados de equipos como los C.T., I.V.S., I.V.E., e I.F.V.; ya que cuando estos equipos fallan, a través de estos inversores es posible alimentar la barra guía para que no exista ningún problema.

### **9.3. - INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS**

Para la terminación de las instalaciones de tracción, es necesario desarrollar trabajos complementarios, para el montaje del equipo así como para canalizar y conectar los conductores eléctricos de tracción. A continuación se relacionan dichas instalaciones.

1. - Chasis o bastidor soporte
2. - Canaletas de concreto.
3. - Clemas de madera
4. - Barras de cobre
5. - Puentes de continuidad
6. - Puentes de equilibrio
7. - Conexión de cables a la barra guía.

## CAPÍTULO X

### PRUEBAS ELÉCTRICAS

Para el funcionamiento y operación, todos los sistemas eléctricos que intervienen en la operación del Metro, se les deben efectuar las pruebas de campo para su comprobación de buen funcionamiento y perfecto estado.

Todo sistema eléctrico debe tener el denominador común de la confiabilidad y continuidad de servicio y para este caso en especial, no es la excepción.

A continuación se explicarán las principales pruebas que se realizan en estas instalaciones.

#### 10.1 PARA CABLES DE ALTA TENSIÓN

La función primordial de los conductores eléctricos es la de transmitir la energía eléctrica entre dos puntos. Para hacer más eficiente lo anterior en las plantas de fabricación, se tienen grandes laboratorios para comprobar su control de calidad. Pero a partir de la salida de la planta donde se fabrica dicho cable, se pierde el control sobre las operaciones de transporte, instalación y conexión (instalación de terminales y empalmes); por lo que es necesario verificar que en esas operaciones no sufrió algún daño y por lo tanto se efectuarán las pruebas de campo.

Existen varios métodos para efectuar estas pruebas, como la de corriente directa, la de corriente alterna a frecuencia industrial 50/60 Hz., y la de corriente alterna a muy baja frecuencia. Aquí en México, solamente es utilizado el método de corriente directa y según normas de fabricantes los valores de prueba de campo no deberán exceder del 85% de los voltajes aplicados en fábrica.

**PRUEBAS DE CAMPO DE ACEPTACIÓN O RECEPCIÓN.**- Esta prueba se hace a cables nuevos después de instalados (incluyendo terminales y empalmes), pero

antes de energizarse. También libera a quién lo instala de la responsabilidad inmediata sobre la instalación.

Esta prueba detecta las fallas durante su instalación, como tensiones de jalado excesivas, dobleces mayores a su radio de curvatura permisible, calidad de instalación de empalmes y terminales. La prueba de campo de aceptación, se divide en dos partes.

- a.- Medición de la resistencia de aislamiento
- b.- Mediciones de corrientes de fuga por medio del equipo de alta tensión de corriente directa (C.D.).

El procedimiento completo para efectuar las pruebas de campo a los cables, es el siguiente:

1. - Antes de hacer la prueba, el cable debe desconectarse de todo el equipo eléctrico (motores, transformadores, apartarrayos, etc.) abriendo interruptores, retirando fusibles o desconectando las terminales del cable al equipo.
2. - Conectar a tierra, todo el equipo eléctrico que no se someterá a prueba, así como todas las partes metálicas que no estén conectadas a tierra.
3. - Medir la resistencia de aislamiento del cable, con un megóhmetro de 5000 volts.
4. - Aplicar alta tensión (corriente directa) lentamente por intervalo de 10 KV., y anotar la corriente de fuga (Micro-Amperes) de cada intervalo. Cuando ya tenemos la tensión de prueba, anotar la corriente de fuga a los 0, 1, 3, 5, 10 y 15 minutos para graficarla posteriormente. También se puede anotar la corriente de fuga cada minuto si se desea graficar de esa forma.
- 5.- Las tensiones de prueba, son las siguientes:  
TIPOS DE CABLE.- Cables de energía con aislamiento de polietileno (PO), polietileno vulcanizado (XLP) y etileno propileno (EP), para todo tipo de instalaciones.  
ESPECIFICACIONES.- I.C.E.A. S-66-524 (XLP), S-68-516 (EP) y S-61-402 (PO)

**PRUEBAS DE CAMPO DURANTE Y  
DESPUES DE LA INSTALACIÓN**

TENSIÓN VOLTS 100% NIVEL AISLAMIENTO	CALIBRE AWG Ó MCM	TENSIÓN KV. C.D ENTRE CONDUCTORES Y PANTALLA	
		CABLES NUEVOS INSTALADOS ANTES DE ENERGIZARSE	CABLES INSTALADOS DURANTES EL PERIODO DE GARANTÍA 1ER. AÑO
2001-5000	8-1000	25	19
5001-8000	6-1000	35	27
8001-15000	2-1000	55	42
15001-25000	1/0-1000	80	60
25001-28000	1/0 1000	85	64
28001-35000	1/0-1000	100	75

- NOTAS:**
1. - Cables nuevos después de instalados, la tensión de prueba debe ser aplicada durante 15 minutos.
  2. - En cables durante el período de garantía (primer año), la tensión de prueba debe ser aplicada durante 5 minutos.
  3. - Para cables sin pantalla metálica, la tensión de prueba deberá aplicarse durante 5 minutos.
  4. - Al terminar la prueba, la tensión deberá reducirse a cero en el equipo, después de lo cual la tensión y las corrientes remanentes deberán drenarse a tierra a través de una resistencia adecuada.
  5. - Cuando la energía remanente ha sido eliminada, deberá desconectarse el cable de prueba del equipo y aterrizarse. En caso de que el cable pase la prueba satisfactoriamente, puede entrar en operación de inmediato si se desea.



Cálculo analítico de la resistencia de aislamiento, antes de hacer la medición con un megóhmetro, es necesario elaborar un cálculo analíticamente, del cable, como sigue.

$$Ra = \frac{K \log_{10} \left( \frac{D}{d} \right) F_t F_l}{d}$$

Donde: Ra= Resistencia de aislamiento en M.Ω. / Km.

K= Constante de resistencia de aislamiento según los siguientes valores.

Tipo de aislamiento	M.Ω./KM	T
PVC Bajo Voltaje	150 A	15.6° C
PVC Alto Voltaje (SINTENAX)	750 A	20° C
Polietileno (NORMAL)	15,250 A	15.6 ° C
Polietileno Vulcanizado (XLP)	6,100 A	15.6° C
Etileno Propileno (EP)	6,100 A	15.6° C
Papel Impregnado	3,000 A	15.6° C

Log<sub>10</sub> = Logaritmo decimal

D = Diámetro sobre aislamiento en milímetros

d= Diámetro bajo aislamiento en milímetros

F<sub>t</sub>= Factor de corrección por temperatura

F<sub>l</sub>= Factor de corrección por longitud

Nota: La resistencia de aislamiento, se deberá corregir por temperatura y por longitud. El factor de corrección por temperatura se tomará de la tabla anexa y el de longitud varía inversamente con la longitud del cable.

FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA A 15.6° C (60° F)  
PARA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Temperatura Ambiente		EP	XLP	THW	TW
		Coeficiente por 0.55° C (1° F)			
° F	° C	1.03	1.05	1.08	1.10
50	10.0	0.75	0.62	0.46	0.38
51	10.6	0.77	0.65	0.50	0.42
52	11.1	0.79	0.68	0.54	0.47
53	11.7	0.82	0.71	0.58	0.51
54	12.2	0.84	0.75	0.63	0.56
55	12.8	0.87	0.78	0.68	0.62
56	13.3	0.89	0.82	0.74	0.69
57	13.9	0.92	0.87	0.80	0.76
58	14.4	0.94	0.91	0.86	0.83
59	15.0	0.97	0.96	0.93	0.91
60	15.6	1.00	1.00	1.00	1.00
61	16.1	1.03	1.05	1.08	1.10
62	16.7	1.08	1.10	1.17	1.21
63	17.2	1.09	1.16	1.26	1.34
64	17.8	1.13	1.22	1.36	1.47
65	18.3	1.16	1.28	1.47	1.62
66	18.9	1.20	1.35	1.59	1.78
67	19.4	1.23	1.41	1.72	1.96
68	20.0	1.27	1.48	1.85	2.15
69	20.6	1.31	1.55	2.00	2.36
70	21.1	1.35	1.63	2.17	2.60
71	21.7	1.39	1.72	2.34	2.87
72	22.2	1.43	1.80	2.53	3.15
73	22.8	1.47	1.89	2.72	3.46
74	23.3	1.52	1.98	2.94	3.81
75	23.9	1.58	2.08	3.18	4.19
76	24.4	1.61	2.19	3.43	4.61
77	25.0	1.66	2.30	3.70	5.08
78	25.6	1.71	2.41	4.00	5.59
79	26.1	1.78	2.53	4.33	6.14
80	26.7	1.81	2.66	4.67	6.72
81	27.2	1.87	2.80	5.04	7.43
82	27.8	1.92	2.94	5.45	8.18
83	28.3	1.98	3.08	5.89	9.00
84	28.9	2.04	3.23	6.35	9.90
85	29.4	2.10	3.40	6.84	10.80

Para este caso de cable que analizaremos será un circuito trifásico formado por tres cables monopolares del tipo EPR, 23 KV., calibre 2/0 AWG y con una longitud aproximada de 1500 mts., el cuál se encuentra básicamente instalado sobre charolas, tiene en sus extremos terminales TMI y dos empalmes encintados en cada hilo, por lo tanto tenemos.

a.- CALCULO ANALÍTICO

$$R_a = K \text{ Log}_{10} \frac{(D)}{d} \text{ FtFI}$$

Datos: K= 6100 M.Ω./Km. A 15.6° C

D= 22 mm.

d= 10 mm.

Ft= 18° C = 1.14

$$R_a = 6100 \text{ Log}_{10} \frac{(22)}{10} \text{ M.}\Omega./\text{Km. a } 15.6^\circ \text{ C}$$

La corrección por temperatura será el factor de 1.14 el cual corresponde a una temperatura de 18° C., tomada de la tabla correspondiente.

$$R_a = 6100 (0.34242) (1.14) \frac{(1000)}{1500} \text{ M.}\Omega.$$

$$R_a = 1587.45 \text{ M.}\Omega.$$

b.- MEDICIÓN DIRECTA.- Normalmente al efectuar esta prueba en un cable nuevo, la lectura del megóhmetro es generalmente superior al valor calculado que se debe tomar como mínimo aceptable. Sin embargo en cables con más de 5 años de instalados y energizados, la lectura del megóhmetro puede ser menor a la calculada debido al deterioro del aislamiento. El valor de resistencia de aislamiento, representará la influencia de los factores como, temperatura, humedad, limpieza y en general por las áreas débiles debido al deterioro por envejecimiento o por daño mecánico.

## 10.2 PARA CABLES DE TRACCIÓN

Todos los cables de tracción que se utilizan para la alimentación de la barra guía y de la S.R., al nicho de seccionadores, se les efectúan pruebas para verificar su estado y asegurar su buen funcionamiento en el momento de entrar en servicio.

El cable que se utiliza para este servicio, es el de aislamiento XLP, 240 mm<sup>2</sup>, para 1000 Volts.

Normalmente la prueba que se les efectúa, consiste en la medición de resistencia de aislamiento a todos y cada uno de los cables, no importando si son positivos o negativos. Si tenemos los datos siguientes, hacer el cálculo analítico.

### a.- CÁLCULO ANALÍTICO

DATOS:

XLP. 240 mm<sup>2</sup>, 1 KV

K= 6100 M.Ω./Km.

Ft= 18° = 1.24

D= 28.3 mm.

d= 20.12 mm.

SOLUCIÓN:

$$R_a = K \log_{10} \frac{(D)}{d} Ft$$

$$R_a = 6100 \log_{10} \frac{(28.3)}{20.12} 1.24$$

$$R_a = 6100 (0.14815) (1.24)$$

$$R_a = 1120.61 \text{ M.}\Omega./\text{Km.}$$

Este valor representa el valor mínimo permitido, al momento de realizar la medición directa.

b.- MEDICIONES DIRECTAS.- Según experiencias en lecturas de mediciones de la resistencia de aislamiento a variado de 10,000 a 62,000 M. $\Omega$ ., aunque se ha tomado como valor mínimo de resistencia de aislamiento 3000 M. $\Omega$ ., en los cables ya instalados.

Las siguientes son las lecturas de un megóhmetro de 5000 volts aplicados durante un minuto a cada uno de los cables. Prueba de resistencia de aislamiento del cable de tracción del seccionador de 8000 A., al seccionador de 5000 A.

#### POSITIVOS

CABLE No.	M. $\Omega$ .	TIEMPO	VOLTS
1	25,000	1 MIN.	5,000
2	25,000	1 MIN.	5,000
3	26,000	1 MIN.	5,000
4	27,000	1 MIN.	5,000
5	27,000	1 MIN.	5,000
6	27,000	1 MIN.	5,000
7	27,000	1 MIN.	5,000
8	28,000	1 MIN.	5,000
9	27,000	1 MIN.	5,000
10	25,000	1 MIN.	5,000
11	27,000	1 MIN.	5,000
12	27,000	1 MIN.	5,000
13	27,000	1 MIN.	5,000
14	27,000	1 MIN.	5,000

### **10.3 PARA VERIFICACIÓN DE CABLES ALIMENTADORES**

El objetivo de realizar estas pruebas, es con la finalidad de verificar que los conductores cumplan con las especificaciones y el proyecto ejecutivo para su adecuado funcionamiento.

Estas verificaciones se efectúan a todos los cables alimentadores de todas y cada una de las estaciones e ínter estaciones, en cuanto a su tipo, calibre e identificación correspondiente.

En lo referente a la medición con un megóhmetro obtenemos una lectura, con la cual se tendrá información del estado de la resistencia de aislamiento a tierra y para cerciorarse que el conductor no ha sufrido daños durante su instalación.

### **10.4 PARA VERIFICACIÓN DE TABLEROS SECUNDARIOS**

Estas verificaciones se efectúan para comprobar que las características de proyecto son congruentes con la fabricación de los mismos. Nos proporcionan información de todos y cada uno de los circuitos derivados, sobre su interruptor termomagnético, la carga y el conductor, con lo cual se podrá verificar su correcto funcionamiento.

También nos proporcionan la información sobre la capacidad de conducción de barras, así como las cargas totales por fase. Estas verificaciones se efectúan a todos los tableros secundarios (centros de carga), de cada una de las estaciones y de todas las líneas.

## CAPÍTULO XI

### INSTALACIONES ESPECIALES

Para la total y completa operación del sistema Metro, es necesario realizar las instalaciones de control con las cuales se optimizará el objetivo primordial que es el traslado de personas en el menor tiempo posible y con la mayor seguridad.

Tales instalaciones de control son: Señalización, pilotaje automático, mando centralizado y telecomunicaciones, a continuación se tratará de explicar cada uno de estos puntos.

#### 11.1 SEÑALIZACIÓN

El objetivo primordial de la señalización es la seguridad en la marcha de los trenes.

Para lograr lo anterior se tienen tres tipos de señales: Fijas, móviles y de tren.

En los tres tipos de señales pueden ser ópticas o en forma acústica. Las señales fijas, son de ubicación inalterable y las señales ópticas fijas se dividen en:

- a.- De espaciamiento
- b.- De maniobra
- c.- De advertencia de espaciamiento o de maniobra
- d.- Indicadores diversos

##### 11.1.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN

La separación eléctrica entre cada circuito de vía (C.D.V.), se hace por medio de las juntas aislantes en los rieles. La transmisión de los impulsos eléctricos se obtiene de un emisor colocado en un extremo de cada C.D.V., que son captados por un receptor que los modifica, selecciona y los amplifica en el extremo del C.D.V., para excitar un revelador de ocupación de vía.

Al entrar el tren a un C.D.V., provoca un corto circuito en los rieles, lo que hace disminuir la corriente captada por el receptor, ocasionando que el relevador de ocupación de vía, se desexcite.

Como el valor de la resistencia del contacto lineal entre riel y tren es inestable, debido a las modificaciones físico-químicas del estado de superficie en contacto, es necesario utilizar impulsos eléctricos de corta duración, separados por lapsos relativamente largos, permitiendo obtener una gran potencia instantánea, con una energía promedio débil.

La magnitud de los impulsos proporciona a la zona aislada una impedancia de línea relativamente baja, que es indispensable para una buena función y facilita la protección y localización de las fallas.

La frecuencia de emisión de impulsos, debe asegurar un energizado del revelador de ocupación de vía entre dos impulsos, garantizando un tiempo corto de respuesta. Esta frecuencia debe ser baja, limitar la energía necesaria para la emisión; tres ciclos por segundo.

De esta manera, la señalización de espaciamiento permite que los trenes circulen uno tras otro sin riesgo de alcanzarse. Para permitir un control visual del estado de la señalización, existen diferentes puntos de vista de observación.

En los puestos de maniobra local, existe un tablero de control óptico (T.C.O.), de la propia terminal y de su zona de depósito, donde se reproducen las condiciones de operación, señalando la posición de los aparatos de vía, circuitos de vía ocupados y la indicación de cada una de las señales del P.C.C., donde se complementa con las informaciones de pilotaje automático y mando centralizado de toda la línea.

## **11.2 MANDO CENTRALIZADO**

Estas instalaciones de mando centralizado, tienen la función de concentrar la información generada por las instalaciones de señalización, pilotaje automático y telecomunicaciones en el puesto central de control P.C.C., el cual se encarga de la regularización de la red.



Para lo anterior se tienen instalados armarios de mando centralizado en los locales técnicos de cada estación, enlazados con el puesto central de control (P.C.C.), con cables de control, especiales para este servicio..

La centralización de la información de mando y control de los sistemas, se hace a través de la teletransmisión que está incorporada con el sistema base, la cual deberá tener un porcentaje de disponibilidad elevado.

La teletransmisión se divide en dos áreas con sus respectivos equipos de telecontrol y telemando, los cuales son independientes, ya que la intervención en uno, no tiene influencia en el otro. No estando sincronizados con ningún otro equipo.

Este sistema de teletransmisión no cuenta con memoria de retención momentánea, por lo que la información debe tomarse en cuenta en el momento en que se recibe, lo que implica transmisiones cíclicas independientes.

Tomando en cuenta el movimiento que resulta de la codificación de 1389 bits/seg., para telemando, y de 1133 a 1269 bits/seg., para telecontrol, el equipo de control centralizado del tráfico no emite ninguna orden, que tenga una sección directa sobre la seguridad, no se requiere de la seguridad intrínseca con que cuentan los demás sistemas.

De esta manera, las órdenes y controles están asociadas a una codificación directa, cuyo principio es una transmisión cíclica al nivel de un carácter que representa un mando o un control al nivel de carácter y distribuyendo los bits sobre el conjunto del mensaje, para que al detectar bits al nivel de los registros del equipo no resulte en la aplicación de códigos detectables.

La forma de utilizar la distribución de los bits de control en el mensaje puede ser un medio de impedir la decodificación de las informaciones y consecuentemente, la aparición de códigos erróneos, llevándose a cabo el nivel de cada equipo de teletransmisión, en función de la composición del mensaje.

El equipo de control de tráfico es un conjunto autónomo modular, donde las funciones de mando y decisión se dan al nivel del P.C.C., y los equipos en los locales técnicos de estación, aseguran su reproducción estableciéndose junto con la teletransmisión, el conjunto del sistema base.

Para controlar de forma fácil la interfase mando centralizado y señalización, en especial en zona de maniobras, se tiene por línea un tablero de control óptico (T.C.O.), donde se indica la posición de aparatos de vía, la ocupación de cada C.D.V., así como el número del tren que lo ocupa. En este mismo T.C.O., se materializan los mandos y controles de las funciones operativas de tracción, así como las zonas del radioteléfono de trenes.

Existe una computadora de gestión de operación, la cual sintetiza las informaciones de la línea para la compilación y creación de programas, cuya configuración es evolutiva, adaptándose a las necesidades de tráfico y basándose en el centro estadístico de usuarios, determinando horas pico de operación y las horas valle para establecer el intervalo que debe existir entre trenes en una línea. La estructuración del sistema se articula alrededor de una red de alta velocidad, de una unidad aritmética micro-programada y de una red de enlace de memoria; el fin primordial de esta computadora es mantener la regulación entre trenes, con un intervalo mínimo de 90 segundos.

Para obtener los intervalos, el conductor tiene una señal de cada tipo de marcha en cada estación, o sea un indicador de despacho bajo orden (D.B.O.), el cual indicará bajo que tipo de marcha deberá recorrer la siguiente ínter estación, en caso de cambio de conducción manual a conducción en pilotaje automático, el cambio se hará automáticamente.

Otro sistema centralizado en el P.C.C., es el de comunicaciones aquí se generan todos los mensajes y música ambiental que se escucha en una estación, en una línea o en toda la red.

### 11.3 PILOTAJE AUTOMÁTICO

Las instalaciones de pilotaje automático, permiten la uniformidad en la marcha de los trenes e imponen una velocidad, eliminando la participación del conductor. De esta forma se consigue la optimización de la operación de una línea y del sistema del Metro, con base en las limitaciones de material rodante y respetando las normas de seguridad.

El pilotaje automático, se apega a la señalización y al contexto del tráfico, con lo cual puede efectuar varios tipos de marchas; acelerada, normal, lenta y de lluvia.

El principio de operación del pilotaje automático, es la captación de altas y bajas frecuencias, las que permiten la transmisión de información a un microprocesador a bordo del tren; asegurando la correcta marcha de una estación a otra y verificando que las condiciones de seguridad se cumplan.

Las instalaciones del pilotaje automático, están formadas por una parte móvil y la otra fija, esta última la constituye un programa dispuesto sobre la vía, que materializa en cada punto de la línea la información lógica proveniente de un armario electrónico, en correspondencia con la señalización lateral del túnel y las ordenes generadas por el mando centralizado.

La parte móvil se encuentra montada sobre el tren y tiene la función de captar las señales enviadas por la parte fija en la vía, las cuales interpreta y traduce en órdenes que se transmiten a los propios equipos del tren. La interrupción de las señales de vía ocasiona un paro intempestivo del mismo, con frenado de urgencia.

El programa de velocidad inscrito en la vía, está constituido por un cable inductor que contiene discontinuidades geométricas, delimitando en segmentos dicho programa. La longitud de un segmento proporciona la velocidad que desea imponer sobre el tramo correspondiente ya que el tren capta por inducción las señales y

órdenes diversas, por las breves interrupciones de la captación debidas a la discontinuidad de los segmentos, tomando así referencias de su avance.

El dispositivo inductor, genera una corriente alterna del orden de 60 miliamperes, con una frecuencia de 134.5 a 135.5 kilohertz, modulada por una o varias frecuencias bajas, comprendidas entre 1.08 y 225.6 Hz.

La inducción segura de las señales de vía al tren, es función de las altas frecuencias, mientras que las de bajas frecuencias modulares, son para transmitir al material embarcado informaciones discretas.

La alimentación lógica se efectúa por medio de generadores los cuales se encuentran ligados a los circuitos eléctricos de los sistemas de mando de señalización. La longitud de los dos segmentos del programa está calculada de tal forma, que el tiempo de recorrido de estos segmentos, cuando el tren lee el programa inscrito, sea igual al tiempo de referencia de 300 milisegundos.

Si el tiempo de recorrido es superior, esto significa que el tren lleva una velocidad menor a la requerida, por lo que se ordenará un traccionamiento más enérgico. Pero sí este tiempo es inferior, significa que el tren va más rápido, ordenándose un frenado de servicio.

Cuando, el tiempo de recorrido es igual al de referencia, el tren continúa circulando a una velocidad constante.

La velocidad es la resultante de la geometría del programa, mientras que otras informaciones particulares, son debidas al código de utilización de las bajas frecuencias, las cuales modulan la alta frecuencia presente en el programa de un tramo considerado.

Entonces es posible que dos programas de pilotaje automático puedan diferir para la información de espacios; geometría de las líneas de transmisión, también llamada línea programa.

En caso de que falle el pilotaje automático o la conducción manual controlada (C.M.C.), un sistema especial de que esta provisto el tren provoca el frenado de urgencia y hasta que pare totalmente el tren, el conductor puede optar por los dos modos de circulación siguientes:

- Conducción manual limitada (C.M.L.)- Permite circular a una velocidad de 50 Kms./Hora en ínter estaciones, 25 Kms./Hora en zona de maniobras y 15 Kms./Hora en talleres.
- Conducción manual restringida (C.M.R.)- Que autoriza una velocidad de 35 Kms./Hora en todas las zonas.

La utilización del sistema C.M.R., no se podrá efectuar si primeramente es posible utilizar el sistema C.M.L., y este no podrá utilizarse, si está en condiciones de operación normal la conducción manual controlada (C.M.C.) o el pilotaje automático (P.A.)

Cuando lleguen a fallar las cuatro formas de conducción anteriores, el conductor tiene la posibilidad de recurrir a la conducción manual libre, a una velocidad media limitada, donde una señal luminosa y sonora recuerda al conductor y señala al exterior del tren, la utilización de este modo excepcional de conducción.

#### **11.4 TELECOMUNICACIONES**

Para una operación óptima de la red del Metro y coordinar todas las actividades, es necesario tener un sistema de comunicación interno adecuado.

Esta comunicación, se hace por medio de tres sistemas básicos de telefonía, con lo que se enlaza cada punto clave de una línea, con el resto del conjunto operativo y administrativo, tales telefonías son: Automática, directa y de trenes.

**TELEFONÍA AUTOMÁTICA.-** Todos los locales como son: Técnico, subestación, jefe de estación, taquillas y permanencias, así como el andén, etc., de cada estación y de cada línea cuenta con una extensión telefónica. De esta forma por medio de un conmutador de 2000 líneas, se tiene el sistema de telefonía automática para enlazar y coordinar todas las actividades, para la operación del sistema.

**TELEFONÍA DIRECTA.-** Se tiene en zonas de maniobras de trenes, por medio de un teléfono instalado junto a cada señal de maniobra; con lo que el conductor puede comunicarse y coordinarse con el regulador de tráfico. En los gabinetes de emergencia de mitad de andén, también se tiene un sistema directo, para servicio de los usuarios en caso de emergencia, al levantar el auricular de este teléfono rojo, para comunicarse al centro de comunicaciones (C.C.) del puesto central de control (P.C.C.), se enciende una señal luminosa en el mismo, indicando que esta estación solicita ayuda, estos aparatos sólo sirven para llamar y no para recibir llamadas. Para personal de mantenimiento o servicios de rescate, existe un teléfono directo que utiliza la línea de los ruptores de emergencia, donde es posible conectar teléfonos autogeneradores o de magneto.

**TELEFONÍA DE TRENES.-** es usada para la operación normal y permite la comunicación de un tren en movimiento con el P.C.C., o con el puesto de maniobras de talleres. La portadora de las señales de este sistema es la barra guía conductora de la alimentación eléctrica.

Como se mencionó anteriormente, cada línea está dividida según las zonas de tracción, a las cuales el regulador de tráfico puede comunicarse selectivamente. Todos los trenes que se encuentren en una misma zona de tracción, se encuentran en comunicación paralela.

Cuando un tren pasa de una zona a otra, el regulador de tráfico debe de seleccionar la nueva zona ocupada, ya que por medio de mando centralizado, se conoce la posición e identificación de los trenes en las líneas.

Para un nivel de emisión dado, el nivel en la salida de baja frecuencia de los receptores es constante a tres decibeles no importando la posición del tren en la línea. El enlace se efectúa por una sola frecuencia portadora; la corriente portadora es modulada en frecuencia, que puede estar comprendida entre 70 y 120 KHz.

La transmisión de la modulación, se efectúa por un par telefónico entre el P.C.C., y cada armario de telefonía de alta frecuencia (T.H.F.), en los locales técnicos de las estaciones; esta modulación sea cual fuera su sentido de transmisión, se presenta bajo la forma de corriente telefónica.

El control de alimentación normal de los armarios T.H.F., se efectúa por la emisión de armónicas, frecuencias musicales, emitidas sobre un par único por líneas del Metro, pasando de armario en armario hasta el P.C.C.

## CAPÍTULO XII

### ASPECTOS ADMINISTRATIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN

#### 12.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La Administración de Empresas, nace con el hombre mismo, desde la primera cacería, el primer gobierno, etc., surge la primera empresa.

La primera empresa, nace en el momento en que se reunieron varios individuos con un fin común, anteponiendo el bien común al bien individual.

Algunos conceptos registrados en la historia, con respecto a la Administración de Empresas, son los siguientes:

a.- En papiros egipcios que datan del año de 1300 A.C., donde se menciona la importancia que se daba a la administración en los estados burocráticos de la antigüedad.

(“Administración Lepawsry 1949)

b.- En China, en las parábolas de Confusio, se encuentran sugerencias prácticas para la Administración Pública.

(“La Filosofía Política del Confusionismo” Tisu, 1932)

Por lo anterior se puede decir que desde el nacimiento del hombre, hasta el año de 1895 D.C., existe muy poco desarrollo del registro administrativo y sólo podemos citar los siguientes personajes con sus aportaciones respectivas a la administración.

Facciolo	(Año 1494)	Escribe algunos principios elementales, de registros contables.
Adam Smith	(Año 1776)	Desarrolla la macroeconomía y algunos conceptos de economía administrativa.
A.C. Babbage	(Año 1832)	Desarrolla el cálculo aritmético aplicado a la Administración.
A.T.R. Towne	(Año 1863)	Quién analiza algunos procesos industriales.



A. Marshall (Año 1890) Quién escribe sobre micro economía.

Fue en realidad en el año de 1895, cuando aparecen los escritos de Frederick Winslow Taylor (1856-1915) entre los que podemos citar.

“El Sistema de Velocidad de producción por Pieza” (1895)

“El Arte de cortar metales” (1906)

“Los Principios de la Administración Científica” (1911)

Esta última, fue su obra maestra y por ello se le nombre el padre de la administración científica, además introdujo el análisis de tiempos y movimientos en la industria.

Taylor fue el hombre que empezó una tendencia enfocada totalmente a la productividad, tendencia que ha sido muy criticada por deshumanizar el trabajo del hombre.

Los principios de la Administración Científica de Taylor son los siguientes:

- a.- La iniciativa de la parte obrera, su experiencia y su ingenio, se sumaban al “saber hacer las cosas” y formaban el patrimonio que el trabajador ponía en juego frente al empleador y sus representantes.
- b.- Los propósitos de Taylor, consistían en cambiar este estado de cosas. Le parecía que “la administración estaba en cierto modo supeditada a los trabajadores, porque si éstos no querían aplicar su experiencia en lo que sabían, el trabajo no se realizaba.
- c. - El plan de Taylor, para obtener tales propósitos, consiste en los puntos básicos siguientes:
  - 1. - El trabajo debería ser tratado objetivamente como una cosa, susceptible de ser planeado, calculado, medido y estandarizado.

2. - Al convertir el trabajo en una tarea, los jefes tomaban la iniciativa planeando y organizando las actividades. Ellos serían los que dirían como, donde y cuándo deberían llevarse a cabo y quién o quiénes las realizarían.
3. - Los trabajadores serían contratados para una labor puramente operativa, mecánica, rutinaria y su único incentivo porque no necesitarían otro, sería de carácter económico.
4. - Este plan contiene lo más importante de la "Administración Científica".

El siguiente gran precursor de la Administración fue Henry Fayol (1841-1925), nace en Constantinopla y estudia en la escuela de Minas de Saint Etienne, convirtiéndose rápidamente en un prominente industrial del carbón y del acero.

A diferencia de Taylor, consideró que más importante que organizar el trabajo en la línea productiva era encontrar principios generales para organizar la empresa, obteniéndose de estos principios generales, la primera "Teoría de la Administración".

En resumen el trabajo de Fayol consiste en:

- a.- Generalizar que todas las actividades que se realizan en una empresa, se pueden clasificar en la siguiente forma; técnicas, comerciales, financieras, de seguridad, contables y administrativas.
- b.- Dentro de la actividad administrativa, a la cual dedicó su mayor estudio, considera las siguientes funciones como las principales:

La planeación  
La organización  
La dirección  
La coordinación  
El control

c.- Fayol identifica algunos principios generales dentro de la actividad administrativa:

- División de trabajo
- Autoridad y responsabilidad
- Disciplina y responsabilidad
- Unidad de mando
- Unidad de dirección
- Remuneración al personal
- Línea de autoridad
- Iniciativa
- Espíritu de equipo.

A continuación se mencionan algunos precursores de la Administración actual.

Elton Mayo (1880-1949), aplicó las ciencias del comportamiento (Psicología, Sociología y Antropología), en las siguientes áreas (motivación del empleado, el mando, la comunicación, el desarrollo de personal y el estudio del sistema social de la organización).

Karl Pearson (1857-1936), su enfoque importante fue el de, la aplicación de las técnicas cuantitativas a la administración. Desarrolló las primeras tablas estadísticas.

Técnicas cuantitativas:

- a.- Determinísticas
  - El cálculo
  - El análisis de decisiones determinísticas
  - La teoría de redes
  - La programación lineal
  - La programación dinámica
  - La teoría de juegos

b.- Estocásticas

La Teoría de la probabilidad y la estadística

El análisis bayesiano de decisiones

La teoría de inventarios

Las cadenas Markov

La simulación.

Estas tendencias de Elton Mayo y de Karl Pearson, son divergentes, ya que unas trabajan con ciencias descriptivas, analizando y describiendo la realidad. Mientras que las otras trabajan creando modelos que se asemejen al comportamiento real o sea ciencias normativas.

Durante los últimos años (1965-1975), se ha desarrollado un nuevo enfoque: "El enfoque de sistemas" que intenta desarrollar una visión comprensiva normativa y descriptiva haciéndolas converger. Dentro de este enfoque se han desarrollado dos sub-enfoques, complementarios:

a.- La Administración por objetivos

b.- La estrategia de empresa.

## 12.2 PROCESO ADMINISTRATIVO

Las empresas dedicadas a la industria de la construcción al igual que la generalidad de las empresas, cumplen con todas las características del proceso administrativo y son las siguientes:

a.- Planeación

b.- Organización

c.- Dirección

d.- Control

A continuación se tratará de describir cada uno de los pasos de un proceso administrativo.

a.- **PLANEACIÓN.**- El concepto clásico de la planeación, es la definición de políticas, procedimientos, métodos y normas para lograr los objetivos. En el enfoque moderno de la planeación, es el enfoque abierto, es decir considerar a la empresa como un sistema abierto estudiando sus interrelaciones externas.

En la construcción, de la instalaciones electromecánicas del Sistema de Transporte Colectivo, de la ciudad de México la planeación de los trabajos, se efectúa en base a los siguientes lineamientos.

- 1.- Plan maestro de transporte, ciudad de México.
- 2.- Plan de puesta en servicios de cada línea
- 3.- Plan de construcción de obras inducidas
- 4.- Plan de construcción de obra civil
- 5.- Presupuesto autorizado para la obra, factibilidad y distribución de recursos
- 6.- Plan de necesidades o prioridades
7. - Políticas de las autoridades del gobierno del Distrito Federal.

Dicha planeación es realizada por los funcionarios de la Dirección General de Construcción de Obras del Sistema de Transporte Colectivo (D.G.C.O.S.T.C.), encargada de la ejecución de las obras.

Para la ejecución de las obras, la D.G.C.O.S.T.C., contrata a una empresa constructora, para este caso es, ICA CONSTRUCCIÓN URBANA, S.A. DE C.V., la cual realiza las obras electromecánicas a excepción de los trabajos de señalización, mando centralizado, pilotaje automático y telecomunicaciones. Estos trabajos se contratan a través de licitaciones internacionales y las han estado efectuando empresas francesas.

A continuación se analizarán, todos los pasos del proceso administrativo, en función de la empresa contratista ICA CONSTRUCCIÓN URBANA, S.A. DE C.V., para la planeación dentro de dicha empresa en la ejecución de la obra, se deberán considerar los siguientes puntos básicos:

- a.- Programa de entregas de obra civil
- b.- Programa de suministros por parte de la D.G.C.O.S.T.C.
- c.- Alcance de obra
- d.- Correlación con otras empresas contratistas de la obra electromecánica.
- e.- Programa de ejecución de obra
- f.- Programa de suministro de materiales, utilización de equipo y utilización de mano de obra.

A.- PROGRAMA DE ENTREGAS DE OBRA CIVIL.- La relación o dependencia que tendrá la obra electromecánica, con respecto a la obra civil, es de que será necesario que esta haga entregas parciales por locales y áreas específicas con fechas compromiso, con las entregas de obra civil, se podrán iniciar los trabajos de obra electromecánica. Por lo anterior para la planeación de la empresa contratista, es necesario contar con este programa.

B.- PROGRAMA DE SUMINISTROS POR PARTE DE LA D.G.C.O.S.T.C.- Para la ejecución de la obra, la D.G.C.O.S.T.C., suministra determinados materiales que normalmente son los de mayor costo y que tienen mayor dificultad de conseguir en el mercado. Por lo tanto la D.G.C.O.S.T.C., deberá proporcionar un programa de suministro a la empresa constructora, para que se contemple en la planeación.

C.- ALCANCES DE OBRA.- El volumen de obra total de las instalaciones del Metro, se distribuirá según los alcances generales de obra, siguientes:

DIRECCIÓN DE OBRA CIVIL: La obra civil completa, acabados generales, tubería conduit ahogada en concreto, cableado de circuitos derivados de alumbrado y contactos de estaciones, cárcamos en general (bombas y tuberías) y anuncios de señalización.

DIRECCIÓN DE OBRA ELECTROMECAÁNICA: Subestaciones, tableros generales de distribución y secundarios instalación de charolas y tuberías aparentes, alumbrado, contactos y cableado general de ínter estaciones, cableado de

conductores alimentadores a tableros y motores, equipo de estación (torniquetes, escaleras mecánicas y taquillas), equipo de ventilación, charolas pluviales, gabinetes vs. Incendio, colocación de perfiles para la vía (rieles, barra guía y pistas metálicas), balasto o concreto para colocación de la vía, equipos y cableado de (señalización, pilotaje automático, mando centralizado y telecomunicaciones), pruebas y puesta en servicio del Metro.

En la D.G.C.O.S.T.C., para efectuar su trabajo, cada área tiene sus empresas contratistas con las cuales coordina y planea la ejecución de los mismos.

Tomando como base los alcances, cada compañía contratista realizará su cuantificación, según proyecto y elaborará sus requisiciones, así como un programa de suministro de materiales, mano de obra, herramienta y equipo.

**D.- CORRELACIÓN CON OTRAS EMPRESAS CONTRATISTAS DE LA OBRA ELECTROMÉCANICA.-** La compañía, ICA CONSTRUCCIÓN URBANA, S.A. DE C.V., deberá planear y programar la ejecución de la obra, basándose en los requerimientos de las compañías francesas que ejecutan los trabajos de especialidades, ya que sus trabajos son posteriores y dependientes de los que realiza la primera, también se basan en el programa general de puesta en funcionamiento de la línea.

**E.- PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA.-** Considerando todos los puntos anteriores, se elabora la planeación y programación de la ejecución de todos los trabajos, correspondientes a la compañía constructora. A partir del programa de obra, se elaboran los programas particulares de: suministro de materiales, utilización de equipo y maquinaria, así como las necesidades de personal administrativo y de campo.

**b.- ORGANIZACIÓN.-** La Organización clásica es por departamentos y consiste en agrupar actividades formando unidades, que pueden ser utilizando diferentes bases (por su número, por función, por producto, por territorio, por cliente, por proceso, por proyecto).

El concepto moderno de Organización es a través del enfoque de sistemas, y que consiste en tomar en cuenta todos los factores o interrelaciones al sujeto o sistema en estudio. Un sistema es un conjunto de elementos coordinados para obtener un conjunto de objetivos, y básicamente son los siguientes:

- a.- Los objetivos del sistema
- b.- El enfoque del sistema
- c.- Los recursos del sistema
- d.- Metas y medidas del sistema
- e.- La administración del sistema

La organización en la Empresa Constructora ICA CONSTRUCCIÓN URBANA, S.A. DE C.V., normalmente se realiza haciendo la división por línea del Metro de tal forma que para cada línea exista una organización completa, con los departamentos y niveles siguientes:

DIRECCIÓN GENERAL	DEPARTAMENTOS	SUB-DEPTOS.	SUPERVISIÓN	OPERACIÓN	
Supte. General	Jefe Administrativo	Jefe de Almacén	Archivista Recepcionista	Despachadores	
		Jefe de Personal	Auxiliar Jefe Tom. Tpo.	Secretaria Tom. De tiempo	
		Jefe de Seg. Y Vigil.	Jefe de Seguridad Jefe de Vigilancia	Superv. Seguridad Vigilantes	
		Jefe de Contab.	Contador.	Auxiliar	
	Supte. Electr.	Jefe de Obra	Jefe de frente Sobrestante	Cabo Eléctrico. Obreros	
		*Auxiliar Técnico			
	Supte. Vías.	Jefe de Obra	Jefe de frente Sobrestante	Cabo de Vías. Obreros	
		*Auxiliar Técnico			
	Supte. Sumin.			Jefe de frente	Verific. Ent. Alm. Coor. De Requisiciones
	Supte. Maquin.	Jefe de Obra		Jefe de frente Sobrestante	Mec. En Diesel Mec. En gasolina Electromecánico

\*Auxiliar Técnico puede ser de (Supte., Jefes de obra ó Jefes de Frente).



**C.- DIRECCIÓN.-** En su concepto clásico de la dirección, consiste en los siguientes puntos básicos:

- A.- Motivación
- B.- Comunicación
- C.- Liderazgo
- D.- Estilo de mando

El concepto moderno de la Dirección, es además de los puntos anteriores un fuerte énfasis en la determinación y negociación de objetivos específicos perfectamente cuantificables y medibles, respecto al tiempo.

De la Motivación, podemos citar los siguientes puntos importantes:

**FACTORES:** El comportamiento de un individuo se guía por sus motivos insatisfechos. El comportamiento motivado está dirigido siempre hacia el logro de metas específicas.

**CATEGORÍAS DE MOTIVOS:** No se conservan directamente, sino en metas observables, las tres categorías de motivación son:

**FÍSICAS.-** Se relacionan con necesidades biológicas básicas.

**SOCIALES.-** Su satisfacción depende del contacto de otras personas.

**IDEOLÓGICAS.-** Son peculiares en el hombre.

**MOTIVACIÓN MULTIPLE Y CONFLICTO DE MOTIVOS:**

**MOTIVOS.-** Consciente e Inconsciente

**CONFLICTO DE MOTIVOS.-** Acercamiento-Acercamiento

Acercamiento-Rechazo

Rechazo-Rechazo

**JERARQUIZACIÓN DE MOTIVOS.-** El desarrollo de un motivo más elevado depende de la satisfacción de los inferiores.

## MOTIVACIÓN MORAL Y PRODUCTIVIDAD:

MOTIVACIÓN NEGATIVA.- Amenaza de disminuir la satisfacción de motivos. Lleva un conflicto Rechazo-Rechazo

MOTIVACIÓN POSITIVA.- Oportunidad de satisfacer motivos.

Con respecto a la Comunicación, se pueden explicar los siguientes puntos:

## CONCEPTOS BÁSICOS:

ELEMENTOS.- Emisor, receptor, canal y símbolos.

RETROTRASMISIÓN.- Es la observación del emisor, del efecto de sus acciones en el comportamiento del receptor y puede ser:

EXITOSO - Cambio deseado

ERRONEO - Cambio no deseado

N U L O - Sin cambio

## FACTORES PSICOLÓGICOS:

Identificación del Objetivo del emisor

Conocimiento de los motivos o actitudes del receptor

Evitar el estereotipo (categorización rígida)

Flexibilidad (categorización flexible)

## SIMBOLOGÍA:

SEMANTICA.- Ciencia del lenguaje y sus significados

PALABRAS CONCRETAS .- Define un objetivo

PALABRAS ABSTRACTAS CONNOTATIVAS.- Tiene un significado interno, solamente hacen relación de la abstracción.

DENOTATIVAS.- Significado más general, anuncian o significan al objeto o la acción.

CONTEXTO.- Proporciona un marco de referencia para definir la palabra.

ESTRUCTURA DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN:

CIRCUITO DE COMUNICACIÓN-FLUJO DE INFORMACIÓN  
RED DE COMUNICACIÓN.- Un sistema de centros de toma de decisiones intercomunicadas por canales de comunicación.

ELEMENTOS:

A.- Un sistema de centros de toma de decisiones

B.- Un número de canales de comunicación

En cuanto al Liderazgo, tenemos que tienen las siguientes características:

ENFOQUE ORIENTADO AL LIDER PARA ESTUDIAR EL LIDERAZGO:

ENFOQUE DEL GRAN HOMBRE.- Cuando es un líder por naturaleza.

ENFOQUE DE LOS RASGOS.- Inteligencia, habilidad para la Comunicación, Habilidad para determinar las metas del grupo.

ENFOQUE DEL COMPORTAMIENTO.- Es la cantidad relativa de tiempo que el individuo emplea en actividades tales, como la planeación, motivación, y comunicación. De acuerdo a esto, existen dos tipos de líderes: Aquellos que se consideran que han logrado el éxito y aquellos que no lo han hecho.

EL GRUPO, BASES PARA SU ELEVADA PRODUCTIVIDAD:

- 1.- METAS EXPLICITAS
- 2.- LOS INDIVIDUOS NECESITAN VER LA RELACIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL GRUPOS CON SUS OBJETIVOS PERSONALES.
- 3.- LOS TRABAJADORES NECESITAN ENCONTRAR UNA SATISFACCIÓN Y UN SIGNIFICADO EN EL MISMO TRABAJO.

LA ORGANIZACIÓN.- Al intentar cambiar el clima del liderazgo necesitamos comenzar en la parte superior de la Organización.

ENFOQUE DE LAS SITUACIONES DEL LIDERAZGO.- Los requisitos del Liderazgo pueden cambiar con:

- El nivel administrativo
- El área funcional
- El tiempo

ESTILOS DE LIDERAZGO:

En cuanto al método motivacional usado

- Positivo
- Negativo

En cuanto a la delegación de autoridad

- Centralizado
- Descentralizado

d.- **CONTROL.-** El control básicamente consiste en simular el comportamiento de algunas variables importantes, determinando un comportamiento estándar, comparar periódicamente los resultados reales con los estándares y por último llevar a cabo la acción correctiva, por lo tanto el control es:

- A.- Determinar estándares (proviene de la planeación)
- B.- Comparar resultados reales con los estándares
- C.- Tomar una acción correctiva

Para llevar el control, existe la ayuda de diversos dispositivos dentro de los que podemos citar algunos:

- 1.- Presupuesto y programas
- 2.- Informes estadísticos
- 3.- Análisis del punto de equilibrio y análisis económico
- 4.- Reportes especiales de control con la ayuda de técnicas cuantitativas.

#### VARIABLES A CONTROLAR EN UNA EMPRESA.

##### A.- DE COSTO DIRECTO:

Mano de obra, Materiales, Equipo y Productividad

##### B.- DE COSTO INDIRECTO:

Administración de campo

##### C.- PARAMETROS: (No variables)

Administración central (oficina matriz)  
Fianzas y seguros  
Impuestos

Actividades que se llevan para el control de la obra del departamento eléctrico, de una línea en la Empresa ICA CONSTRUCCIÓN URBANA, S.A. DE C.V.

- 1.- COMPARATIVO DE COSTOS REALES CON COSTOS PRESUPUESTADOS
- 2.- COMPARATIVO DE AVANCE DE OBRA REAL CON LA PRESUPUESTADA
- 3.- COMPARATIVO DE RENDIMIENTOS REALES CON PLANEADOS
- 4.- COMPARATIVO DE AVANCE DE OBRA CONTRA ESTIMACIONES (DETECTAR OBRA EJECUTADA "NO" ESTIMADA O.E.N.E.)
- 5.- CONTROL GRÁFICO
- 6.- CONTROL DE CANTIDADES PRINCIPALES DE OBRA
- 7.- CORTES A PROGRAMAS PARCIALES Y TOTALES.

Al llevar el control de cada uno de los puntos anteriores se podrán detectar atrasos o desviaciones y se implementarán las medidas correctivas respectivas.

### **12.3 ADMINISTRACIÓN ENFOCADA A RESULTADOS**

La administración por objetivos es el enfoque del pensamiento administrativo de poner énfasis en los resultados y en poder planear esos resultados (objetivos) con éxito.

Consiste en llevar una serie de procedimientos y métodos para determinar, negociar, revisar, evaluar y corregir una serie de metas parciales y totales. Tanto de los individuos como de los subsistemas y de los sistemas de la Empresa.

Existen dos teorías para la negociación de objetivos; los objetivos son impuestos por los superiores y en la otra los objetivos son fijados por los inferiores. En la práctica se ha demostrado que la negociación combinada de las dos teorías, es la que nos proporciona mayor éxito.

Cada jefe negocia, con sus subordinados objetivos perfectamente cuantificables y medibles, respecto al tiempo y esos objetivos se revisan periódicamente.

Pasos a seguir para la implementación de esta Administración, en una Empresa.

- 1.- Se determinan y escriben los objetivos y políticas comparativas, de la empresa.
- 2.- Objetivos por sistemas
- 3.- Objetivos departamentales o por proyectos
- 4.- Objetivos individuales

Las juntas de revisión son normalmente mensuales, el éxito depende de la coordinación entre los objetivos individuales y los objetivos de la Empresa. La suma de los objetivos individuales deben ser los objetivos de la Empresa.

Una forma conveniente para el control de programas y de la obra en sí, lo podemos obtener si llevamos objetivos en la obra. Un objetivo es un programa que nos fijamos para alcanzarlo o lograrlo.

Los objetivos que se sugieren, para llevar en las obras, son los siguientes:

- A.- Objetivo avance
- B.- Objetivo costo
- C.- Objetivo estimación
- D.- Objetivo ingreso
- E.- Objetivo remesas
- F.- Objetivo financiamiento

La forma de llevar los objetivos, se realizarán al iniciar la obra o proyecto y cada mes deben ser revisados y actualizados.

## **12.4 PRECIOS UNITARIOS**

Todo proyecto de construcción de una obra debe estar enfocado hacia el bien de la Sociedad y por lo tanto debe estar completo desde el punto de vista técnico y justificado desde el punto de vista económico.

Corresponde a las dependencias, planear los proyectos de construcción de las obras públicas y a las empresas constructoras, ejecutar la construcción de las obras con la supervisión de aquellas.

La experiencia nos ha demostrado que es en la ejecución de una obra donde se presentan los problemas, tanto en el proyecto, como en el costo de una obra. Por lo tanto en las empresas constructoras y las dependencias, deben enfocar su máxima atención hacia la capacitación de los recursos humanos que van a ejecutar las obras.

Los ingenieros de obra, deben controlar los costos de la misma, conociendo a detalle todos los elementos que intervienen en la producción para controlar oportunamente las desviaciones que se presenten y para tomar las decisiones que sean necesarias, con el fin de no encarecer la obra sin demérito de la calidad de la misma y de su tiempo de ejecución.

Una forma de lograr lo anterior, es utilizando en una obra, los precios unitarios.

#### **PARTES CONSTITUTIVAS DE UN PRECIO UNITARIO (P. U.)**

**COSTO DIRECTO.-** Se incluyen todos aquellos conceptos que influyen directamente en la ejecución de un trabajo determinado. Está integrado por:

- A.- Mano de obra
- B.- Materiales
- C.- Equipo y herramienta
- D.- Sub - contratos

**MANO DE OBRA.-** En el costo de mano de obra, se incluye el costo empresa de todos los trabajadores que realizan directamente la obra. El costo empresa, es el salario básico que percibe el obrero, multiplicado por un factor que incluye los pagos adicionales que deben hacerse al trabajador o instituciones como son pagos



adicionales por horas extras, pagos al Seguro Social, vacaciones, alimentaciones, etc.

**MATERIALES.-** En el concepto se incluyen todos los materiales que se emplean directamente en la ejecución de un concepto de obra, ya sean materiales permanentes o de consumo. El costo de los materiales debe incluir su transporte y almacenaje en la obra. Si los materiales tienen un valor de rescate, se podría deducir éste del costo total de materiales.

**EQUIPO Y HERRAMIENTAS.-** El costo directo por concepto de equipo, se determina en función del costo horario de los equipos empleados directamente en la realización de un concepto, multiplicado por las horas totales que se requiere que trabaje el equipo. El costo horario del equipo de construcción está constituido por el costo horario de la depreciación, mantenimiento, consumos, almacenamiento, impuestos y seguros. En el costo directo aplicable por concepto de herramientas, se aplica en función del rendimiento de la herramienta por su costo.

**SUB-CONTRATOS.-** Las cotizaciones de los Sub-contratistas, se toman como un costo directo de ejecución del trabajo.

**COSTO INDIRECTO.-** Se incluyen todos aquellos conceptos que son necesarios, aunque sea en forma indirecta para la ejecución de la obra. Normalmente se aplican como un porcentaje del costo directo, esta integrado por:

A.- Por administración de campo

B.- Por oficinas centrales

**A.- POR ADMINISTRACIÓN DE CAMPO.-** En este concepto se consideran los costos de las instalaciones de oficina, almacenes y taller, así como los sueldos de todo el personal a cargo de la dirección, administración y supervisión de la obra, actividades como transporte de personal, campamentos, vehículos y gastos generales de oficina (cafetería, papelería, teléfonos, agua, Luz, etc.)

B.- POR OFICINAS CENTRALES.- Incluyen los gastos para sueldos del personal directivo, técnico y administrativo, así como gastos generales, impuestos, seguros, fianzas, seguro social y prestaciones. También en este concepto se incluyen los costos por financiamiento.

UTILIDAD\_- Este porcentaje es sobre la base de un estudio del costo de oportunidad en comparación con cualquier inversión, además de las políticas de la empresa. Aquí se incluye el I.S.R., y los gastos por concepto de reparto de utilidades.

CARGOS CONTRACTUALES.- Son impuestos aplicados según las leyes en vigor y además de la localización de la obra.

Por lo general los costos indirectos, la utilidad y los cargos contractuales, se manejan como porcentajes del costo directo.

QUE ES UN ANÁLISIS DE P.U.

1. - Conocer las leyes, bases y lineamientos
2. - Conocer las especificaciones y planos.
3. - Idear un procedimiento de construcción y compararlo con otras alternativas.
4. - Analizar teóricamente los rendimientos, comparándolos con datos reales y revisar el programa de ejecución.
5. - Analizar los costos base, los costos horarios, los costos directos, y los costos indirectos.
6. - Formular el presupuesto
7. - Formular el flujo de efectivo
8. - Calcular el costo de financiamiento
9. - Dibujar las gráficas de los puntos de equilibrio
10. - Tomar decisiones (estado de resultados)

## TODO LO ANTERIOR AMERITA UNA LABOR CONTINÚA DE INVESTIGACIÓN

Los puntos 1 a 4 ameritan estudio y análisis técnico

El punto 5 es una labor mecánica

Los puntos 6 a 9 ameritan aplicar las técnicas de ingeniería de costos

El punto 10 nos dará la oportunidad de plantear soluciones y de planear las Retroalimentaciones necesarias.

Retroalimentaciones:

Del Jefe de Frente : Rendimientos y costos reales

Del Superintendente : Cambios en los procedimientos de construcción

Del Contador : Costos indirectos

De Oficinas Centrales: Tiempo en cobros, costos de oficina central,  
Financiamientos, intereses, seguros y fianzas.

## CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS:

Este trabajo al igual que cualquier proceso, tuvo un inicio y con este capítulo llega a su fin, esperando que de alguna forma pueda ser de utilidad, para cualquier persona deseosa del conocimiento o información de que está integrado.

Los puntos principales que quiero mencionar en este capítulo son los siguientes:

1. - En la Ciudad de México, al igual que en las Ciudades más grandes de nuestro País, el problema de transporte es un punto vital, que afecta la planta productiva y por lo tanto es de especial importancia, la solución del mismo.

La construcción del Metro, es una forma muy eficaz de lograr lo anterior aunque es necesario tratar de desarrollar la construcción del mismo, con tecnología mexicana,

## TODO LO ANTERIOR AMERITA UNA LABOR CONTINÚA DE INVESTIGACIÓN

Los puntos 1 a 4 ameritan estudio y análisis técnico

El punto 5 es una labor mecánica

Los puntos 6 a 9 ameritan aplicar las técnicas de ingeniería de costos

El punto 10 nos dará la oportunidad de plantear soluciones y de planear las

Retroalimentaciones necesarias.

Retroalimentaciones:

Del Jefe de Frente : Rendimientos y costos reales

Del Superintendente : Cambios en los procedimientos de construcción

Del Contador : Costos indirectos

De Oficinas Centrales: Tiempo en cobros, costos de oficina central,  
Financiamientos, intereses, seguros y fianzas.

## CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS:

Este trabajo al igual que cualquier proceso, tuvo un inicio y con este capítulo llega a su fin, esperando que de alguna forma pueda ser de utilidad, para cualquier persona deseosa del conocimiento o información de que está integrado.

Los puntos principales que quiero mencionar en este capítulo son los siguientes:

1. - En la Ciudad de México, al igual que en las Ciudades más grandes de nuestro País, el problema de transporte es un punto vital, que afecta la planta productiva y por lo tanto es de especial importancia, la solución del mismo.

La construcción del Metro, es una forma muy eficaz de lograr lo anterior aunque es necesario tratar de desarrollar la construcción del mismo, con tecnología mexicana,

lo que evitará la fuga de divisas de que es objeto nuestro país, con la importación de tecnología extranjera para la ejecución del mismo.

En la República Mexicana, actualmente existen tanto los técnicos como los obreros capacitados, para la construcción del Metro, con tecnología propia. Aunque es necesario el apoyo económico por parte de las autoridades del País, para solucionar la falta de producción de artículos manufacturados y equipo.

2. - En el momento actual en nuestro País, a causa de la crisis y de los problemas financieros por lo que se están pasando y a causa del alto costo de la construcción y operación del Metro. Es necesario investigar y desarrollar otras alternativas de transporte masivo más económico, para solucionar de una forma planeada el problema del mismo y lograr aprovechar las horas-hombre que se pierden en la transportación de los usuarios.

3. - En el aspecto seguridad de usuarios en el servicio del Metro, es necesario implementar programas de orientación para "Que Hacer" en casos de emergencia; como siniestros, incendios, pinchaduras de neumáticos, etc. Lo anterior con boletines de información, anuncios de pared, documentales en cines, etc.

4. - En el área de construcción un elemento muy importante es el de suministros de materiales y equipos. Para el funcionamiento óptimo de las instalaciones de las obras, es necesario tener especial cuidado en la calidad de los materiales y equipos que se instalan, al seleccionarlos.

Es de importancia mencionar la falta de producción, con tecnología del país de productos manufacturados y equipo, principalmente para la obra electromecánica.

Aquí en México, en la construcción del Metro en este momento se utilizan para lograr el control del mismo (señalización, pilotaje automático, mando centralizado, y telecomunicaciones), relevadores convencionales, siendo que ya se debería de

utilizar la tecnología moderna de semiconductores, lo cual repercutiría en la simplificación en cuanto a volumen de instalaciones y equipos.

5. - Es de especial importancia la capacitación y por supuesto elaborar "programas de capacitación ", para el personal técnico de supervisión y directivo, así como para el personal obrero en general. Con lo anterior se puede optimizar calidad de todos los trabajos y actividades en toda la tarea de la producción, muy especialmente en el área de la construcción la cual es su culminación en el inicio de la prestación de servicios así como la producción de bienes en general.

6. - Otro punto muy importante es el área de la concientización del elemento humano en nuestro País en todos los niveles, del compromiso de efectuar todas las actividades correctamente, motivando de la forma adecuada y en cada nivel al personal.

7. - Normalmente el feliz término de una obra, se cumple en el momento en que el cliente, recepciona toda la obra al contratista basándose en proyecto, especificaciones y Normas.

Para lograr lo anterior es necesario poner especial atención en los siguientes puntos:

- A.- Calidad de materiales y equipos
- B.- Mano de obra adecuada para cada actividad
- C.- Herramienta y equipo de construcción adecuado
- D.- Conocimiento del campo o lugar de instalación para adecuaciones en campo
- E.- Supervisión directa en campo especializada.

## BIBLIOGRAFÍA

### ESPECIFICACIONES.

-Especificación técnica de charolas, ménsulas y canal vertical (D.G.C.O.S.T.C.)

Modificación 0

1997

20 páginas

-Especificación de canaletas para cables de control, baja tensión y tracción. (D.G.C.O.S.T.C.)

Modificación 0

1997

23 páginas

-Especificación técnica para cables de baja tensión de P.V.C., tipo THW-LS, 600 volts, 90° C. (D.G.C.O.S.T.C.)

Modificación 1

1997

19 páginas

- Especificación técnica para tableros principales de distribución en baja tensión, denominados: "A", "B", y "P". (D.G.C.O.S.T.C.)

Modificación 1

1997

22 páginas

- Especificación técnica para tableros secundarios de baja tensión o centros de carga (D.G.C.O.S.T.C.)

Modificación 0

1997

11 páginas

- Especificaciones generales para unidades de iluminación fluorescentes y de alta intensidad de descarga (H.I.D.), en estaciones, vialidades del tramo superficial y talleres. (D.G.C.O.S.T.C.)  
Modificación 0  
1997  
60 páginas

## **TESIS PROFESIONAL**

- Instalación y funcionamiento de una subestación de rectificación para el Sistema de Transporte Colectivo Metro. ING. RODOLFO RANGEL LLANAS.

## **CURSOS**

- Análisis de precios unitarios ICIC 1984
- Técnicas presupuestales ICIC 1985
- Administración básica ICIC 1993

## **LIBROS**

- Máquinas eléctricas y transformadores  
Irving L. Kosow Ph. D. ED. PRENTICE HALL  
Segunda Edición  
1993  
704 páginas



- Transformadores y motores trifásicos de inducción  
 Gilberto Enriquez Harper ED. LIMUSA  
 Segunda Edición  
 Primera reimpresión  
 1977  
 236 páginas
  
- Fundamentos de corriente continua  
 Orla E. Loper ED. DIANA  
 Primera Edición  
 Tercera impresión  
 1976  
 370 páginas
  
- Principios de la administración científica  
 Frederick Winslow Taylor ED. HERRERO  
 Primera Edición en Español, Agosto de 1961  
 Vigésima Segunda Edición, Enero de 1980  
 278 páginas

## **CATÁLOGO DE FABRICANTES**

- Manual eléctrico (CONELEC)  
 Cuarta Edición  
 1989  
 403 páginas
  
- Manual técnico de cables de energía (CONDUMEX)  
 División cables de construcción  
 1983  
 63 páginas

- Instructivo y manual de operación de fuente autónoma de emergencia (SOLA BASIC)  
9 páginas
- Conexiones eléctricas (MEXERICO)  
36 páginas
- ABB Small Power Transformer (ABB)  
South Boston, Virginia U.S.A.  
31 páginas

## APÉNDICE

### ABREVIATURAS USADAS

V.C.D.	Volts. Corriente directa
V.C.A.	Volts. Corriente alterna
B.T	Baja Tensión
A.T.	Alta Tensión
AWG	American wire gages
MCM	Mils circular mils
Hz.	Hertz.
Hrs.	Horas.
Min.	Minuto
Seg.	Segundo
Mseg.	Milisegundo
M.	Metro.

- Instructivo y manual de operación de fuente autónoma de emergencia (SOLA BASIC)  
9 páginas
- Conexiones eléctricas (MEXERICO)  
36 páginas
- ABB Small Power Transformer (ABB)  
South Boston, Virginia U.S.A.  
31 páginas

## A P É N D I C E

### ABREVIATURAS USADAS

V.C.D.	Volts. Corriente directa
V.C.A.	Volts. Corriente alterna
B.T	Baja Tensión
A.T.	Alta Tensión
AWG	American wire gages
MCM	Mils circular mils
Hz.	Hertz.
Hrs.	Horas.
Min.	Minuto
Seg.	Segundo
Mseg.	Milisegundo
M.	Metro.

MM.	Milímetro
Cms.	Centímetros.
Kgs.	Kilogramos
A	Amperes
V	Volts.
°C	Grados centígrados
%	Porciento
C.D.V.	Circuito de Vía
C.M.C.	Conducción manual controlada
Mts.	Metros
V.S.A.P.	Vapor de sodio alta presión
C.M.L.	Conducción manual limitada
C.M.R.	Conducción manual restringida
T.C.O.	Tablero de control óptico
P.C.C.	Puesto central de control
D.B.O.	Despacho bajo orden
P.A.	Pilotaje automático
T.H.F.	Telefonía alta frecuencia
S.R.	Subestación de rectificación
C.S.	Contactador de seccionamiento
D.H.T.	Disyuntor de alta tensión
S.I.T.	Seccionador de aislamiento telemandado
I.V.E.	Interruptor de vía enlace
I.V.S.	Interruptor de vía secundaria
I.F.V.	Interruptor de fosa de visita
C.T.	Contactador de terminal
M.Ω. /Km.	Megaohms por Km.
M <sup>3</sup> /seg.	Metros cúbicos por segundo
C.U.	Coefficiente de utilización
Fc.	Factor de contaminación
Kms/Hora	Kilómetros por hora

Y	Admitancia de un circuito
Z	Impedancia
C.C.	Centro de comunicaciones
PO	Polietileno
XLP	Polietileno vulcanizado
EP	Etileno Propileno
C.T.P.	Contactores de Tramo de Protección
C.P.	Cupón de Protección
mm <sup>2</sup>	Milímetros cuadrados
I.U.R.	Interruptor ultra rápido
P.R.	Puesto de rectificación
Icc	Corriente de corto circuito
FAE	Fuente autónoma de emergencia
SEAT	Subestación de alta tensión
PVC	Policloruro de vinilo
C.D.	Corriente directa
C.A.	Corriente alterna
EPR	Etileno Propileno reforzado
TTB	Terminal tipo bayoneta
Km.	Kilómetro
HID	Alta intensidad de descarga
MSNM	Metros sobre nivel del mar