



50  
28  
4725  
2002

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

**"CONTROL Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA  
ELECTRICA EN LA LINEA 8 DEL SISTEMA  
DE TRANSPORTE COLECTIVO (S.T.C.) METRO"**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

p r e s e n t a

**JUAN MANUEL TOLEDO ZARAGOZA**

**ASESOR: ING. OSCAR CERVANTES TORRES**

**Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.**

**1995**



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

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

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

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



50  
28j  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

**"CONTROL Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA  
ELECTRICA EN LA LINEA 8 DEL SISTEMA  
DE TRANSPORTE COLECTIVO (S.T.C.) METRO"**

**FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

p r e s e n t a

**JUAN MANUEL TOLEDO ZARAGOZA**

**ASESOR: ING. OSCAR CERVANTES TORRES**

**Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.**

**1995**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

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

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FEB-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodriguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.B. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
"Control y Distribucion de la Energia Electrica en la Linea 8 del Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) Metro"

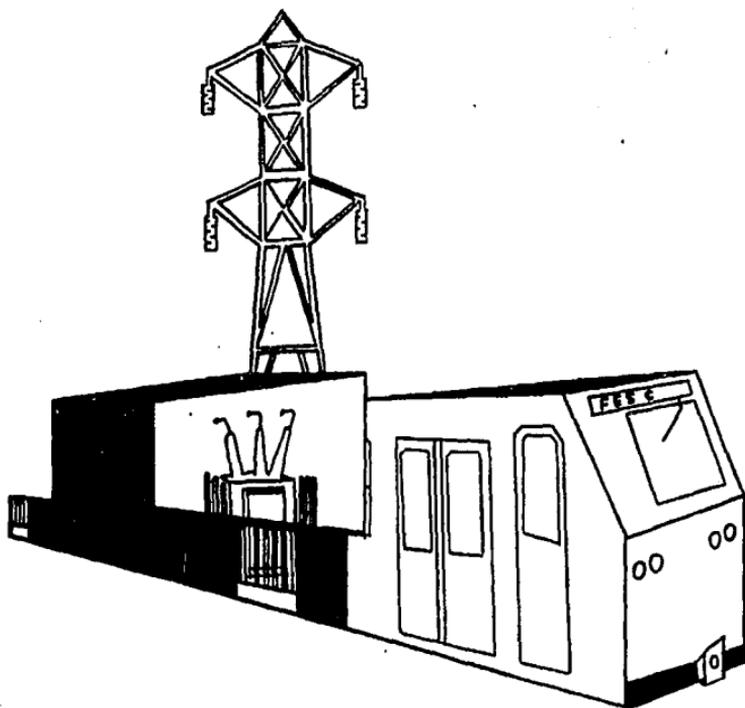
que presenta el pasante: Juan Manuel Toledo Zaragoza  
con número de cuenta: 8962164-4 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecanico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Méx., a 17 de Octubre de 1995

PRESIDENTE	Ing. Alfonso Rodriguez Contreras	
VOCAL	Ing. Benjamin Contreras Santacruz	
SECRETARIO	Ing. Oscar Cervantes Torres	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Esteban Corona Encamilla	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Ricardo Ramirez Verdeja	

**“CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA  
LÍNEA 8 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO  
(S.T.C.) METRO”**



"...Cuando nada tienes,  
...nada tienes que perder"

" Hay hombres que luchan un día,  
... y son buenos,  
hay otros que luchan un año,  
... y son mejores,  
hay quienes luchan muchos años,  
...y son muy buenos.  
pero hay hombres que luchan,  
...toda la vida,  
...esos son los imprescindibles.

**Berthold Brecht**

## **A MI PADRE**

**NICOLAS TOLEDO ARELLANO**

que gracias a sus consejos,  
regaños y sobre todo a su  
apoyo y comprensión, me  
impulso para salir adelante.

## **A MI MADRE**

**AMELIA ZARAGOZA CHAVEZ**

que con sus esfuerzos,  
desvelos y sobre todo a  
su cariño, me ayudó a  
lograr lo que para mí  
es la herencia más grande.

## **A MIS HERMANOS**

**GLORIA, ALVARO, MARCOS, JORGE,  
ROSA,** por sus grandes muestras  
de cariño y por demostrar que  
la unidad es la base del éxito.

## **A MIS FAMILIARES**

que de alguna manera contribuyeron  
en mi formación profesional.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN  
EN ESPECIAL A LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**A MIS PROFESORES,**

**A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS**

**A MI NOVIA:**

Que con su infinito amor, paciencia y comprensión incremento en mí, el deseo de superación y logramos juntos lo que considero nos pertenece a los dos.

**Al Ing. Oscar Cervantes Torres.**

Por su valiosa asesoría para la  
realización de este trabajo.

**A el Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) METRO**  
Por darme la oportunidad de desarrollarme en mi vida profesional

**A la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR)** que  
gracias a sus experiencias hizo posible el enriquecimiento de este trabajo.

A todas aquellas personas que estuvieron apoyándome para hacer  
posible el presente trabajo.

**JUAN MANUEL TOLEDO ZARAGOZA**

**"CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA  
LÍNEA 8 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (S.T.C.)  
METRO"**

# **INDICE**

PRESENTACIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6

## **CAPITULO I**

### **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RECEPCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA LÍNEA 8.**

1.1 Breve Descripción de un Sistema de Energía Eléctrica.....	20
1.2 Estructuras de Alimentación.....	23
1.3 Diagrama Unifilar.....	26
1.4 Filosofía de la Protección.....	27
1.5 Generación y Suministro de Energía Eléctrica.....	35
1.6 Recepción de la Energía Eléctrica en la Línea 8.....	47

## **CAPITULO II**

### **SUBESTACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA (SAF).**

2.1 Finalidad.....	50
2.2 Alimentación para las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza de la Línea 8.....	50
2.3 Subestaciones de Alumbrado y Fuerza (SAF).....	55
2.4 Abreviaturas Subestación Energía Alta Tensión.....	60
2.5 Equipos Alimentados por la SAF.....	63

## CAPITULO III

### SUBESTACIONES DE RECTIFICACIÓN.

3.1	Finalidad.....	67
3.2	Elementos de una Subestación de Rectificación (SR).....	70
3.3	Componentes de una SR en T y Doble T.....	73
3.4	Tipos de SR.....	80

## CAPITULO IV

### DIVISIÓN ELÉCTRICA EN LA LÍNEA 8.

4.1	Finalidad.....	82
4.2	Disyuntor de Vía (DV).....	82
4.3	Interruptor de Aislamiento Telemandado (IAT) .....	83
4.4	Seccionamientos.....	83
4.5	División Eléctrica de la Línea 8.....	88
4.6	Finalidad de los Interruptores Automáticos.....	90
4.7	Finalidad de los Seccionadores Manuales.....	93
4.8	Seccionadores de Nicho de Tracción.....	97
4.9	Seccionadores Inversores.....	97
4.10	Alimentación de las Vías Secundarias.....	98
4.11	Contactores de Tramo de Protección (CTP).....	100
4.12	Condiciones de Operación.....	100
4.13	Control de PCC.....	101

## CAPITULO V

### CORTE DE URGENCIA DE ALIMENTACIÓN DE TRACCIÓN (CUAT).

5.1	Ruptores.....	106
5.2	Elementos del Circuito de CUAT.....	106
5.3	Tipos de Circuito de CUAT.....	110
5.4	Ubicación de los Ruptores.....	111
5.5	Utilización.....	112
5.6	Corte de Urgencia Fuera de Servicio (CUFS).....	113

5.7	Ruptores de Vías Secundarias, Equipadas Con Interruptor.....	114
5.8	Ruptores de Vías Secundarias no Equipadas con Interruptor Automático.....	114
5.9	Vías de Enlace.....	114
5.10	Caja de Mando Local de Línea 8 (Enlace 8-9).....	115
5.11	Seccionador Manual del IVE.....	117
5.12	Ruptores de Emergencia.....	117
5.13	Alimentación tracción de la vía secundaria en la línea.....	119

## CAPITULO VI

### INCIDENTES EN LA ALIMENTACIÓN TRACCIÓN.

6.2	El Regulador del PCC es Informado por el Personal de Línea, de la Presencia de un Corto Circuito.....	122
6.3	El Regulador del PCC no recibe Respuesta Positiva por parte del Personal de Línea después de un Corte de Corriente por Incidente.....	123
6.4	Medidas de Seguridad que se Deben de Tomar al Realizar Maniobras o Trabajos Durante el Servicio Normal, Susceptibles de Perturbar la Circulación de Trenes.....	124
6.5	Libranzas.....	126
6.6	Atención de incidentes graves.....	131
6.7	Definiciones.....	131
6.8	Clasificación del Incidente.....	131
6.9	Incidentes que interrumpen el servicio.....	132
6.10	Incidentes que no interrumpen el Servicio.....	133
6.11	Medidas inmediatas para la atención de incidentes.....	133
6.12	Acción coordinada para combatir el incidente.....	136
6.13	Desarrollo de actividades en incidentes que afecten vidas humanas y que interrumpan el servicio.....	139
6.14	Incidentes que afecten vidas humanas pero que no interrumpan el servicio.....	140
6.15	Información de Resultados.....	140

## CAPITULO VII

APLICACIONES TÉCNICAS.....	141
CONCLUSIONES.....	153
GLOSARIO.....	156
SIMBOLOGIA.....	158
BIBLIOGRAFÍA.....	160

## **PRESENTACION.**

Puesta en servicio el pasado 20 de julio de 1994, la línea 8 del metro (que se extiende de la zona de Garibaldi, en el Centro Histórico, hasta Iztapalapa) permitió incrementar la red de este importante medio de transporte, el cual cuenta ya con 178 kilómetros, 154 estaciones y 10 líneas en operación, todo ello para transportar diariamente a casi cinco millones de usuarios con seguridad y eficiencia. Los 211 trenes que están en circulación recorren diariamente un total de 103 mil kilómetros, lo cual equivale a dar dos vueltas imedia a la tierra.

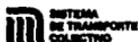
La construcción de la línea 8 estuvo a cargo de la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del DDF (COVITUR). Las obras representarán un verdadero desafío para la ingeniería mexicana, ya que fué necesario perforar terreno rocoso debajo de casas y edificios, abrir un túnel bajo las líneas 2 y 9 del Metro, y reforzar los cimientos de grandes inmuebles como la Torre Latinoamericana y el Palacio de Bellas Artes. La Línea 8 tiene por ahora una demanda promedio de poco más de 230 mil pasajeros diarios, provenientes principalmente de las delegaciones Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza y Cuauhtémoc. Con una extensión de 20 kilómetros, es la tercera más grande de la red después de las líneas 3 y 2, y la octava en cuanto a demanda de usuarios debido a su afluencia promedio actual, aunque está previsto que su capacidad diaria de transportación alcanzará los 600 mil pasajeros.

El tiempo de recorrido de los trenes de la terminal Garibaldi a la terminal Constitución de 1917 es de 29 minutos. Actualmente prestan servicio en la línea 18 trenes de sistema neumático con capacidad para transportar a más de 32 mil pasajeros por hora.

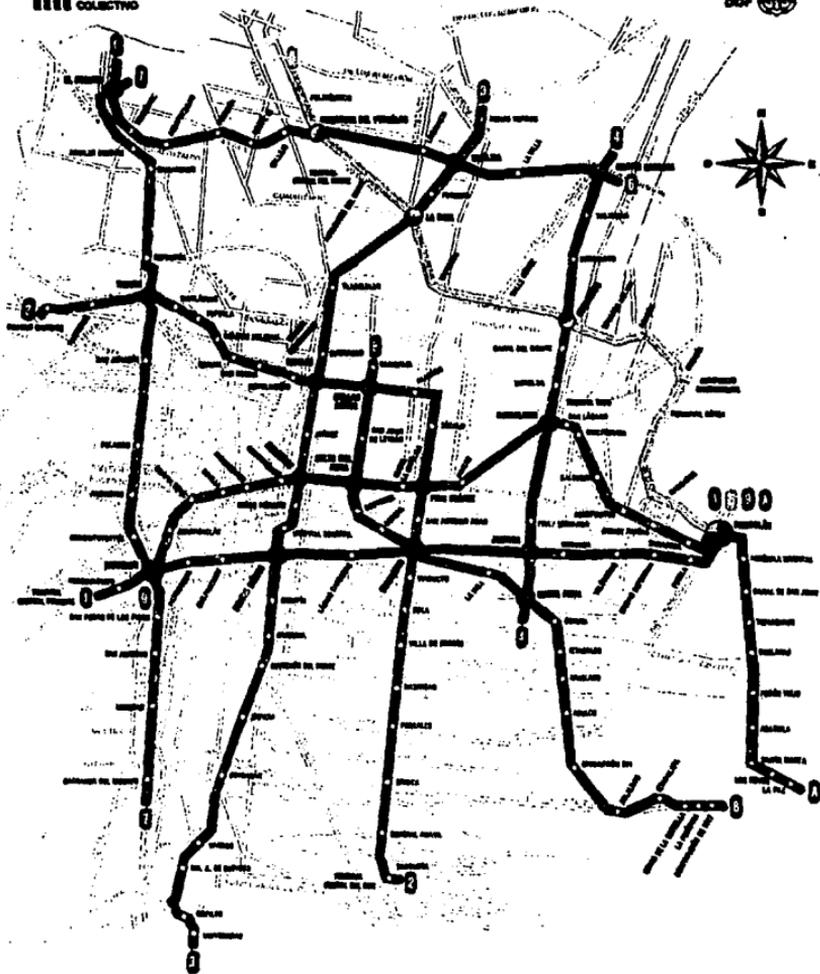
Tiene un total de 19 estaciones, de las que cinco son superficiales: Coyuya, Iztacalco, Apatlaco, Aculco, y la terminal Constitución de 1917; el resto son subterráneas: Garibaldi, Bellas Artes, San Juan de Letran, Salto del Agua, Doctores, Obrera, Chabacano, La Viga, Santa Anita, Escuadrón 201, Atlalilco, Iztapalapa, Cerro de la Estrella y la Purísima. De éstas, cuatro se conectan con las líneas 1 (Pantitlán-Observatorio), 2 (Cuatro Caminos-Taxqueña), 4 (Santa Anita-Martin Carrera) y 9 (Pantitlán-Tacubaya), por lo que la red del metro cuenta ya con 42 estaciones de enlace entre líneas.

Al igual que las otras líneas, la 8 cuenta con un Sistema complejo de Pilotaje Automático, así como un mando centralizado completamente computarizado, telefonía directa con el Puesto Central de Control, sistemas de alarma contra robo en taquilla y de protección contra incendios y alumbrado de emergencia. Es importante señalar que esta nueva línea presenta un conjunto de notables avances tecnológicos que facilitan su operación y garantizan un índice de mayor seguridad de los usuarios.

# SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO RED del METRO



## CIUDAD DE MÉXICO



## **JUSTIFICACION.**

Sintiendo la necesidad y la obligación de retribuir al gobierno y al pueblo de México la enseñanza y formación profesional recibidas.

He determinado presentar una tesis completamente enfocada al Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) "Metro", acorde a los objetivos de modernidad y simplicidad presentados por la administración del actual gobierno de la Ciudad de México.

Pongo en sus manos, el fruto de una investigación intensa y laboriosa, pero con la finalidad de incrementar en algo el conocimiento que existe en los sistemas de tracción de trenes eléctricos y, que considero, de suma importancia por ser una solución de nuestro tiempo al grave problema del transporte de pasajeros en nuestra ciudad, la ciudad de México.

El presente trabajo está enfocado principalmente al Departamento de Instalaciones Eléctricas, adscrito a la Gerencia de Instalaciones Fijas de este organismo.

La siguiente Tesis será de mucha importancia, ya que ayudará en gran medida a optimizar los recursos técnicos y humanos, así como la de proporcionar una guía de ubicación de equipos actualizados, y de fácil comprensión para el personal encargado de los mantenimientos y operación de los equipos a tratar.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Conocer las normas y procedimientos del control y distribución de la energía eléctrica en la línea 8 del Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) "metro", así como en la operación de los dispositivos de alimentación y corte de tracción a los que se tiene acceso tanto en vías principales como secundarias.

Haciendo énfasis en los incidentes de alimentación provocados por el material rodante o por las instalaciones fijas.

## **INTRODUCCION.**

El futuro de la Ciudad de México, que en la actualidad es una de las más pobladas del mundo y de acuerdo a los últimos estudios de la Organización de las Naciones Unidas, quién considera que si siguen los índices de crecimiento actuales, será en el año 2000 la ciudad más poblada del planeta. Lo anterior, requiere decisiones que contemplen cabalmente el futuro del desarrollo nacional. Primordialmente en relación al proceso de industrialización y desarrollo urbano del país.

Es importante señalar que el desarrollo urbano, no debe ni puede concebirse fuera del contexto socioeconómico, siendo uno de los principales el "tráfico".

Para solucionar este problema, es necesario crear la infraestructura a nivel de vialidad, facilidades de transportación pública, y sobre todo proporcionar a los habitantes de la ciudad los medios necesarios para satisfacer sus necesidades de desplazamiento de un lugar a otro.

Mucho se dice, que la movilidad es la quinta de las libertades y el automóvil ha llegado a convertirse en garantía de aquella libertad a la vez que es aceptado por muchos como un símbolo del éxito en la vida. Esto con datos de la ciudad, se puede comprobar, ya que entre el año de 1959 y 1990, el número de automóviles registrados pasó de 55 mil a tres millones quinientos mil.

Podría pensarse, que este crecimiento en el número de vehículos privados, trae consigo una mejora en la situación de transporte urbano, pero la realidad indica lo contrario.

El planteamiento real del problema del transporte urbano, no consiste sin embargo, en saber si quienes usan sus automóviles para desplazarse se estarán en condiciones de seguir haciéndolo al ser resueltos sus requerimientos básicos, como son: el de poder circular y el de poder estacionarse. Aún en el caso, cada vez más improbable de que pudiesen dar soluciones de largo alcance, para ello, el problema fundamental del tráfico en esta ciudad, consiste en poner a disposición de todos los ciudadanos, tanto los que tienen automóviles, como los que no lo tienen, los medios colectivos de transporte que por sus características resulten atractivos para uno y otro de usuarios potenciales.

Resolviendo simultáneamente dos problemas: el de transportarse en general y el de circular por las avenidas y calles, ya que los automovilistas particulares utilizarían los sistemas de transporte colectivo.

La red vial de la Ciudad de México en 1965, estaba formada por una cantidad considerable de avenidas importantes, así como numerosos pasos a desnivel para la solución local de problemas viales.

Las soluciones adaptadas a la Ciudad de México, semejantes a las de otras urbes principalmente encausadas al tránsito de automóviles, demostraron:

- a) Que las vías rápidas no son útiles para resolver el problema del transporte masivo.
- b) Que el aumento de transportes sin planeación, sólo agrava los problemas de tránsito, las pérdidas de tiempo, el desgaste excesivo de los vehículos, aumentando también los problemas de la contaminación.

Por todo lo descrito anteriormente se deduce que la zona centro de la Ciudad de México, había sido tradicionalmente la más conflictiva en cuanto al problema de tránsito de vehículos se refiere, fundamentalmente por las siguientes razones:

- a) Ha sido tradicionalmente el centro de las actividades comerciales de la ciudad.
- b) La falta de planeación adecuada en los sistemas de transportación provocaba que el 75% de los autobuses y otros transportes colectivos transitaran por el primer cuadro de la ciudad.

Asimismo, el problema de transportación colectiva en la Ciudad de México se incrementaba cada día por:

- a) El crecimiento desmesurado de la ciudad, provocado por el aumento demográfico de la población.
- b) La demanda excesiva de transporte, debido principalmente a la falta de zonificación y planeación adecuada de la ciudad y zonas circunvecinas.
- c) Falta de coordinación entre los diferentes medios de transporte, lo que ocasionaba transbordos y competencias innecesarias.
- d) Equipos obsoletos que proporcionaban un servicio lento, incomodo e ineficiente.
- e) Falta de continuidad en muchas avenidas y calles importantes.
- f) Localización inadecuada de terminales de todo tipo de transportes.

Ante estas consideraciones, resultaba evidente que la solución fundamental para el transporte masivo de pasajeros, no podía estar orientada hacia el núcleo central de la ciudad y sus principales zonas congestionadas, a base de sistemas de superficie.

Hoy en día los habitantes de la Ciudad de México, conocemos y vivimos a diario los graves problemas de transporte, tránsito y contaminación, los cuales desde los años 60s eran evidentes; por este motivo y dentro de una planeación racional, se vió la conveniencia de construir el Metro para que constituyera la columna vertebral de un sistema de transporte; así en el año de 1965 dieron inicio los estudios tendientes a la construcción del "metro", lo cual vendría a solucionar los problemas urbanos derivados del constante crecimiento económico y demográfico que sufriría el país.

Una de las características con las que debía contar, era transportar a los pasajeros de forma segura, rápida y cómoda; realizando investigaciones en países donde ya funcionaba algún tipo de transporte masivo. Después de estudiar las diversas propuestas, se seleccionó la de mayores ventajas para la Ciudad de México.

Debido a ello se instituyó, por decreto del Ejecutivo Federal con fecha del 19 de Abril de 1967, la creación de un organismo público descentralizado denominado Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C) con un personal jurídico y patrimonios propios, cuya responsabilidad se circunscribe a la operación y explotación de un tren rápido de recorrido subterráneo y superficial capaz de contribuir a la satisfacción de las necesidades de desplazamiento masivo. Cubriendo estratégicamente una amplia extensión territorial de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

Asimismo, se establece en dicho decreto, que la Dirección y Administración del Sistema estaría a cargo de un Consejo de Administración que integran, en calidad de consejeros propietarios, el jefe del Departamento del Distrito Federal, quien tiene el carácter de Presidente del Consejo de Administración, el Secretario de Hacienda y Crédito Público, el Secretario de Patrimonio Social (hoy Secretario de Energía Minas e Industria Paraestatal), el secretario de Comunicaciones y Transportes además de tres personas representantes que designa el jefe del Departamento del Distrito Federal.

A partir de la fecha de creación, el Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) contrató créditos para financiar obras y servicios, así como, también adquirió material y equipo para la construcción y financiamiento de la operación en la que intervino, conforme a su ley orgánica para la obtención y garantía de los créditos mencionados, la Nacional Financiera, S.A.

En virtud de que los contratos de financiamiento y adquisición que ha sido necesario celebrar fueron suscritos por dicha institución nacional de crédito, se estimó conveniente que el Director General de Nacional Financiera S.A., formase parte del Consejo de Administración.

Dicho decreto se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el día 29 de Abril de 1967, por el entonces presidente Gustavo Díaz Ordaz.

Ante este panorama, el crecimiento de la red de transporte colectivo, se ha logrado al analizar los resultados y experiencias obtenidas en la planeación, construcción y operación de cada línea hasta ahora proyectadas. En otras palabras, la planeación se basó en la prioridad de proporcionar servicio a las zonas de mayor densidad demográfica y las más congestionadas, trazando líneas lo más rectas posibles y calculando el costo según el tipo de construcción por realizarse, ya sea línea elevada, subterránea o superficial, observando resultados positivos al captar un gran número de pasajeros en todas sus líneas.

El Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) requiere para cumplir con las atribuciones y objetivos, de una estructura orgánica congruente a las características de las funciones que en él se realizan, considerando las disposiciones emanadas por el Ejecutivo Federal en relación al Programa de Modernización Administrativa del Sector Público, así como las estrategias contenidas en el Plan Nacional de Desarrollo.

Dentro de los lineamientos se establece, como una función prioritaria de las instituciones públicas, la de mantener actualizados sus instrumentos de apoyo técnico-administrativo a ritmo de la dinámica de desarrollo del país, con el fin de lograr una efectiva contribución de beneficio a la población obedeciendo al creciente volumen y grado de complejidad de las operaciones comprendidas en la estructura del organismo.

El Sistema de Transporte Colectivo, es un Organismo Público Descentralizado del Departamento del Distrito Federal, cuyo propósito principal es el de transportar a los usuarios en forma rápida, eficiente y segura. Para cumplir con este objetivo, las diferentes administraciones han establecido normas y políticas encaminadas a brindar un servicio de calidad.

Es compromiso del S.T.C. cubrir las expectativas de transporte y buscar las condiciones para proporcionar un trato amable y cordial a los usuarios. Ante esta situación se han construido diversas líneas permitiendo una gama de alternativas para que el público establezca sus rutas según le convenga. Para las instalaciones y equipos ya existentes se aplican programas permanentes de mantenimiento e incorporación de la más alta tecnología. Lo cual ha permitido que el metro dé una imagen de confort, seguridad y limpieza a la ciudadanía.

Esto se ha logrado gracias a la participación decidida de los trabajadores del S.T.C. así como del adecuado manejo administrativo donde se involucra a la estructura organizacional, actualmente está conformada de la siguiente manera:

a) **CONSEJO ADMINISTRATIVO.** Presidido por el C. Regente del Departamento del Distrito Federal. Este consejo se encarga de orientar el desarrollo del S.T.C. mediante la definición de políticas y lineamientos, congruentes con los programas de la Coordinación General de Transporte y con el Plan Nacional de Desarrollo.

b) **UNA DIRECCION GENERAL.** Contribuye al mejoramiento del servicio del transporte masivo, a través de la administración, organización y control de los recursos humanos, materiales, financieros y técnicos necesarios para la operación del Sistema de Transporte Colectivo.

c) **TRES DIRECCIONES DE AREA:**

**DIRECCION DE OPERACION.** Proporciona a los usuarios el servicio de transporte en las mejores condiciones de seguridad, mediante la operación, mejoramiento y mantenimiento de equipo e instalaciones.

**DIRECCION DE ADMINISTRACION.** Proporciona a las diferentes áreas el apoyo necesario en materia de recursos humanos, materiales y financieros.

**DIRECCION DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO.** Brinda a las diferentes áreas orientación en la definición y desarrollo de los procesos de planeación, programación, presupuesto y evaluación de los programas de trabajo.

**d) UNA CONTRALORIA INTERNA.** Promueve el uso y aprovechamiento de los recursos humanos, materiales, financieros y garantiza la eficacia de las actividades y transparencia en las operaciones realizadas.

Ubicada en el edificio administrativo, en DELICIAS 67, Colonia Centro,

**e) GERENCIAS.**

- Gerencia Jurídica
- Gerencia de Vigilancia
- Gerencia de Estaciones y Transportes
- Gerencia de Material Rodante
- GERENCIA DE INSTALACIONES FIJAS
- Gerencia de Obras
- Gerencia de Ingeniería y Desarrollo
- Gerencia de Recursos Humanos
- Gerencia de Recursos Financieros
- Gerencia de Recursos Materiales
- Gerencia de Presupuesto
- Gerencia de Organización y Sistemas
- Gerencia de Línea A

f) 18 Subgerencias

g) 64 Departamentos

h) Los Trabajadores

En virtud de lo cual, y para dar un panorama más efectivo de la importancia que reviste el Sistema de Transporte Colectivo en el devenir histórico del transporte de pasajeros de nuestra ciudad, se hace una descripción de datos relativos al crecimiento paulatino de la red del "metro" a partir de su inicio de operaciones.

El 4 de Septiembre de 1969, se puso en funcionamiento la primera de tres líneas proyectadas, la línea 1 en el tramo Zaragoza-Chapultepec; aproximadamente ocho meses después se inauguró línea 2 de Tasqueña a Pino Suarez, y un mes más tarde el servicio se daría hasta la estación Tácuba.

En el siguiente año entro en servicio la línea 3, de Tlatelolco a Hospital General. Posteriormente, se creó la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR), la cual se encargó de continuar la construcción de la terminal Pantitlán, y el tramo Tácuba-Cuatro Caminos de línea 2; así como las líneas 6 y 7 trazadas hacia el norte y poniente del Distrito Federal respectivamente.

Por la sobredemanda registrada en la línea 1, se propuso y construyó la línea 9, ambas líneas guardan una similitud en sus recorridos. También en este periodo se llevaron acabo las ampliaciones de línea 6 (Instituto del Petroleo-Martín Carrera), línea 7 (Tácuba-El Rosario) y línea 9 (Centro Médico-Tacubaya).

El 12 de Agosto de 1991, se inauguró la línea A del metro férreo, cuya principal característica es la de unir el oriente de la ciudad con los municipios de Netzahualcoyotl y los Reyes la Paz. Con esta obra se eliminaron los límites geográficos con el Estado de México y se inició un nuevo esfuerzo y reto para cubrir las necesidades de transporte.

Las obras más recientes dentro del Sistema de Transporte Colectivo, son las encaminadas hacia la presente tesis, la línea 8, las cuales iniciaron en el año de 1992, cuenta con 19 estaciones y aproximadamente 20 kilómetros de extensión. Fue inaugurada el 20 de Julio de 1994 por el presidente Carlos Salinas de Gortari, así como puesta en marcha el mismo día.

con esta nueva línea, la red del Sistema de Transporte Colectivo, cuenta con 154 estaciones y 178 kilómetros que se extienden a lo largo y ancho del Distrito Federal y área metropolitana.

Se puede afirmar que el "metro" colabora de manera activa en la solución al problema de transporte, ya que en la actualidad la mayoría de otros medios de transporte (Ruta 100, microbús) convergen en sus diferentes estaciones y terminales, permitiendo a los usuarios conexión con las principales avenidas de la ciudad, hospitales, centros comerciales, escolares, culturales, de diversión, zonas industriales, terminales de autobuses foráneos, aeropuerto, entre otros.

Con la puesta en marcha de la línea A punto de enlace con algunas zonas conurbadas de la ciudad. (Ver Tabla 1)

# TABLA 1

## INAUGURACIONES

LINEA	TRAMO INAUGURADO	FECHA	LONGITUD EN KM	
			INAUGURADO	ACUMULADO RED
1	ZARAGOZA-CHAPULTEPEC	5/09/69	12.680	12.680
1	CHAPULTEPEC - JUANACATLAN	11/04/70	1.046	13.706
2	TASQUEÑA - PINO SUAREZ	1/08/70	11.321	25.027
2	PINO SUAREZ - TACUBAYA	14/09/70	8.101	33.128
1	JUANACATLAN - TACUBAYA	20/11/70	1.140	34.268
3	TLATELOLCO - HOSPITAL GRAL.	20/11/70	5.441	39.709
1	TACUBAYA - OBSERVATORIO	10/06/72	1.705	41.414
3	TLATELOLCO - LA RAZA	25/08/78	1.389	42.803
3	LA RAZA - INDIOS VERDES	1/12/79	4.901	47.704
3	HOSPITAL GRAL - CENTRO MEDICO	7/05/80	0.823	48.527
3	CENTRO MEDICO - ZAPATA	25/08/80	4.504	53.031
4	MARTIN CARRERA - CANDELARIA	29/08/81	7.499	60.530
5	CONSULADO - PANTITLAN	19/12/81	9.154	69.684
4	CANDELARIA - SANTA ANITA	28/05/82	3.248	72.932
5	LA RAZA - CONSULADO	1/06/82	3.088	76.020
5	LARAZA - POLITECNICO	30/08/82	3.433	79.453
3	ZAPATA - UNIVERSIDAD	30/08/83	6.551	86.004
6	EL ROSARIO - I. DEL PETROLEO	12/12/83	9.264	95.268
1	ZARAGOZA - PANTITLAN	22/08/84	2.277	97.545
2	TACUBA - CUATRO CAMINOS	22/08/84	4.009	101.554
7	TACUBA - AUDITORIO	20/12/84	5.424	106.978
7	AUDITORIO - TACUBAYA	23/08/85	2.730	109.708
7	TACUBAYA - BARRANCA DEL MUERTO	19/12/85	5.040	114.748
6	I. DEL PETROLEO- MARTIN CARRERA	6/08/86	4.683	119.431
9	PANTITLAN - CENTRO MEDICO	26/08/87	11.500	131.500
9	CENTRO MEDICO - TACUBAYA	29/08/88	3.800	135.300
7	TACUBA - EL ROSARIO	29/11/88	5.700	141.000
A	PANTITLAN - LA PAZ	12/08/91	17.000	158.000
8	CONSTITUCION DE 1917 - GARIBALDI	20/07/94	20.000	178.000

De esta manera, el metro presenta una serie de ventajas, como son:

<b>ECONOMICO</b>	En función de su costo y servicio al público.
<b>RAPIDO</b>	En comparación con la velocidad promedio alcanzada por los automóviles en vías rápidas en horas pico.
<b>FUNCIONAL E IDONEO</b>	Entre los medios masivos, ya que permite el ascenso y descenso de una gran cantidad de usuarios simultáneamente.
<b>TRANSPORTA</b>	A más usuarios al mismo tiempo.
<b>NO CONTAMINA</b>	Con hidrocarburos el ambiente.
<b>CONEXION</b>	Con una amplia extensión de la ciudad y algunos municipios del Estado de México.
<b>CIRCULACION CONTINUA</b>	De los trenes, con intervalos que varían según el día y la hora pudiendo ser de 2 a 8 minutos
<b>HORARIOS DE SERVICIO</b>	De lunes a viernes el servicio inicia a las 5:00 A.M. de la mañana, los sábados el servicio comienza a partir de las 6:00 A.M.; domingos y días festivos el servicio da inicio a las 7:00 A.M. El servicio finaliza a las 0:30 A.M. aproximadamente, excepto los sábados que incluye una hora después.

Hoy en día el Sistema de Transporte Colectivo cuenta con una Dirección General, tres Direcciones auxiliares, una Contraloría interna y trece Gerencias, las cuales a su vez se dividen en Departamentos. Siendo uno de ellos el **DEPARTAMENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS** que depende de la Gerencia de Instalaciones Fijas.

Dicho Departamento tiene como objeto el de mantener en óptimas condiciones de operación las instalaciones, sistemas y equipos destinados a recibir y transformar la energía eléctrica que requiere la red del "metro", a través de la coordinación supervisión y ejecución de programas de mantenimiento que permitan asegurar la continuidad de la prestación del servicio de transporte.

Algunas de las funciones que desempeña este Departamento son:

- Instrumentar y ejecutar los programas de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones, equipos y dispositivos que conforman el sistema de recepción y distribución de energía eléctrica del organismo, conforme a las normas, reglamentos, métodos y procedimientos establecidos.
  - Organizar y coordinar las acciones necesarias para atender oportunamente las fallas que puedan sufrir los equipos o instalaciones eléctricas de alta y baja tensión, que integran la red de distribución de energía.
  - Operar y proporcionar el mantenimiento a las instalaciones eléctricas:
- a) Baja Tensión.- Equipos de tracción, subestaciones de alumbrado y fuerza, circuitos preferenciales, alumbrado normal y de emergencia

b) Alta Tensión.- Subestaciones de rectificación, equipos de subestaciones de 85/15 KV, acometidas para subestaciones de rectificación en 23 KV, contactores de seccionamiento, circuitos de cables de 15 y 23 KV, etc.

c) Puesto de Despacho de Carga.- Recepción y control de energía eléctrica.

- Implementar métodos de trabajo que permitan la optimización en el uso de los recursos humanos, materiales y financieros.

- Participar en los procedimientos para la modernización y rehabilitación de los equipos o sistemas eléctricos.

- Participar en la recepción y aplicación de pruebas de funcionamiento en las instalaciones, equipos y dispositivos relacionados con la recepción y distribución de la energía eléctrica incorporados por ampliaciones en la red del metro.

- Participar en la elaboración de instrumentos técnico-administrativos necesarios, para orientar las actividades de las áreas bajo su dirección.

Este trabajo esta basado en los equipos, instalaciones y dispositivos de los cuales está a cargo dicho Departamento.

# **CAPITULO**

## **I**

## **1. DESCRIPCION GENERAL DE LA RECEPCION DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA LINEA 8.**

### **1.1 Breve Descripción de Un Sistema de Energía Eléctrica.**

Un sistema de energía eléctrica consiste de: una gran diversidad de cargas eléctricas repartidas en una región, las plantas generadoras donde se produce la energía eléctrica, la red de transmisión y distribución empleada para transportar la energía de las plantas generadoras a los puntos de consumo y todo el equipo adicional necesario para lograr que el suministro de energía se realice con ciertas características que garanticen su eficiencia y calidad, como lo son: la continuidad del servicio, la regulación de tensión y la frecuencia.

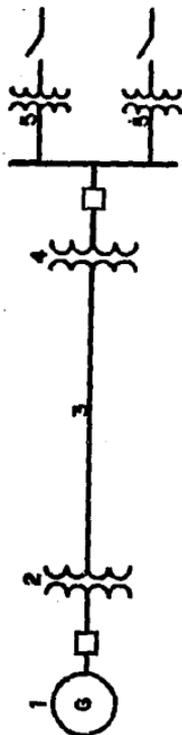
Las plantas generadoras se localizan alejadas de los centros de consumo y se conectan a éstos a través de una red de alta tensión, aunque algunas plantas generadoras pueden estar conectadas directamente al sistema de distribución.

Un esquema elemental de las etapas principales que intervienen en el proceso de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica se muestra en el Diagrama 1.

Donde:

- 1. - GENERADOR.-** Por lo general trifásico, se construye para generar energía eléctrica con tensiones de 5 a 23 KV.
- 2. - TRANSFORMADOR ELEVADOR.-** Eleva la tensión de generación a un valor económico para la transmisión.

3. - **LINEA DE TRANSMISION.**- Dependiendo de la magnitud de la energía a transportar y la distancia, en México puede ser de 69, 85, 115, 230, o 400 KV.
4. - **TRANSFORMADOR REDUCTOR.**- Reduce la tensión a un valor adecuado para la subtransmisión o la distribución (69, 34.5, 23, 13.8, 6 KV).
5. - **TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION.**- Reduce la tensión de distribución a valores adecuados para la utilización de la energía eléctrica por los usuarios en forma trifásica o monofásica.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTTLÁN

TESIS PROFESIONAL

CAPITULO

I

ESQUEMA ELEMENTAL DE UN  
 SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA

DIAGRAMA 1

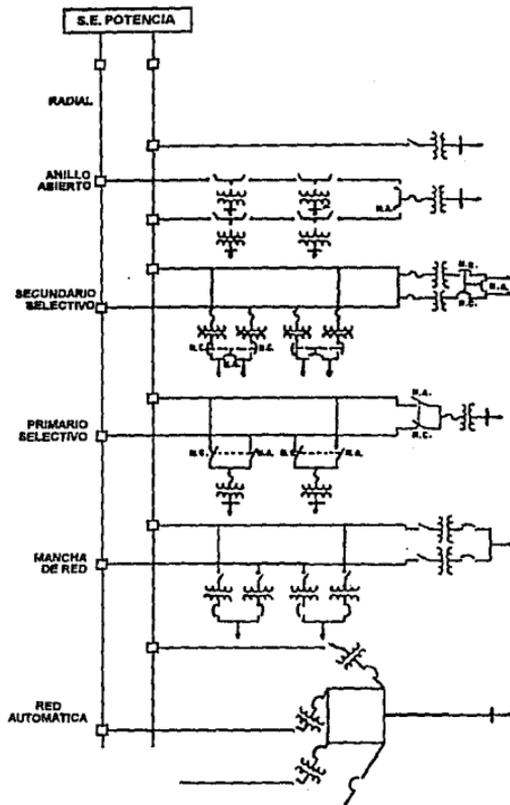
La tensión se eleva a la salida de los generadores para realizar la transmisión de la energía eléctrica en forma económica y se reduce en la proximidad de los centros de consumo, para alimentar el sistema de distribución puede hacerse directamente, desde la red de transmisión, reduciendo la tensión al nivel de distribución a través de un sistema de la subtransmisión, utilizando un nivel de tensión intermedio.

La elevación, reducción e interconexión de los distintos elementos del sistema se realiza en las subestaciones, que constituyen los nodos de la red.

**1.2 Estructuras de Alimentación.-** Existen diferentes arreglos a emplear en el suministro de energía eléctrica a grandes cargas comerciales y/o industriales; de los cuales los más empleados son los siguientes (Ver Diagrama 2):

- Radial
- Anillo Abierto
- Secundario Selectivo
- Mancha de Red (Spot Network)
- Redes Automáticas de Baja Tensión

**Radial.-** En este arreglo la energía sólo tiene una trayectoria de la fuente a la carga, de tal manera que cualquier falla en alguno de los componentes origina la pérdida total del suministro.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTTLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPÍTULO 1	'ESTRUCTURAS DE ALIMENTACION'
	DIAGRAMA 2

**Anillo Abierto.-** Se forma con dos alimentadores primarios unidos a través de un anillo subterráneo que se encuentra abierto generalmente a la mitad por medio de un interruptor normalmente abierto; proporcionándose así dos trayectorias de alimentación a la carga. Con posibilidad de aislar cualquier componente fallado y restablecer el servicio a todo el resto de la línea.

**Secundario Selectivo.-** En este caso el suministro de energía a la carga se hace a través de transformadores de distribución, energizados por trayectorias independientes que alimentan un bus secundario unido a través de interruptores de enlace normalmente abiertos. La salida de algún alimentador o uno de los transformadores origina la interrupción del suministro a una parte de la carga.

Sin embargo estos esquemas se diseñan de tal manera que se abre el interruptor asociado al transformador fallado y la carga es llevada por el otro transformador a través del interruptor de enlace.

**Primario Selectivo.-** El suministro de energía se hace con dos trayectorias que alimentan a la carga a través de un interruptor de transferencia.

Esta estructura mantiene un alimentador normalmente cerrado y otro abierto. Este arreglo permite reducir la interrupción del suministro a un tiempo mínimo.

**Mancha de Red.-** Más de dos trayectorias que alimentan a la carga. Cada trayectoria está formada por un alimentador primario y su transformador. Todos los secundarios de cada transformador están conectados a un bus común. Una falla en cualquier componente no interrumpe el servicio.

**Red Automática Secundaria.-** La carga se alimenta directamente de una red de alimentadores secundarios, interconectados formando una malla, siguiendo el trazo de la zona urbana a la que se le suministra la energía eléctrica. La red secundaria se alimenta por varios alimentadores primarios radiales procedentes de una misma subestación a través de transformadores de distribución trifásicos. Al ocurrir una falla en un alimentador primario se abre el interruptor correspondiente de la subestación.

La red automática puede funcionar satisfactoriamente con un alimentador primario fuera de servicio.

### **1.3 Diagrama Unifilar.**

Es la representación esquemática que con líneas rectas y símbolos simplificados nos indican la estructura y los dispositivos componentes de un circuito eléctrico ó parte de él, por medio de una fase solamente; tomando en cuenta que las restantes reúnen las mismas condiciones y presentan las mismas características.

En un diagrama unifilar deben tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- 1.- Que represente aproximadamente la posición física de las diferentes partes del sistema.
- 2.- Evitar hasta donde sea posible las duplicaciones.
- 3.- Uso de símbolos normalizados.
- 4.- Mostrar todos y cada uno de los datos conocidos.
- 5.- Indicar futuras ampliaciones.
- 6.- Denominaciones de equipo y partes.
- 7.- Incluir los dispositivos de seguridad.

#### 1.4 Filosofía de la Protección.

En los tiempos actuales la demanda de energía eléctrica es tan grande, que la inversión en las instalaciones necesarias para generarla, transmitirla y distribuirla, requiere de capitales sumamente elevados. Así mismo, en la actualidad existe un sin número de industrias que por su gran magnitud no pueden prescindir ni un solo momento de la energía eléctrica sin sufrir grandes trastornos.

De aquí, que en instalaciones de esta índole deben asegurarse, estén protegidos dos intereses; el del capital invertido protegiendo el equipo instalado en accidentes que puedan dañarlo y llegar a destruirlo y el interés de los usuarios que dentro de lo posible, no deberán sufrir interrupciones de servicio. Además, estudios comparativos han demostrado que el capital que es necesario intervenir en la protección de un sistema representa aproximadamente del 1.5 al 2% de la inversión total del mismo.

Las causas por las cuales puede verse afectados los intereses antes mencionados, son las fallas a las que todo equipo eléctrico está expuesto. Las fallas pueden definirse como situaciones anormales e insostenibles que se presentan en todo sistema de potencia, producidas por las siguientes causas:

- |             |                    |
|-------------|--------------------|
| Intrinsecas | 1.- de aislamiento |
|             | 2.- de conducción  |
|             | 3.- de operación   |

Fallas:

Extrinsecas.

Las fallas intrínsecas son aquellas causadas por fenómenos internos de los elementos del sistema, los cuales a su vez, pueden dividirse en los tres grupos indicados: fallas de aislamiento, fallas de conducción y fallas de operación.

**Fallas de aislamiento.-** La trayectoria normal de la potencia eléctrica es de la fuente de donde se genera a través de los conductores de cobre o aluminio hasta las cargas donde es consumida. La corriente se confina a dicha trayectoria por medio del aislamiento, sin embargo, todo aislamiento está limitado debido a la imposibilidad de diseñarlo de manera tal, que nos garantice que la corriente no se derivará nunca de la trayectoria señalada.

Cuando por algún motivo la corriente se desvía de su trayectoria normal, se dice que se produce un corto circuito o falla de aislamiento, ejemplos de este tipo de fallas las tenemos en las circuitos entre conductores aéreos y tierra, entre cables subterráneos y tierra, entre el devanado de un transformador u subterminales y el tanque de aceite, entre el devanado de un generador y su armadura o núcleo, entre conductor y conductor de una línea aérea, entre las espiras de un transformador, etc.

**Fallas de conducción.-** Se dice que existe una falla de conducción cuando los elementos conductores de un sistema no tienen continuidad, causando la interrupción indebida de la corriente o una caída de potencial exagerada.

Ejemplos de este tipo de fallas los tenemos en las líneas de transmisión cuando durante tormentas, nevadas, etc., los elementos del sistema realizan esfuerzos excesivos que los hacen fallar mecánicamente, también por movimientos del terreno, las torres o los apoyos sufren dislocaciones que producen este tipo de fallas en los generadores y excitadores, causadas por desconexión de juntas soldadas bajo la acción de un gran esfuerzo y alta temperatura local, en los transformadores y reactores, causadas por descomposturas en los cambiadores, etc.

**Fallas de operación.-** Se dice que existe una falla de operación cuando los elementos del sistema son sometidos a condiciones anormales al ser operados inadecuadamente.

Ejemplo de este tipo de fallas las tenemos cuando se sobrecargan los cables, transformadores, interruptores, etc., esta operación origina una elevación anormal de la temperatura que trae como consecuencia un deterioro en el aislamiento, llegándose a producir la falla; otro ejemplo lo tenemos en los equipos de control, causados por desajuste, saturación o desperfecto de los relevadores de protección y operación que dan origen a cambios indebidos que llegan a producir este tipo de fallas. En transformadores, causados por cambios inadecuados del cambiador de derivaciones en unidades en paralelo, etc.

Las fallas extrínsecas son aquellas causadas por fenómenos externos de origen atmosféricos.

Estas fallas se presentan ante descargas atmosféricas (rayos) al caer sobre las líneas de transmisión o en las cercanías de las mismas, causando sobretensiones que sobrepasan en mucho la tensión normal, creando situaciones fortuitas que se distinguen por aumentos de potencial fuera de control, por la brevedad de su duración y extraordinaria magnitud.

Este tipo de fallas también pueden ser causadas por iones flotantes en la atmósfera que se ponen en contacto con las líneas, por la influencia eléctrica de nubes cargadas que cruzan o pasan como de las mismas.

## **HAY DOS GRUPOS DE RELEVADORES DE PROTECCION DEL EQUIPO CONTRA CORTO CIRCUITO:**

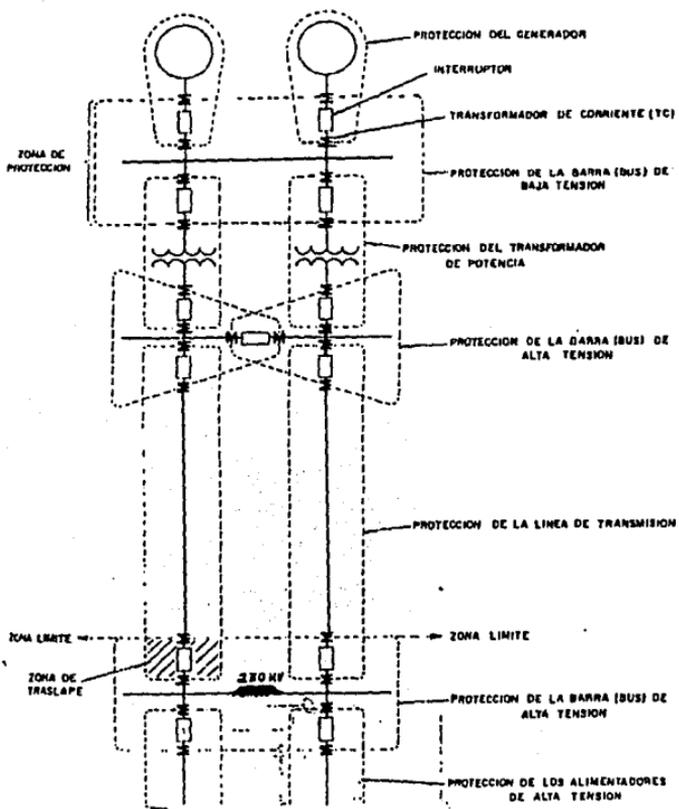
- a) Relevadores de protección primaria que consideramos como primera línea de defensa.
- b) Relevadores de protección de respaldo que solo actúan cuando falla la protección primaria.

### **Protección primaria**

La protección primaria viene a ser la primera defensa, para la protección del equipo y se diseña de tal forma que cuando opere ésta, se desconecte la mínima porción posible de un sistema de potencia. Al diseñar la protección primaria en el equipo se debe considerar lo siguiente:

1. - Se establecen zonas de protección para cada elemento del sistema, cualquier falla dentro de la zona originará el disparo de todos los interruptores que se encuentren dentro de dicha zona.
2. - En las zonas que queden trasladadas, cuando se presente una falla debe dispararse los interruptores de ambas zonas.
3. - Los límites de las zonas de protección lo determinan físicamente los transformadores de corriente, que por lo general se localizan en ambos lados del interruptor.

Lo anterior lo podemos observar en el **Diagrama 3**.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPÍTULO I	DIAGRAMA UNIFILAR DE UNA PORCIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA, ILUSTRANDO LAS ZONAS DE PROTECCIÓN DIAGRAMA 3

### **Protección de respaldo secundaria.**

La protección de respaldo cuando opera, generalmente desconecta una cantidad mayor de equipo del sistema. En sistemas de gran importancia como el nuestro es necesaria la protección de respaldo, ya que si no se contara con ella se tendría graves consecuencias para la estabilidad del sistema. El equipo en un sistema de potencia es tan importante que es necesario protegerlo contra varios tipos de falla. Por esta razón cuando no opera la protección primaria, debe de operar la protección de respaldo o secundaria.

### **Características de los relevadores.**

Las principales propiedades generales y particulares de los relevadores son las que a continuación se mencionan. Dichas propiedades nos ayudan a solucionar los problemas que presenta un sistema eléctrico.

- a) Sensibilidad.
- b) Selectividad.
- c) Velocidad.
- d) Confiabilidad.
- e) Economía.

## **Sensibilidad**

Un relevador debe ser lo suficiente sensible para que funcione en forma segura cuando sea necesario, aún con valores mínimos de operación.

## **Selectividad**

Debe ser capaz de seleccionar aquellas condiciones en que debe operar y en las que no deben de hacerlo y también seleccionar los casos de operación rápida y los de acción retardada.

## **Velocidad.**

Debe operar en tiempos muy cortos para limitar los daños al equipo, pero la velocidad dependerá de la magnitud de la falla y de la coordinación de otras protecciones.

## **Confiabilidad**

Deben ofrecer un máximo de seguridad de que no fallen cuando se requiera que operen, ya que existen relevadores que operan con muy poca frecuencia y en ocasiones pocas veces en el año, por lo tanto deben ser muy confiables.

## **Economía**

Se debe tener una protección máxima a un costo mínimo, debe tenderse a lograr la combinación óptima de las cuatro características, lo cual no resulta fácil para la diversidad de factores que intervienen.

27.-Protección de falta de tensión.

50.- Relevador instantáneo de sobrecorriente que funciona al alcanzar la corriente un valor excesivo.

51.- Relevador de sobrecorriente de tiempo de acción retardada que funciona cuando la corriente alterna de un circuito excede a un valor determinado.

63.- Relevador de flujo, nivel o presión de gases o líquidos que funciona a valores dados de presión, flujo o nivel de un líquido o un gas.

64.- Protección masa CUI/A.

64.- Rele - Protección diferencial del neutro del transformador.

79.- Relevador de recierre para corriente alterna que controla automáticamente el recierre y el bloqueo en posición abierta de un interruptor de c.a.

86.- Relevador de bloqueo sostenido accionado eléctricamente y de reposición eléctrica o manual, dispositivo que funciona para desconectar y mantener desconectado un equipo, después de producirse condiciones anormales.

87.- Relevador de protección diferencial, que funciona bajo una diferencia porcentual de dos corrientes.

## 1.5 Generación y Suministro de Energía Eléctrica.

La energía eléctrica, se distribuye en el territorio nacional en seis áreas continentales interconectadas y en dos áreas peninsulares aisladas.

El sistema interconectado Norte agrupa los sistemas Noroeste, Norte y Noreste, este último interconectado con la CPL (Compañía de Distribución de Energía de Texas, E.U.A.), el sistema interconectado Sur agrupa los sistemas Occidental, Central y Oriental.

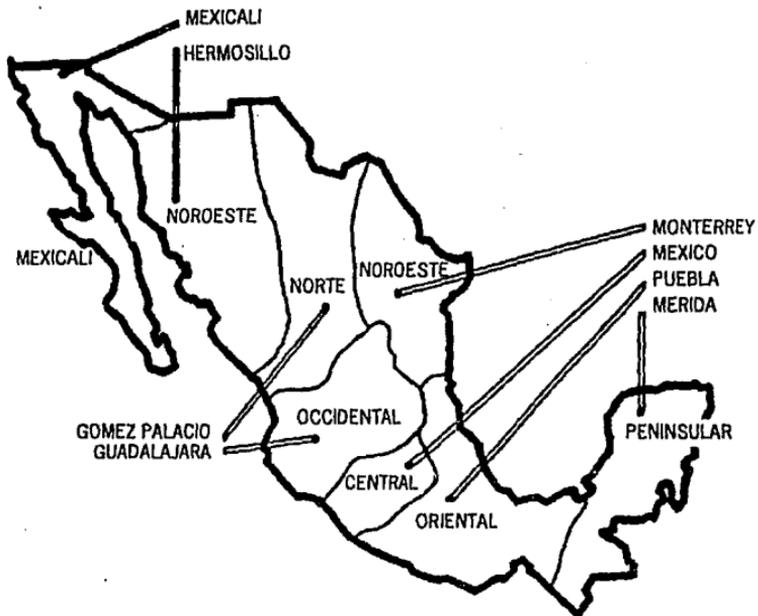
Sistema central, abastece de energía eléctrica a la zona más importante del país tanto en número de servicios como en total de energía vendida, cubre las siguientes entidades: Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, y parte de los estados de Morelos, Guerrero, Michoacán, Puebla y Tlaxcala, con una área total de 90.000 Km<sup>2</sup>.

De las plantas generadoras, la energía llega a los consumidores a través de 150 líneas de transmisión en 400, 230, 150 y 85 KV que abastece a clientes muy grandes, entre ellos el Sistema de Transporte Colectivo "metro", pasando por 75 estaciones primarias, 900 alimentadores aéreos y subterráneos de 6 y 23 KV; suministrando directamente energía a la industria y al comercio, para llegar a 27000 transformadores de distribución (tipo poste o bóveda subterránea) en los que se distribuye finalmente la tensión de uso residencial y así servir a los usuarios.

Las diferentes etapas de construcción de las líneas con que cuenta el S.T.C y la experiencia que de ellas se han obtenido, han originado algunas variantes en el suministro de la energía eléctrica utilizada en la red del metro.

Actualmente se tienen dos formas de suministro de la energía que proporciona la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) en coordinación con la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (C.L.F.C.), siendo la de 23 KV la que nos ocupa, por ser la empleada para alimentar la línea 8 en su conjunto. **Diagrama 4**

ZONAS DE GENERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA  
EN LA REPUBLICA MEXICANA.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

TESIS PROFESIONAL

CAPITULO  
I

ZONAS DE GENERACIÓN  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
EN LA REPÚBLICA MEXICANA

DIAGRAMA 4

El Sistema de Transporte Colectivo requiere para su funcionamiento una gran cantidad de energía eléctrica, en virtud de que con ella funcionan los trenes, dispositivos de las estaciones y la mayoría de los equipos de los talleres y edificios administrativos.

La CLFC entrega la energía eléctrica en las instalaciones de la Subestación Eléctrica de Alta Tensión (SEAT No 4), ubicada a un costado de la estación Escuadrón 201.

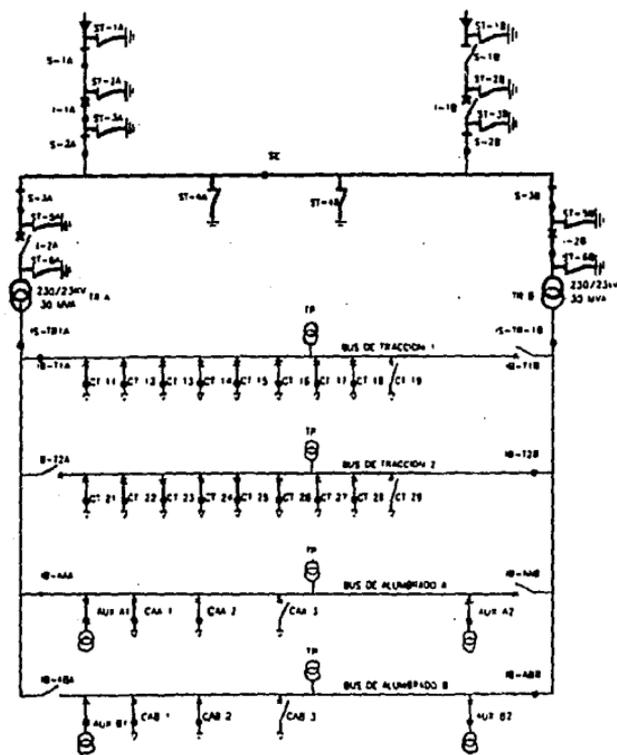
La Subestación ESTRELLA se encuentra ubicada en la calle de Arneses esquina con el eje 8 Sur (Ermita Iztapalapa) en el Distrito Federal, C.P. 09810. Con enlace telefónico a la RED de subestaciones y a operación Sistema de la Subestación San Andrés. **Diagrama 5**

La tensión utilizada en la subestación es 230 KV con arreglo en barra sencilla, encapsulada en hexafluoruro de azufre.

La finalidad de la subestación es la de proporcionar alimentación al Sistema de Transporte Colectivo Metro línea 8. **Diagrama 6**

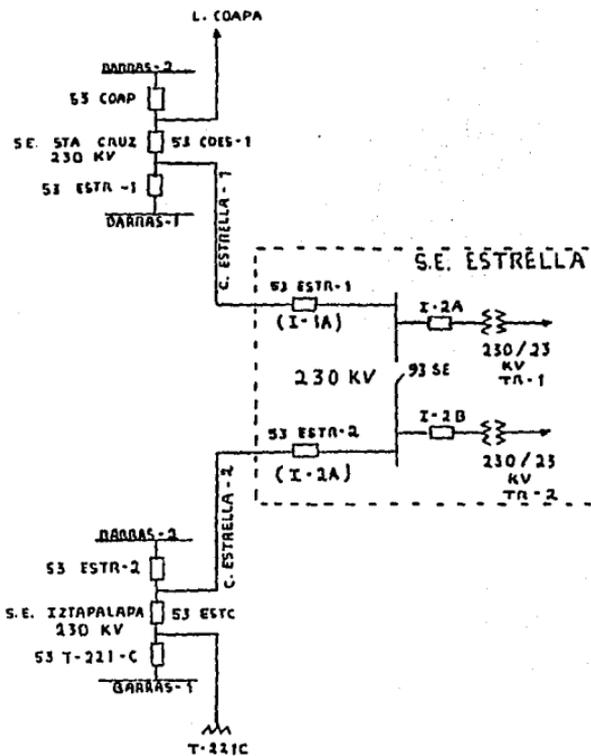
La Subestación es de las conocidas como tipo cliente, se alimenta de las subestaciones Santa Cruz e Iztapalapa a través de cables de potencia de 230 KV del tipo seco marca "Silec", "Estrella 1" y "Estrella 2" respectivamente. **Diagrama 7**



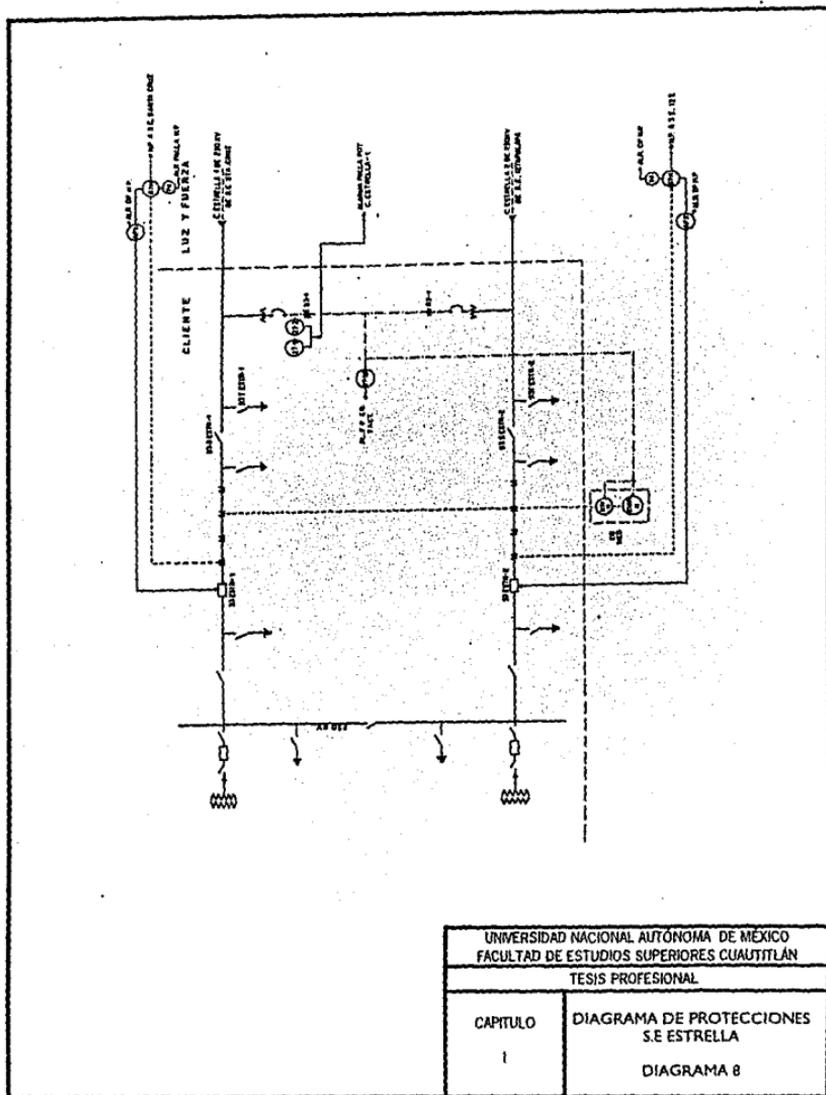


— 23 KV  
 — 230 KV

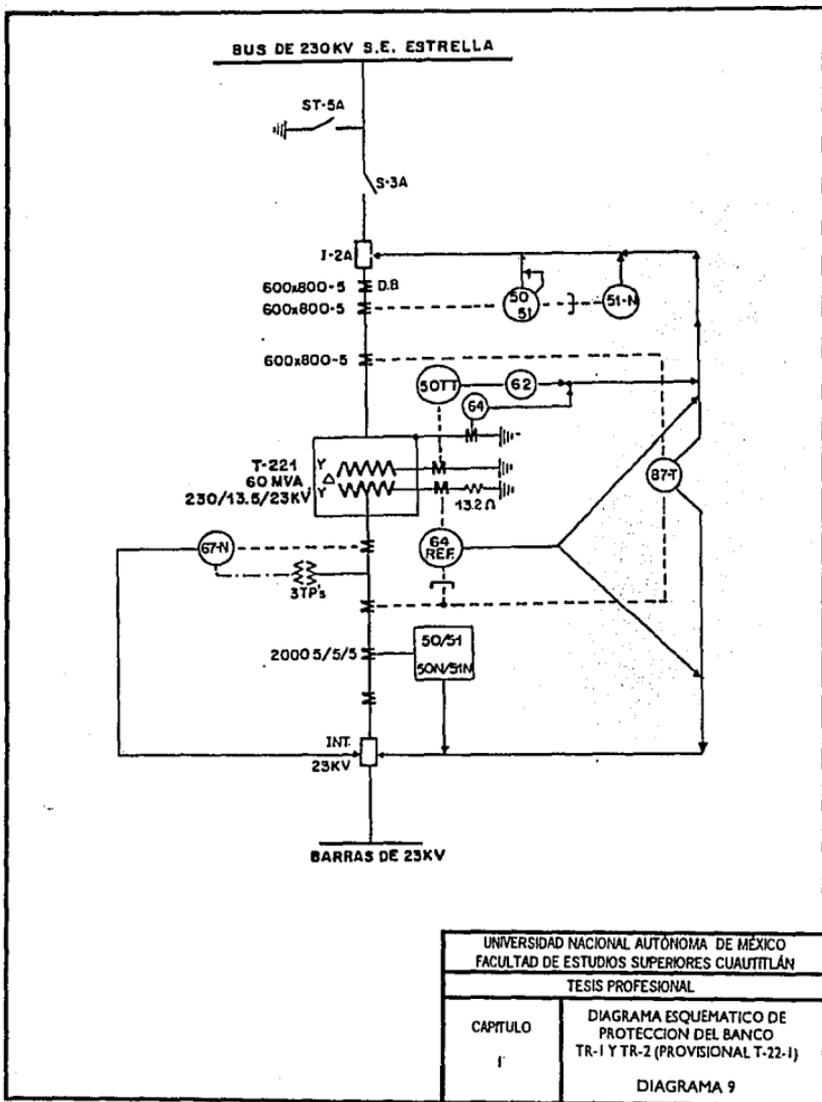
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPÍTULO I	SITUACION ACTUAL DE OPERACION DE LA SEAT  DIAGRAMA 6

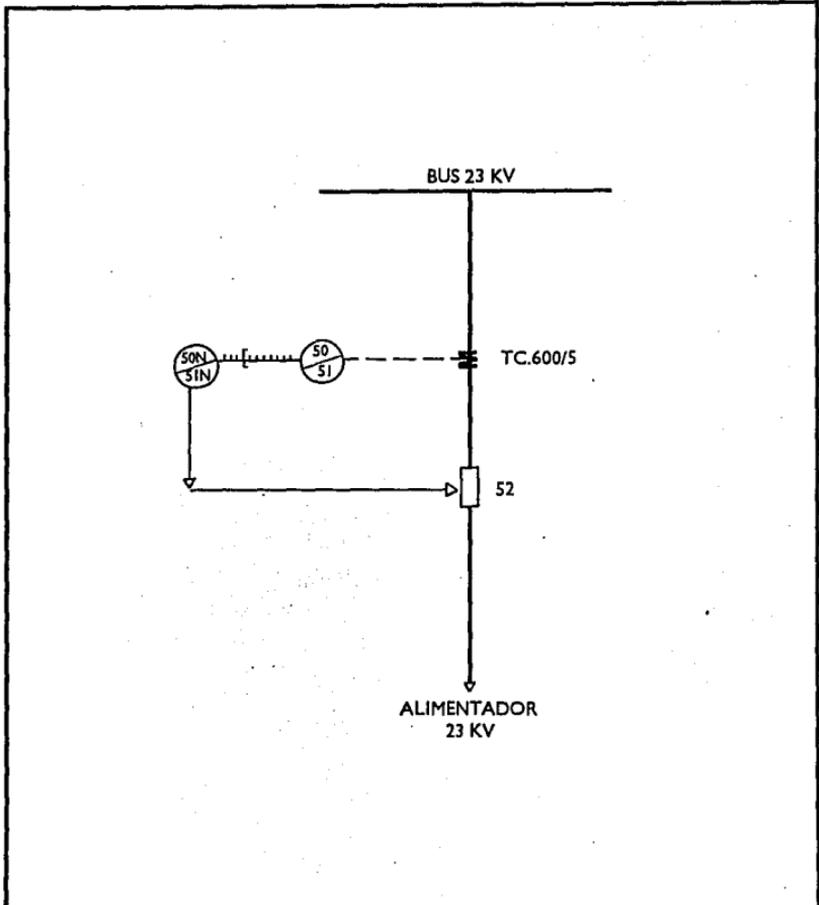


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPÍTULO	ACOMETIDAS DE LA SUBESTACION ESTRELLA
I	
DIAGRAMA 7	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPITULO	DIAGRAMA DE PROTECCIONES S.E ESTRELLA
1	DIAGRAMA 8





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPITULO I	DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROTECCIONES DE UN ALIMENTADOR DE 23 KV  DIAGRAMA 10

El arreglo eléctrico en la subestación es en barra sencilla, seccionada con cuchillas de enlace y abiertas en condiciones normalmente de operación. Conectan a esta barra dos transformadores 230/23KV de 30 MVA cada uno, por lo que la subestación es compacta del tipo encapsulada en gas hexafluoruro de azufre de la marca "GEC ALSTHOM".

La subestación ESTRELLA se probó el día 15 de Marzo de 1994 a través del cable 230 KV ESTRELLA 1 (Subestación Santa Cruz).

El 29 de Abril de 1994 a través del cable ESTRELLA 2.

El Sistema Eléctrico Metropolitano de Luz y Fuerza del Centro está formado por tres anillos de alta tensión: 400KV, 230KV y 85KV red troncal. Así como también por las redes de distribución en 23 KV y 6 KV.

La subestación ESTRELLA se encuentra interconectada en el anillo de 230 KV, a través del cable ESTRELLA 1 desde la subestación Santa Cruz y el cable ESTRELLA 2 desde la subestación Iztapalapa. Diagrama 11

La distribución de la energía eléctrica en las instalaciones de la línea 8 se realiza de la siguiente forma:

-La utilizada para el funcionamiento de los trenes tracción, 750 VCC (volts de corriente continua).

-La utilizada para el funcionamiento de las estaciones, edificios y talleres, alumbrado, 220/127 VCA (volts de corriente alterna).



## **1.6 Recepción de la Energía Eléctrica en la Línea 8.**

La Compañía de Luz y Fuerza del Centro (CLFC) proporciona a través de las subestaciones eléctricas:

- SANTA CRUZ, acometida A

- IZTAPALAPA, acometida B

alimentación en forma de corriente trifásica de 230 KVCA a la SEAT No 4, propiedad del S.T.C. METRO, ubicada entre las estaciones Escuadrón 201 y Atlalilco llamada Cerro de la Estrella. Diagrama 12

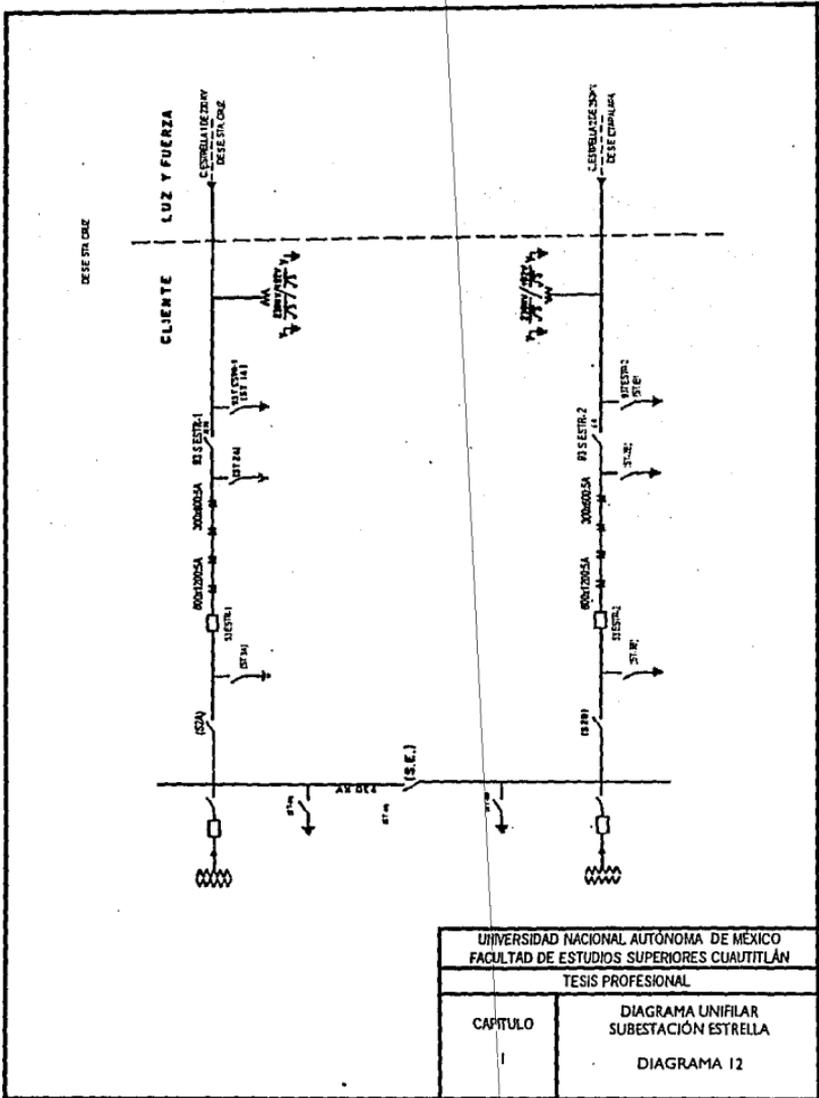
La SEAT cuenta con dos transformadores A-B con una capacidad de 30 MVA y una relación de transformación de 230 KV a 23 KV. Estos transformadores están equipados con una serie de protecciones y mediciones, así como la conexión a tierra para proteger y garantizar la energía eléctrica a las instalaciones de la línea 8.

Estos transformadores alimentan con 23 KV a 4 buses:

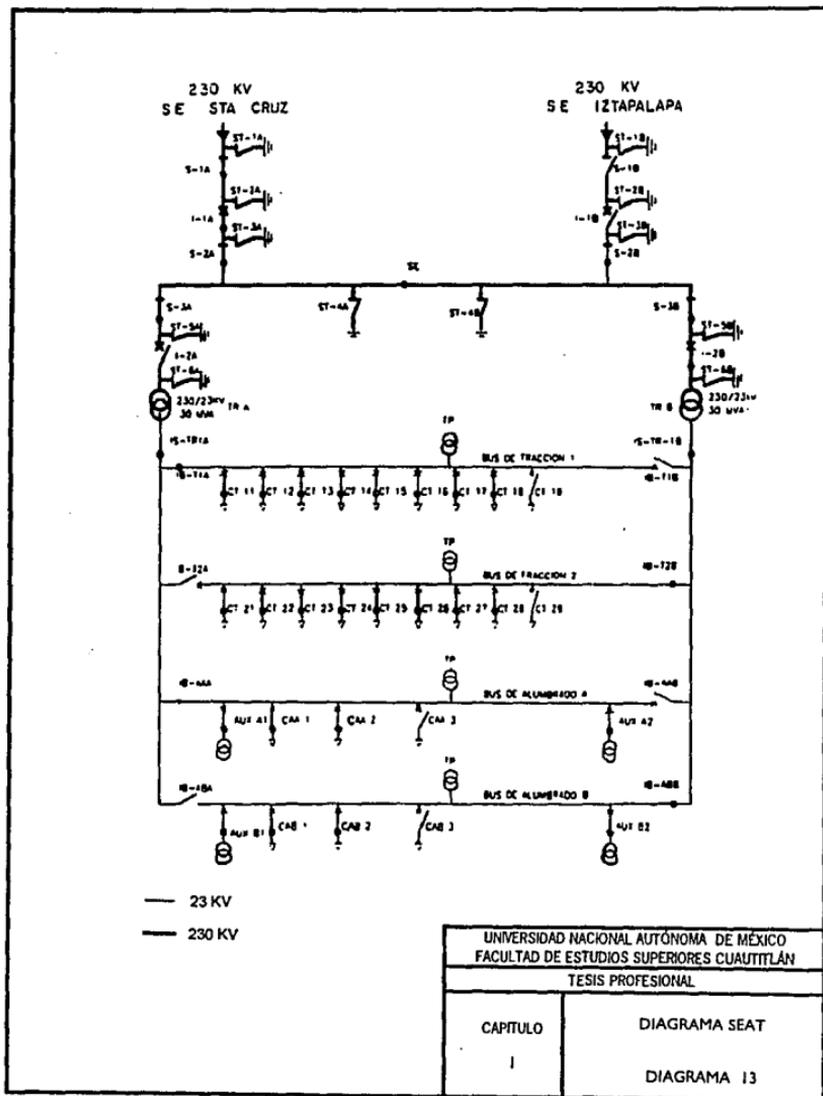
-2 buses de tracción

-2 buses de alumbrado

en situación normal, con sus respectivos seccionadores y disyuntores normalmente cerrados y abiertos dependiendo del plan de alimentación. Diagrama 13



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPÍTULO	DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACIÓN ESTRELLA
I	DIAGRAMA 12



# **CAPITULO**

## **II**

## **2. SUBESTACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA (SAF)**

### **2.1 Finalidad.**

Estas subestaciones están ubicadas en las estaciones, edificio del SEAT y edificios administrativos, su función es transformar los 23KVCA a 220/127 VCA para alimentar a las instalaciones del lugar, donde están instaladas.

### **2.2 Alimentación para las Subestaciones de alumbrado y fuerza de la línea 8.**

La energía eléctrica para las Subestaciones (SAF) es proporcionada de la SEAT - 4 Cerro de la Estrella.

De los buses de fuerza y alumbrado de esta subestación salen 4 cables de 23 KVCA para la interestación; Escuadrón 201- Atlalilco salen 4 cables de 23 KVA a partir de esta estación cada cable alimenta todas las subestaciones (SAF) de las estaciones hasta llegar a Garibaldi, un cable para cada vía.

Los otros dos cables lo hacen a partir de la estación Atlalilco hasta terminal Constitución de 1917, uno por cada vía.

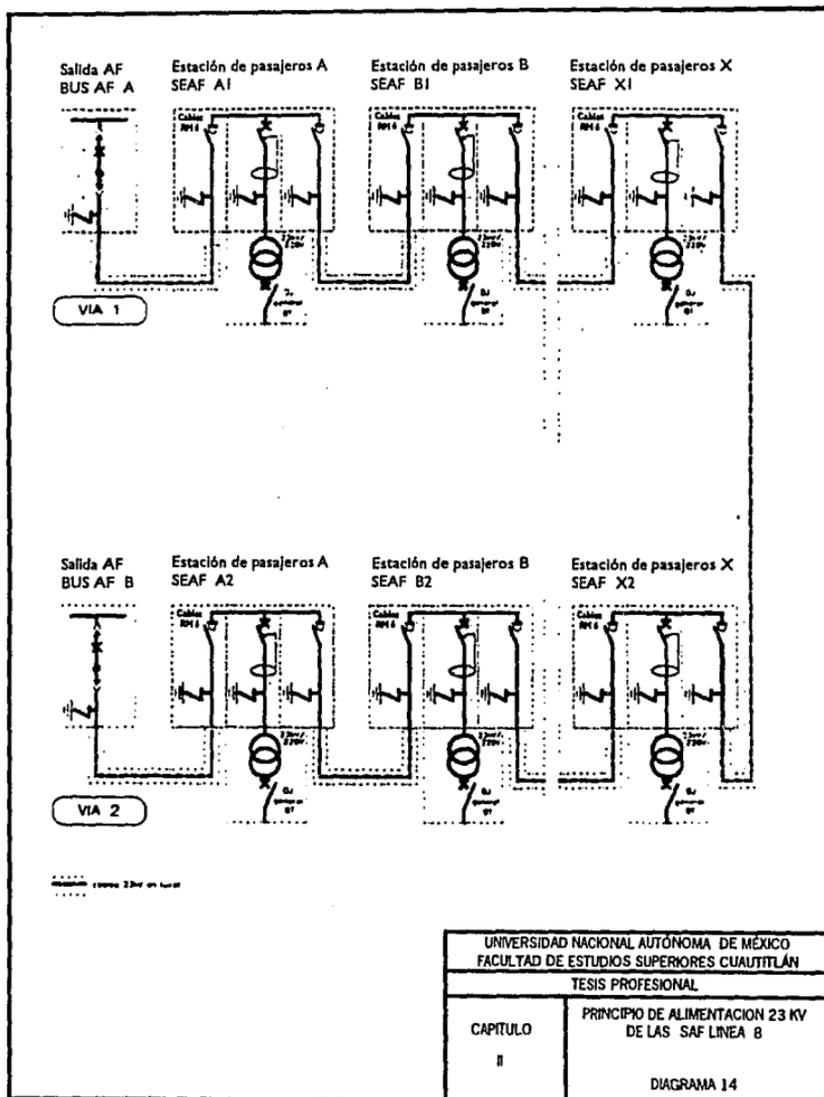
Para garantizar la confiabilidad del suministro de energía eléctrica, tienen un interruptor de transferencia automática en cada cabecera de la línea, con su respectivo equipo de medición; este equipo propiedad de la CFE se encuentra en un local denominado "Local de Acometida de la Compañía de Luz" localizado en una área a nivel de calle y cercano a las estaciones de cabecera de la línea. A estos locales sólo tienen acceso el personal de la CFE.

Del local de acometida de la compañía de luz, se lleva la alimentación en 23 KVCA a la subestación de distribución, formada por un seccionador principal que alimenta a dos interruptores de potencia en pequeño volumen de aceite.

De los respectivos interruptores de potencia se alimentan las subestaciones de alumbrado y fuerza de vía 1 y vía 2 de la línea 8. (Diagrama 14). La alimentación en operación normal (Diagrama 14) es de la siguiente forma:

- I. Todas las subestaciones de vía 1 están alimentadas desde la terminal de origen a través del interruptor de potencia 1.
- II. El seccionador de la terminal opuesta corresponde a la misma vía, está abierto y sus cuchillas de tierra cerradas.
- III. Todas las subestaciones de la vía 2 están alimentadas desde la terminal de destino, a través del interruptor de potencia 3.
- IV. El seccionador de la terminal de origen estará abierto y sus cuchillas de tierra cerradas.

El sistema permite tener diferentes alternativas de alimentación para los casos de fallas, ya sea en los suministros o por parte de los equipos del Sistema, teniendo una protección por bloqueo de llaves a fin de evitar errores en la operación de los dispositivos de enlace, que aseguran la alimentación de las instalaciones. (Diagrama 15)



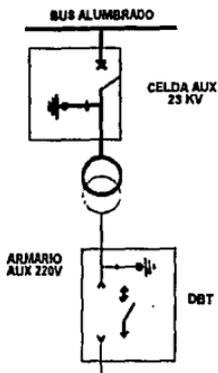
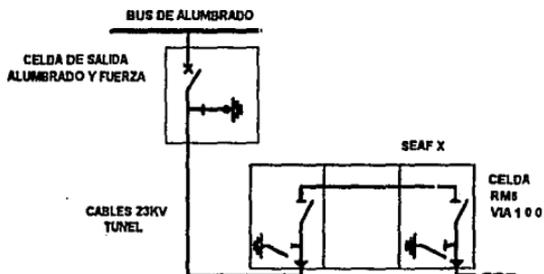


FIGURA 1C1  
CONSIGNACION DE UN  
TRANSFORMADOR AUXILIAR



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPITULO	CONSIGNACIÓN DE UNA SALIDA DE ALUMBRADO Y FUERZA
II	DIAGRAMA 15

Las subestaciones de alumbrado y fuerza de las estaciones suministran alimentación a:

- I. Los equipos e instalaciones de las dos mitades del túnel la estación en cuestión y las estaciones adyacentes.
- II. Los equipos e instalaciones de la mitad de la estación.

### **2.3 Subestaciones de Alumbrado y Fuerza (SAF).**

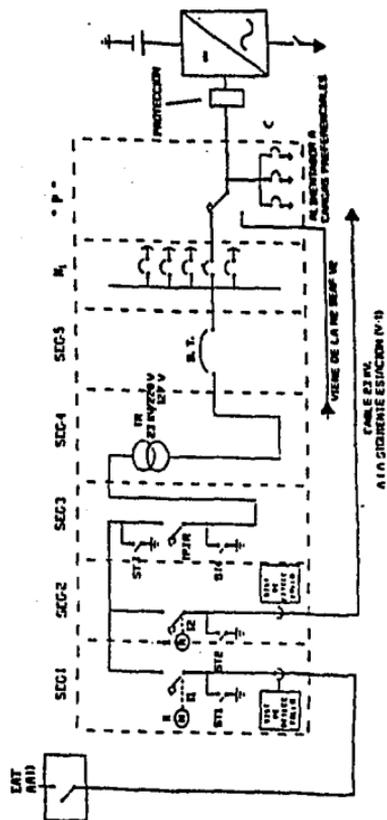
En cada una de las estaciones del STC se tienen dos subestaciones llamadas compactas son de tipo interior y están constituidas por las siguientes celdas o secciones:

- a) Sección 1 (Interruptor de llegada)
- b) Sección 2 (Interruptor de salida)
- c) Sección 3 (Protección del transformador)
- d) Sección 4 (Transformador)
- e) Sección 5 (Interruptor de baja tensión). (Ver Diagrama 16)

#### **Sección Uno.**

Este gabinete contiene el interruptor de llegada de 400 AMP de capacidad y operación con carga, sirve para conectar o desconectar la MUFA de llegada al BUS principal de la subestación; además contiene un seccionador que sirve para conectar a tierra la MUFA de llegada al cable alimentador siempre que éste no se encuentre alimentado.

DIAGRAMA DE UNA "SAF"



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPÍTULO	DIAGRAMA DE UNA SAF
II	
DIAGRAMA 16	

### **Sección Dos.**

Este gabinete contiene un interruptor de salida de 400 AMP de capacidad y operación con carga mediante el cual se logra la alimentación del cable para la subestación siguiente; además contiene un seccionador que conecta a tierra el cable siempre que éste se encuentre desenergizado (a excepción de la última estación donde se encuentra abierto el cable a tierra).

### **Sección Tres.**

Este gabinete contiene un interruptor de protección al transformador de 400 AMP de capacidad y operación con carga, con un fusible de 10 AMP para cada fase, el cual alimenta y protege al transformador de potencia.

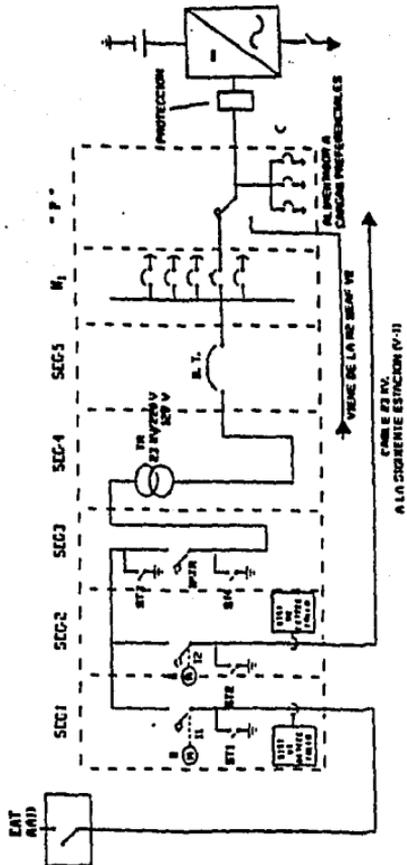
### **Sección Cuatro.**

Este gabinete contiene el transformador de potencia que cuenta con indicadores de nivel y temperatura de aceite dieléctrico y tiene las siguientes características:

- Capacidad 250 KVA
- Relación de Transformación: 23000/220/127 VCA
- Conexión Delta-Estrella aterrizada
- Regulador de tensión de operación manual sin carga.

## **Sección Cinco.**

Este gabinete contiene el interruptor general de baja tensión, el cual alimenta a los centros de carga alumbrado y fuerza de los circuitos normales y preferenciales, (Tableros de distribución A ó B, 1 ó 2). (Ver Diagrama 17).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
 TESIS PROFESIONAL

CAPITULO  
 II

SECCIONES DE UNA SAF

DIAGRAMA 17

#### 2.4 Abreviaturas Subestación Energía Alta Tensión.

ST-1A	SECCIONADOR DE TIERRA 1 ACOMETIDA A 230 KV
ST-2A	SECCIONADOR DE TIERRA 2 ACOMETIDA A 230 KV
ST-3A	SECCIONADOR DE TIERRA 3 ACOMETIDA A 230 KV
ST-4A	SECCIONADOR DE TIERRA 4 ACOMETIDA A 230 KV
ST-5A	SECCIONADOR DE TIERRA 5 ACOMETIDA A 230 KV
ST-6A	SECCIONADOR DE TIERRA 6 ACOMETIDA A 230 KV
ST-1B	SECCIONADOR DE TIERRA 1 ACOMETIDA B 230 KV
ST-2B	SECCIONADOR DE TIERRA 2 ACOMETIDA B 230 KV
ST-3B	SECCIONADOR DE TIERRA 3 ACOMETIDA B 230 KV
ST-4B	SECCIONADOR DE TIERRA 4 ACOMETIDA B 230 KV
ST-5B	SECCIONADOR DE TIERRA 5 ACOMETIDA B 230 KV
ST-6B	SECCIONADOR DE TIERRA 5 ACOMETIDA B 230 KV
S1-A	SECCIONADOR 1 ACOMETIDA A 230 KV
S2-A	SECCIONADOR 1 ACOMETIDA A 230 KV
S3-A	SECCIONADOR 1 ACOMETIDA A 230 KV
S1-B	SECCIONADOR 1 ACOMETIDA B 230 KV
S2-B	SECCIONADOR 1 ACOMETIDA B 230 KV
S3-B	SECCIONADOR 1 ACOMETIDA B 230 KV
S E	SECCIONADOR DE ENLACE
D1 A	DISYUNTOR 1 ACOMETIDA A 230 KV
D2 A	DISYUNTOR 2 ACOMETIDA A 230 KV
D1 B	DISYUNTOR 1 ACOMETIDA B 230 KV
D2 B	DISYUNTOR 2 ACOMETIDA B 230 KV
DLL-1A	DISYUNTOR LLEGADA A NUMERO 123 KV
DLL-1B	DISYUNTOR LLEGADA B NUMERO 123 KV
DB-AT1	DISYUNTOR BUS-LADO A TRACCION NUMERO 1
DB-AT2	DISYUNTOR BUS-LADO A TRACCION NUMERO 2
DB-AA1	DISYUNTOR BUS-LADO A ALUMBRADO NUMERO 1
DB-AA2	DISYUNTOR BUS-LADO A ALUMBRADO NUMERO 2
DB-BT1	DISYUNTOR BUS-LADO B TRACCION NUMERO 1
DB-BT2	DISYUNTOR BUS-LADO B TRACCION NUMERO 2

DB-BA1	DISYUNTOR BUS-LADO B ALUMBRADO NUMERO 1
DB-BA2	DISYUNTOR BUS-LADO B ALUMBRADO NUMERO 2
ST-B1-1	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 1
ST-B1-2	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 2
ST-B1-3	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 3
ST-B1-4	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 4
ST-B1-5	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 5
ST-B1-6	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 6
ST-B1-7	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 7
ST-B1-8	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 8
ST-B1-9	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 9
ST-B1-10	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 10
ST-B1-11	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 11
ST-B1-12	SALIDA TRACCION BUS 1 SALIDA NUMERO 12
ST-B2-1	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 1
ST-B2-2	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 2
ST-B2-3	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 3
ST-B2-4	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 4
ST-B2-5	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 5
ST-B2-6	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 6
ST-B2-7	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 7
ST-B2-8	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 8
ST-B2-9	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 9
ST-B2-10	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 10
ST-B2-11	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 11
ST-B2-12	SALIDA TRACCION BUS 2 SALIDA NUMERO 12
SA-B1-1	SALIDA ALUMBRADO BUS 1 SALIDA 1
SA-B1-2	SALIDA ALUMBRADO BUS 1 SALIDA 2

SA-B1-3	SALIDA ALUMBRADO BUS 1 SALIDA 3
SA-B1-4	SALIDA ALUMBRADO BUS 1 SALIDA 4
SA-B1-5	SALIDA ALUMBRADO BUS 1 SALIDA 5
SA-B1-6	SALIDA ALUMBRADO BUS 1 SALIDA 6
SA-B1-7	SALIDA ALUMBRADO BUS 1 SALIDA 7
SA-B2-1	SALIDA ALUMBRADO BUS 2 SALIDA 1
SA-B2-2	SALIDA ALUMBRADO BUS 2 SALIDA 2
SA-B2-3	SALIDA ALUMBRADO BUS 2 SALIDA 3
SA-B2-4	SALIDA ALUMBRADO BUS 2 SALIDA 4
SA-B2-5	SALIDA ALUMBRADO BUS 2 SALIDA 5
SA-B2-6	SALIDA ALUMBRADO BUS 2 SALIDA 6
SA-B2-7	SALIDA ALUMBRADO BUS 2 SALIDA 7

## **2.5 Equipos Alimentados por la SAF.**

Siendo las subestaciones francesas las primeras que fueron instaladas en el sistema, en aquel tiempo se decidió llamar a los tableros de distribución como cabinas. Actualmente dado que las nuevas subestaciones son de fabricación nacional se les conoce con el nombre de "Tableros de Distribución".

### **A. Tablero de Distribución A/B**

Existe uno por cada subestación en todas las estaciones se denominan tableros A y B para vía 1 y vía 2 respectivamente, cada tablero alimenta el 50% de los equipos e instalaciones de estación así como la mitad de las interestaciones adyacentes.

Del tablero "A" se alimentan:

- a) Tablero P (Circuitos preferenciales)
- b) Tablero C (Alumbrado, contactos monofásicos y trifásicos en bajo andén e interestación de vía 1)
- c) Tablero D (Centro de carga de alumbrado en andenes y vestíbulo de vía 1)

Del tablero "B" se alimentan:

- a) Tablero P (Circuitos preferenciales)
- b) Tablero W (Alumbrado, contactos monofásicos y trifásicos en bajo andén e interestaciones de vía 2)
- c) Tablero X (Centro de carga de alumbrado en andenes y vestíbulo de vía 2)

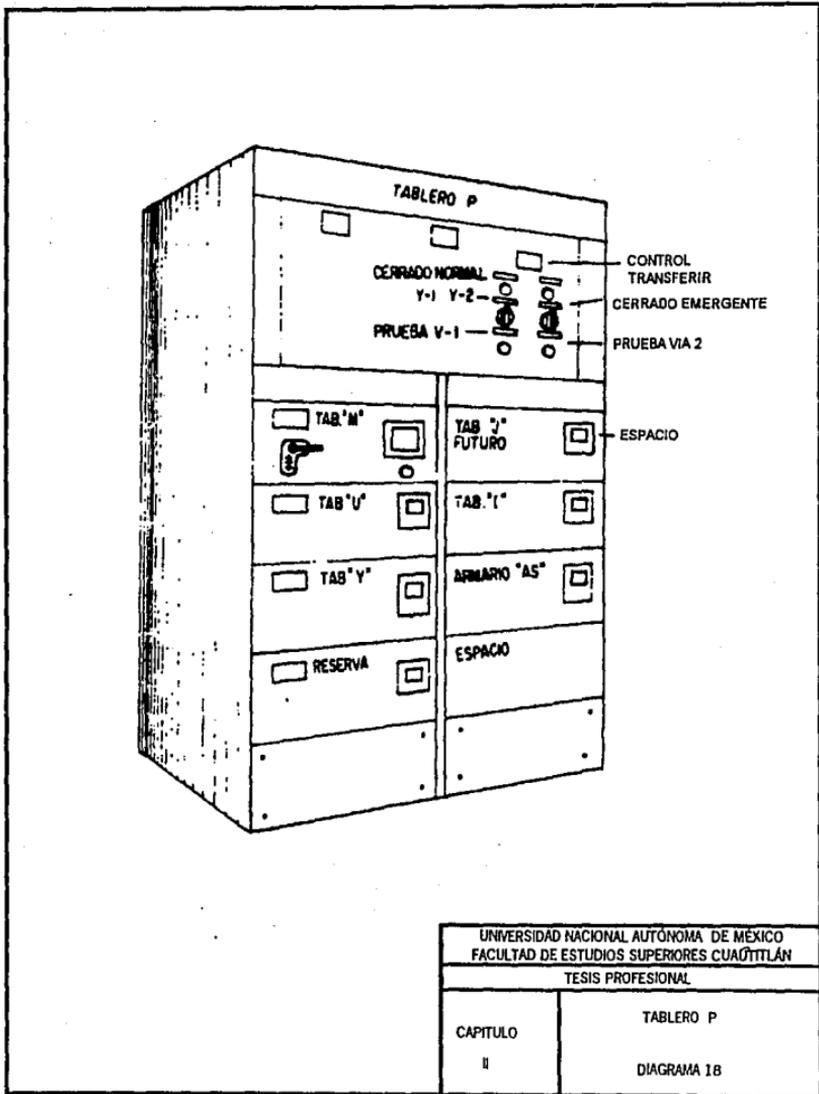
## **B. Tablero de Distribución "P"**

Se encuentra instalado en cada una de las estaciones, edificio de la SEAT, tomando su alimentación de los tableros de distribución "A" y "B", a través de interruptores termomagnéticos y cuentan con un equipo de transferencia automática, que permite vascular de una alimentación a otra cuando la alimentación preferente no esté presente. Su finalidad es la de alimentar los circuitos prioritarios de la estación, el tablero "P" cuenta:

- a) Lámparas que indican la posición normal ó emergente (en color rojo y verde, respectivamente)
- b) Un conmutador "Vía 1 Vía 2"
- c) Un Conmutador "automático-manual"
- d) Dos botones pulsadores de prueba operación por vía uno y vía dos.
- e) Interruptores termomagnéticos de tres polos y diversas capacidades para alimentar los circuitos preferenciales. (Ver Diagrama 18)

Los circuitos preferenciales que alimentan la cabina "P" son:

- a) Señalización
- b) Pilotaje automático
- c) Mando centralizado
- d) Torniquetes
- e) Equipos de Tracción
- f) Video vigilancia
- g) Alumbrado preferencial
- h) Aparatos de vía.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTTLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPITULO	TABLERO P
II	DIAGRAMA 18

Como conclusión a lo anteriormente expuesto, existen en principio, dos SAF por estación.

Cuando por alguna circunstancia se presenta la avería del tablero "P" existen afectaciones tales como:

- Ocupación de los circuitos de vía en el área cercana a la estación problema y como consecuencia; programa no alimentado y señalización apagada.
- Falta de alimentación en equipo de tracción cercanos.
- El TCO (Tablero de Control Óptico) del PCC (Puesto Central de Control) se presenta por la ocupación de varios circuitos de vía y ausencia de telemandos de los itinerarios.

La posición de las agujas estará presente, en tanto la capacidad de las baterías sea suficiente.

Ante esta avería los agentes de regulación deberán mandar colocar los conmutadores "M" de los cofres de socorro en posición "Señal" e implantar el SSO en las estaciones que así lo requieran.

# **CAPITULO**

## **III**

### **3. SUBESTACIONES DE RECTIFICACION.**

#### **3.1 Finalidad**

Estas subestaciones ( También llamadas Puestos de Rectificación PR's ), se encuentran instaladas a lo largo de la línea, generalmente a nivel de calle, su ubicación se efectúa de acuerdo a varios parámetros, entre ellos, la caída de tensión máxima permisible, considerando que la puesta fuera de servicio de una de ellas no afecte al mínimo la tensión requerida para el desplazamiento de los trenes, ya que las dos subestaciones adyacentes podrán con su capacidad absorber la sobrecarga existente.

La distancia entre las subestaciones de rectificación es variable para cada una de las líneas ( aproximadamente 1200 metros ).

Su función es la de transformar y rectificar los 23 KV de corriente alterna a 750 VCC ( volts de corriente continua ), que es la tensión nominal con que deben trabajar los trenes.

Existen dos tipos de SR :

- a ) Alimentación en " T " ( Ver Diagrama 19 )
- b ) Alimentación en doble " T " ( Diagrama 19 )

La línea 8 cuenta con 16 SR ( Ver tabla 3.1 )



**TABLA 3.1**

No.	NOMBRE	UBICACION	
		INTERESTACIÓN	CAD
1	GARIBALDI	GARIBALDI BELLAS ARTES	18-860
2	SAN JUAN DE LETRAN	B. ARTES SAN JUAN DE LETRAN	18 + 860
3	DOCTORES	SALTO DEL AGUA DOCTORES	17 + 000
4	OBRERA	DOCTORES OBRERA	15 + 900
5	CHABACANO	OBRERA CHABACANO	14 - 600
6	LA VIGA	LA VIGA STA. ANITA	13 + 440
7	COYUYA	STA. ANITA COYUYA	12 + 100
8	IZTACALCO	COYUYA IZTACALCO	10 + 840
9	APATLACO	IZTACALCO APATLACO	9 + 520
10	ACULCO	ACULCO ESCUADRON 201	8 + 540
11	ESCUADRON 201	ESCUADRON 201 ATILCO	7 + 340
12	ATLALILCO	ESCUADRON 201 ATLALILCO	6 + 280
13	IXTAPALAPA	ATLALILCO IXTAPALAPA	5 + 100
14	CERRO DE LA ESTRELLA	C. DE LA ESTRELLA PURISIMA	3 + 900
15	PURISIMA	PURISIMA CONSTITUCIÓN 1917	2 + 740
16	CONSTITUCIÓN 1917	PURISIMA CONSTITUCIÓN 1917	1 + 860

### **3.2 Elementos de una Subestación de Rectificación ( SR ) .**

Las subestaciones de rectificación están alojadas en los locales situados en el interior ( costados de las estaciones ) , independientes de las estaciones y su instalación interior, está formada por grupos o bloques móviles que permiten su cambio en caso de avería, por otra similar .

El equipo de control eléctrico es fijo y se conecta a los grupos o bloques móviles por medio de conectores de enchufe.

Para cumplir la función que tienen asignada, las SR están constituidas por los siguientes grupos o bloques :

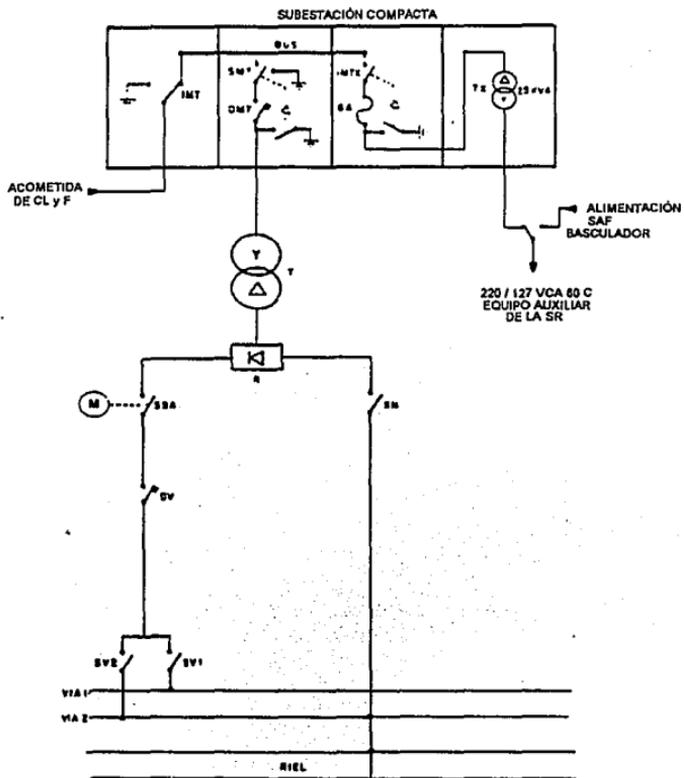
Constitución de una SR EN "T "

- a ) Subestación compacta de distribución
- b ) Grupo transformador- rectificador
- c ) Disyuntor de vía ( DV )
- d ) Tablero de automatismos ( Ver diagrama 20 )

Constitución de una SR en doble " T "

- a ) Subestación compacta de distribución
- b ) Grupo transformador- rectificador
- c ) Dos disyuntores de vía ( DV )
- d ) Un contactor del tramo de protección ( CTP )
- e ) Tablero de automatismos ( Ver Diagrama 21 )

# SR EN "T"



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
 TESIS PROFESIONAL

CAPITULO  
 III

SR. EN T  
 DIAGRAMA 20

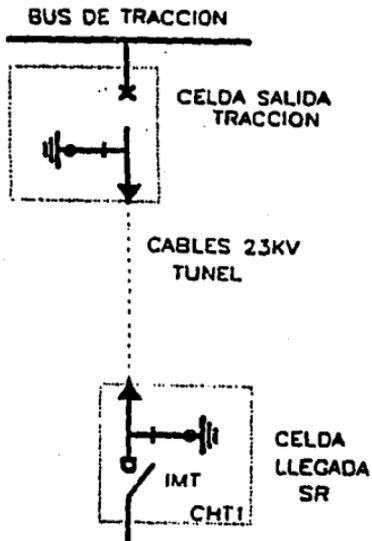


FIGURA 1C2  
 CONSIGNACION DE  
 UNA SALIDA TRACCION

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPITULO III	CONSIGNACIÓN DE UNA SALIDA DE TRACCIÓN
DIAGRAMA 22	

### **3.3 Componentes de una SR en T y Doble T.**

#### **a) Subestación compacta de distribución .**

La función principal de la subestación compacta es recibir la energía que suministra la SEAT y transferirla a los diferentes equipos de la SR ( Diagrama 22 ).

Está constituida por 3 celdas o secciones :

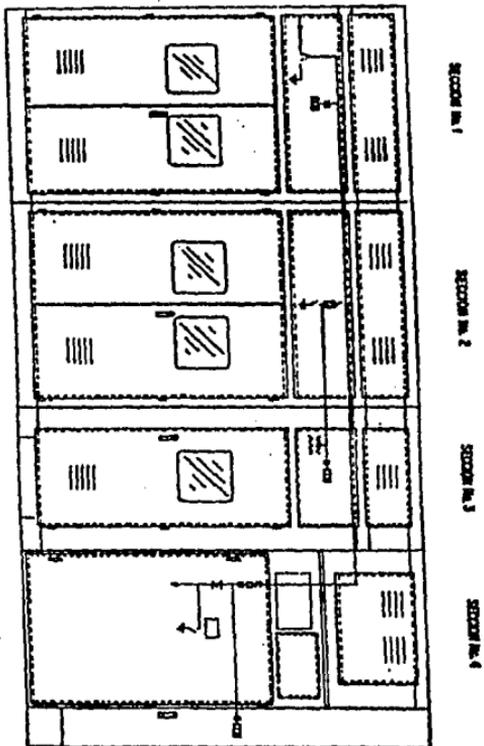
#### **Sección 1 Interruptor de llegada.**

En esta celda o sección, se encuentra instalado un interruptor de llegada IMT ( Interruptor de Mediana Tensión ), cuya función es aislar o conectar la SR con la SEAT ( Diagrama 23 ).

#### **Sección 2 ( Interruptor de potencia ).**

Esta celda contiene un seccionador manual ( SMT ) de operación sin carga; en su posición cerrado alimenta al DMT, el cual sirve de protección del grupo transformador-rectificador, el DMT es un interruptor encapsulado en GAS HEXAFLUORURO su función es conectar o desconectar al grupo transformador-rectificador o por mando local, la apertura automática de los DMT opera en los siguientes casos :

- a) Ausencia de tensión de 23 KV
- b) Falla en el grupo transformador-rectificador ( avería de grupo )
- c) Ausencia de tensión auxiliar de 220 VCA
- d) Falla del autómatas programable
- e) Relé vía tierra
- f) Relé de tierra



VISTA FRONTAL DE LA SUBESTACION DE ACOMETIDA  
PARA PUESTOS DE RECTIFICACION.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

TESIS PROFESIONAL

CAPITULO  
III

VISTA FRONTAL DE LA  
SUBESTACIÓN DE ACOMETIDA PARA  
PUESTOS DE RECTIFICACIÓN

DIAGRAMA 23

En esta celda también se encuentran alojados :

- Un seccionador trifásico de operación sin carga de 34,5 KV , 600 A
- Tres Transformadores de corriente tipo K-16, con una relación de transformación de 150/5 A.
- Las cuchillas de puesta a tierra, de tres polos, 34,5 KV y 400 A de capacidad .

### Sección 3 ( Transformador auxiliar y protecciones ) .

En esta celda se encuentra el transformador auxiliar, cuya función es transformar los 23 000 / 220 / 127 VCA y proporcionar alimentación a todos los equipos de distribución; así como el alumbrado y fuerza, autómatas programables y todos los servicios auxiliares de la SR . En caso de falla del transformador auxiliar, la alimentación es asegurada por un equipo de transferencia conectado a la SAF más cercana.

Asimismo, la celda cuenta con un interruptor ( ITX ) con fusibles integrados de 6 amperes; su función es proteger y alimentar el transformador auxiliar.

### B. Grupo transformador-rectificador.

La función de este grupo es transformar la corriente de 23 KV suministrada por la SEAT Y obtener 540 VCA y ésta a su vez rectificarla a 750 VCC para la operación de los trenes .

El transformador tiene las siguientes características :

- 4500 KVA de capacidad nominal, trifásico, 60 Hz , 23 000 / 540 VCA
- Enfriamiento natural.
- Conexión delta-estrella primario y delta secundario .
- Relación de transformación : 23 000 / 540 VCA .

El rectificador tiene las siguientes características :

- 14 diodos de silicio en puente , trifásico de Graetz, de 4500 KW .

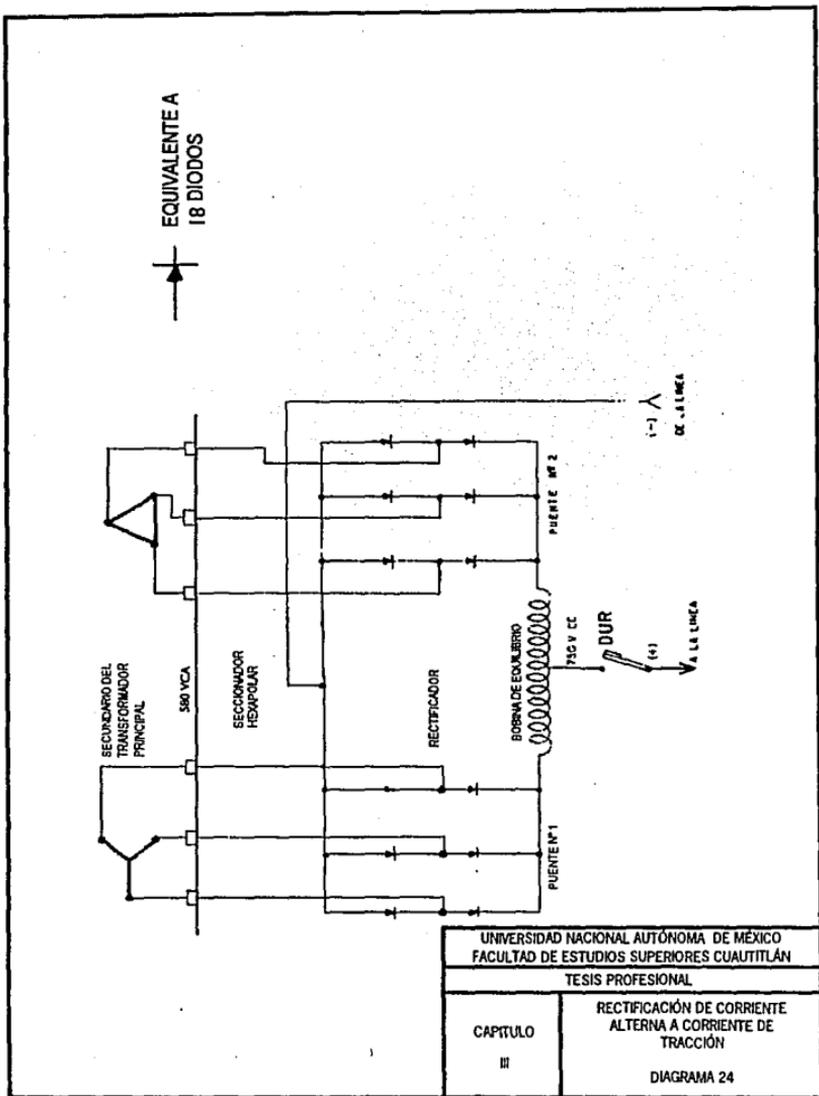
La tensión rectificada es de 770 V en vacío y 714 V con carga a una intensidad de 3500 A.

A la salida del rectificador, la tensión de 750 VCC es entregada por medio de 2 seccionadores llamados positivo y negativo, respectivamente ( Diagrama 24 ) .

#### **Seccionador Positivo .**

El seccionador positivo es un seccionador de aislamiento automático ( SAA ) de 5000 AMP de operación sin carga, por lo que su mando está gobernada por la operación del DMT.

Estando cerrados el DMT y el SAA, al comandar la apertura del DMT , éste abre y posteriormente abre el SAA . Al comandar el cierre del DMT, cierra primero el SAA y luego el DMT.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPÍTULO	RECTIFICACIÓN DE CORRIENTE ALTERNA A CORRIENTE DE TRACCIÓN
III	DIAGRAMA 24

#### **Seccionador Negativo .**

El seccionador negativo es un seccionador manual de 5000 AMP , normalmente cerrado y de operación sin carga, permite aislar la polaridad negativa de los 750 VCC que se conectan al riel.

#### **C . Disyuntor de Vía .**

Su función es proteger al rectificador de los efectos de un corto circuito en la barra guía o en el material rodante. Alimenta a la barra guía de 750 VCC ( polaridad negativa ), por medio de seccionadores manuales , normalmente cerrados . En las SR de alimentación doble "T" se tienen dos ( DV ) y cuando están cerrados su función es de enlazar eléctricamente las zonas entre las cuales se encuentran. En las SR de alimentación de " T " , únicamente se encuentra un ( DV ) . A cada ( DV ) está asociado un detector de corto circuito ( CERME ) , que es un dispositivo que dirige la apertura de los DV cuando existe un corto circuito en la línea . El DV puede ser ajustado para dispararse por una sobrecarga , con un valor predeterminado y, de hecho, impide que la intensidad de la corriente alcance su valor máximo.

#### **D. Interruptor del Tramo de Protección " ITP "**

La función de los ITP es alimentar los tramos de protección ubicados en las fronteras de las zonas y su operación está regida por la operación de los DV .

#### **E. Tablero de Automatismos .**

En este tablero se localizan los dispositivos que supervisan y controlan el correcto funcionamiento de la subestación .

Aquí se encuentra alojado un controlador llamado autómeta, que se encarga de vigilar y en caso necesario comandar la apertura de los equipos de la subestación.

Asimismo, el autómata mantiene comunicación con la SEAT No. 4 para transmitir la información de las condiciones de la subestación y recibir ordenes de maniobras en equipos.

#### **F. Grupo Ventilador.**

La función del ventilador es la de proporcionar el flujo de aire a través de una cámara, para enfriar el transformador principal y al block rectificador, a fin de mantenerlos a una temperatura adecuada . Su funcionamiento depende de la temperatura que se encuentre el block rectificador o a la corriente que circula por el transformador principal.

#### **G. Retorno Negativo a las Subestaciones de Rectificación.**

Después de que la corriente se utiliza por los motores de los trenes , es conectada al riel de seguridad por las escobillas negativas del tren, de aquí y pasando por los puentes de inductancia, regresa a las subestaciones de rectificación para que de esta manera se cierre el circuito eléctrico de tracción de los trenes .

#### **3.4 Tipos de SR .**

De acuerdo a la forma que alimenta a las barras guía , las SR se clasifican en dos tipos :

De alimentación en " T " .

Este tipo de SR alimenta directamente a las barras guía de V1 y V2 a través de su disyuntor de vía ( DV ) .

De alimentación en doble " T " .

Este tipo de SR se localiza únicamente en frontera de zonas, dadas sus características alimentan las barras guía de una zona con un " DV " , y las de las de la zona adyacente con el otro " DV " .

# **CAPITULO**

## **IV**

#### **4. DIVISIÓN ELÉCTRICA EN LA LÍNEA 8.**

##### **4.1 Finalidad.**

La distribución de la corriente de tracción en la línea 8 se efectúa con un voltaje aplicado a la barra guía de 750 VCC entregado por las subestaciones de rectificación.

Con el fin de evitar la polarización de una línea, cuando se presentan incidentes que impiden la energización de la barra guía, la línea actualmente se encuentra dividida en zonas, y estas a su vez pueden dividirse en secciones.

Cuando un incidente se presente en una zona o sección, estas pueden quedar sin alimentación tracción pero sin afectar a las otras zonas o secciones, pudiendo explotarse la línea parcialmente mediante un mecanismo llamado servicio provisional.

La división eléctrica de la línea 8 en zonas, se puede efectuar mediante los disyuntores de vía (DV).

La división eléctrica de algunas zonas en secciones se puede efectuar mediante los interruptores de aislamiento telemándad (IAT).

##### **4.2 Disyuntor de Vía (DV).**

Como se mencionó anteriormente, la finalidad de estos disyuntores es la de enlazar eléctricamente dos zonas adyacentes, y en su caso el poder aislar a una zona con problemas de alimentación de tracción.

Se encuentran ubicados en el interior de las SR de alimentación en doble T, estos DV se encuentran numerados con el número perteneciente a la sección que alimentan.

#### **4.3 Interruptor de Aislamiento Telemandado (IAT).**

La finalidad de estos interruptores es la de enlazar eléctricamente a dos secciones adyacentes, a condición de que ambas pertenezcan a una misma zona.

#### **4.4 Seccionamientos.**

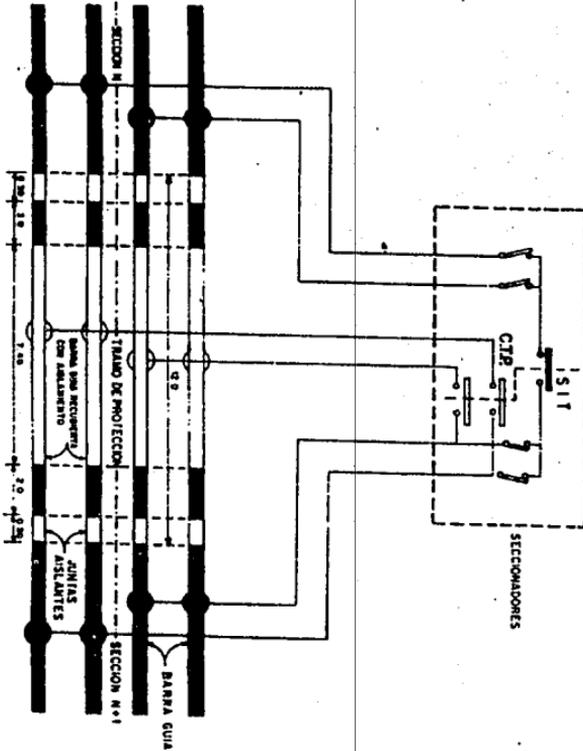
Las fronteras de zonas o secciones están delimitadas por tramos de protección. (Diagrama 25).

La línea 8 cuenta con dos tipos de Seccionamientos:

##### **Seccionamiento de Frontera de Secciones**

En frontera de secciones de una misma zona existen Seccionamientos, la continuidad eléctrica se lleva acabo mediante los (IAT) Interruptores de Aislamiento Telemandado.

Condiciones de Operación del (IAT).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPITULO IV	SECCIONAMIENTOS
DIAGRAMA 25	

El cierre puede efectuarse por mando a distancia y mando local eléctrico, con presencia de tensión pero sin carga. Puede cerrar por mando local manual, siempre y cuando no haya tensión de tracción (750 VCC) en vías.

Un circuito de seguridad bloquea el acceso al gabinete donde se encuentra la manivela de mando local manual, cuando hay tensión en las vías.

Apertura.- Puede lograrse por mando a distancia local eléctrico y local manual, esto debe realizarse siempre y cuando no haya tensión en las vías, esto se debe a que su apertura es muy lenta y se dañaría el equipo si se efectúa esta operación con tensión o con carga.

Para asegurar esta condición se cuenta con un circuito de seguridad que evita no solo la apertura de la puerta de mando local manual, sino también la apertura a distancia y por mando local eléctrico.

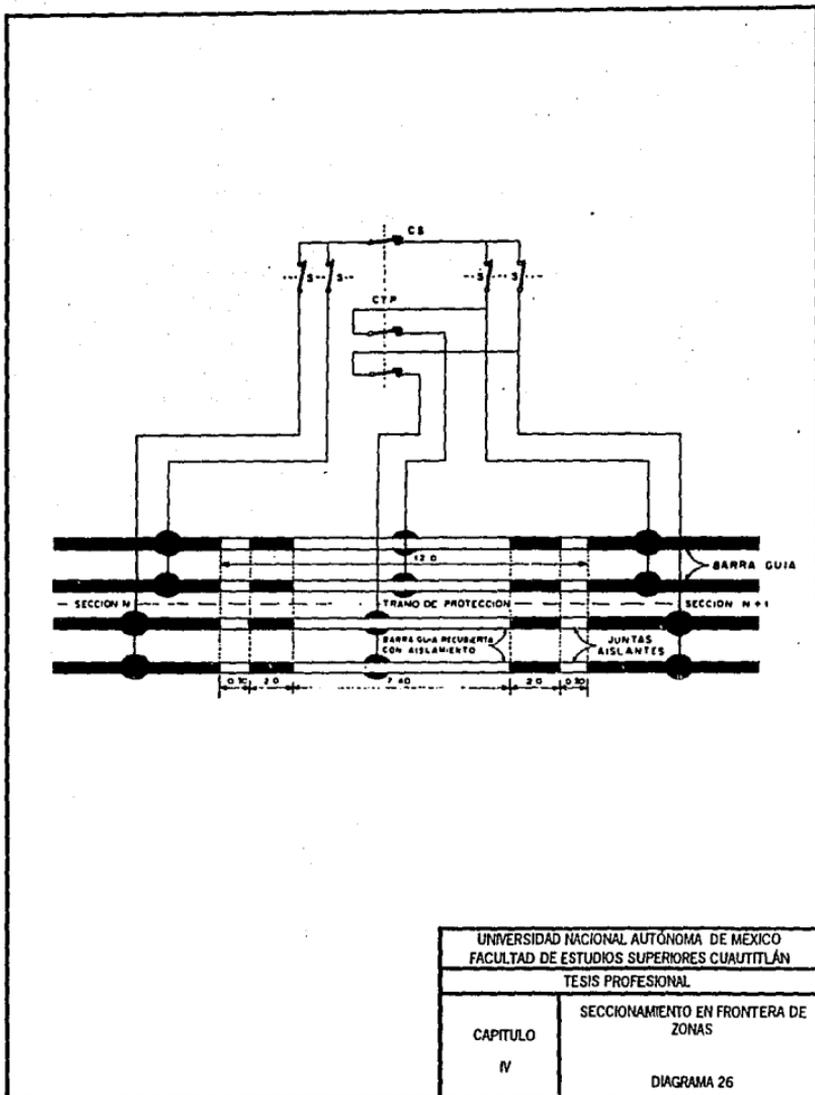
En el tablero de Control Óptico (TCO), ubicado en el Puesto Central de Control (PCC), existe un conmutador con una lámpara integrada que indica la posición de este equipo (encendida a la apertura y apagada al cierre).

Dicho equipo se encuentra en las intersecciones, casi siempre a proximidad de la frontera de secciones.

### **Seccionamiento en Frontera de Zonas**

En las fronteras de zonas se localizan los tramos de protección (TP), cuya finalidad es de evitar el puenteo eléctrico de la barra guía, de una zona energizada a otra zona desenergizada, la alimentación eléctrica de los (TP) se realiza a través de los interruptores de tramo de protección (ITP), estos están supeditados a la operación de su (DV) correspondiente.

La ubicación de un Seccionamiento está indicada por una inscripción pintada en la pared conteniendo la palabra SECCIONAMIENTO en letras rojas sobre fondo blanco, y los límites están indicados por unas placas con dos "T" acostadas e invertidas en negro sobre fondo blanco. (Diagrama 26).



#### **4.5 División Eléctrica de la Línea 8.**

A continuación se presenta la división eléctrica de la Línea 8, la cual consta de 7 zonas y 12 secciones indicando de manera particular la ubicación de los (DV) e (IAT): (Tabla 4.5.)

**TABLA 4.5**

<b>ZONA</b>	<b>SECCION</b>	<b>DELIMITACION</b>	
C	5	TERMINAL GARIBLADI	DV5 GARIBALDI
D	6	DV6 GARIBALDI	IAT SALTO DEL AGUA
	7	IAT SALTO DEL AGUA	DV7 DOCTORES
E	8	DV8 DOCTORES	DV9 CHABACANO
F	9	DV10 CHABACANO	IAT LA VIGA
	10	IAT LA VIGA	IAT SANTA ANITA
	11	IAT SANTA ANITA	DV11 COYUYA
G	12	DV12 COYUYA	DV12 APATLACO
H	13	DV13 APATLACO	IAT ACULCO
	14	IAT ACULCO	DV14 IXTAPALAPA
I	15	DV15 ATLALILCO	IAT IXTAPALAPA
	16	IAT IXTAPALAPA	CONSTITUCION DE 1917

#### **4.6 Finalidad de los Interruptores Automáticos.**

Estos elementos eléctricos, permiten alimentar o aislar en corriente de tracción determinados tramos de vías en forma automática, la operación de ellos puede efectuarse:

- Por mando a distancia.
- Por mando local eléctrico.

Generalmente están conectados por mando a distancia, para permitir su operación desde el PCC.

Los interruptores automáticos se encuentran dotados de algunos elementos que caracterizan su funcionamiento, como por ejemplo:

- Protección magnética: Se encarga de provocar su apertura cuando se presenta una sobrecorriente o corto-circuito.
- Circuito de CUAT (Corte de Urgencia de Alimentación de Tracción): Se encarga de provocar su apertura cuando ha sido accionado un ruptor en las vías por él alimentadas.
- Bobina de presencia de tensión: Se encarga de provocar su apertura cuando se tiene ausencia de tensión.

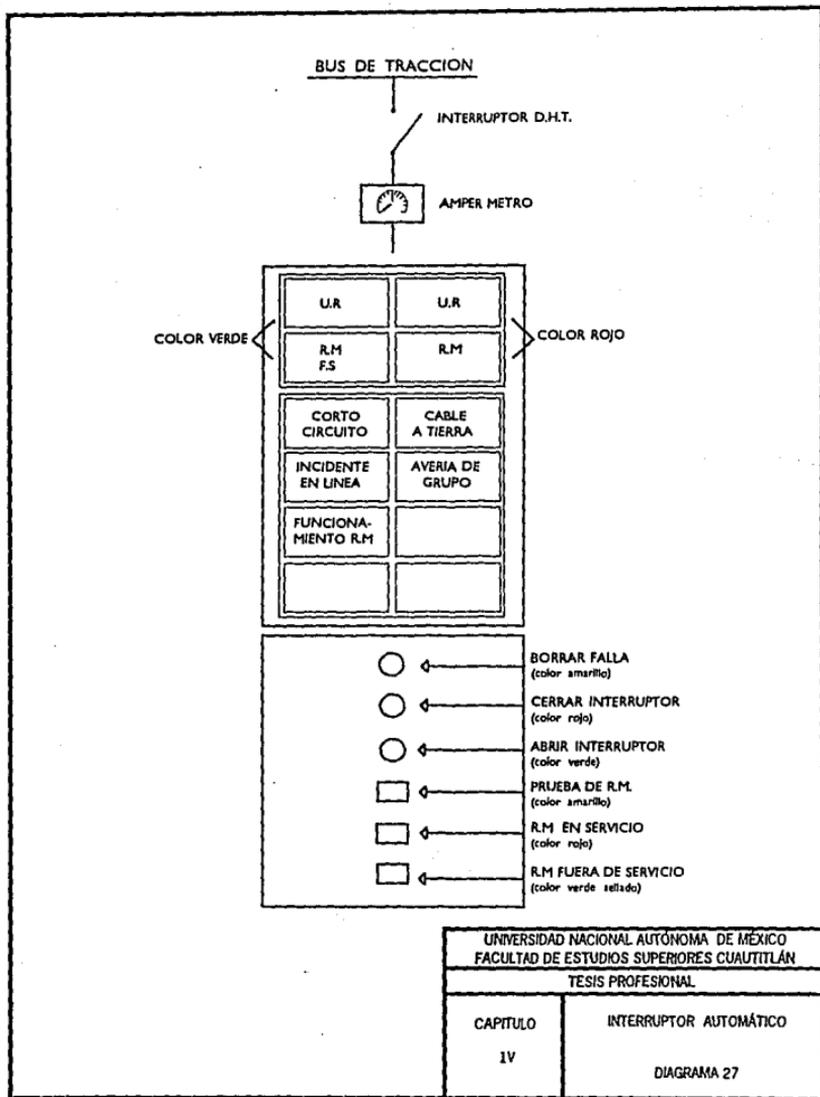
Cuando algún interruptor automático se ha abierto por sobrecorriente, el agente encargado de "rearmar" la protección magnética, previa coordinación con el PCC, deberá tomarse las siguientes precauciones:

- I. Certificar que el hecho de "rearmar" la protección magnética y cerrar nuevamente el interruptor automático, no pondrá en peligro la seguridad del agente encargado de la maniobra y de los equipos.
- II. Si un tren ha sido la causa de la apertura de la protección magnética, es necesario el apagado del tren.

La apertura de dichos interruptores puede ser provocada por:

- I. Mando de PCC o del puesto de maniobras.
- II. Mando local
- III. Sobrecorriente
- IV. Apertura del circuito de corte de urgencia de la vía considerada.
- V. Por incidente en la línea
- VI. Por ausencia de tensión.
- VII. Falla en el circuito de tensión.

En algunos casos los interruptores automáticos son operados por mando a distancia y en lo necesario por falla se pondrá en posición socorro, que pone el interruptor automático fuera de servicio, alimentando igualmente las vías secundarias consideradas. (Diagrama 27).



#### **4.7 Finalidad de los Seccionadores Manuales.**

Estos elementos permiten alimentar o aislar en corriente de tracción, determinados tramos de vías y como su nombre lo indica son operados manualmente. En la línea 8 se pueden encontrar seccionadores manuales de tipo unipolar o bipolar, en tiro sencillo o doble tiro, con cuchillo simple o múltiple.

Cuando se va a efectuar una maniobra de cierre o apertura de un seccionador manual, la persona que lo opera deberá de tomar las siguientes medidas de seguridad:

- a) Verificar que la identificación del seccionador sea la del equipo por maniobrar.
- b) Verificar que la zona o sección donde se ubica el seccionador este desenergizada.
- c) Verificar que el mango o puño del seccionador se encuentre en buen estado de operación.

Maniobrar firmemente el seccionador, evitando mirarlo.

Los seccionadores manuales, son operados normalmente por el personal de la sección de Baja Tensión (BT), sin embargo, el personal de transportes puede operarlos contando con la autorización del PCC.

Los seccionadores manuales están compuestos básicamente de cuatro partes:

- I. Cuchillas
- II. Eje o articulación
- III. Mordaza o dedos de contactos
- IV. Mando o palanca.

Las cuchillas se hacen de cobre, del mismo material empleado en los cables alimentadores y se sujetan a la articulación por medio de pernos cortos. Esta sujeción proporciona la presión necesaria para obtener un buen contacto entre las cuchillas y la articulación sin estorbar por ello la libertad de movimiento de la cuchilla.

La mordaza o dedos de contactos suelen estar ranuradas para hacerlas más flexibles y para que hagan un mejor contacto con la cuchillas del seccionador.

Las cuchillas de los seccionadores tienen mangos o palancas aislantes para su operación.

Todos los seccionadores manuales están contruidos de acuerdo a la corriente que va a soportar en base a la sección de cobre de sus cuchillas y al área de contacto de sus mordazas y la articulación.

Las mordazas y los ejes deberán estar correctamente ajustados, ya que de lo contrario se deteriorará el seccionador.

La apertura de un seccionador manual de vías principales solo se debe efectuar, si la (s) sección (es) no se encuentra (n) energizada (s), la apertura de tal aparato con carga, provoca un cargo importante ocasionando un grave accidente para el operador y deterioro al equipo. Es necesario entonces, antes de abrir un seccionador manual, hacer cortar la corriente en la (s) sección (es) considerada (s).

El cierre de un seccionador manual solo deberá efectuarse cuando se tenga la certeza que la seguridad del personal y de los viajeros no será comprometida además de certificar que no existe tensión eléctrica.

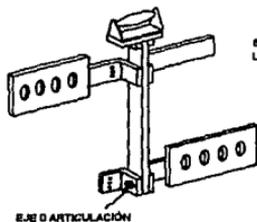
En una maniobra o cierre de un seccionador manual, deberán tomarse las siguientes precauciones:

Verificar que no haya presencia de tensión a través del PCC.

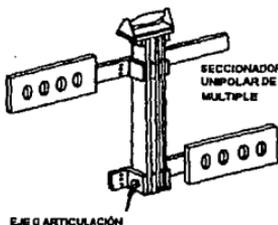
Verificar que la identificación del seccionador sea la del aparato por maniobrar.

Verificar que el mango o palanca del seccionador esté en buenas condiciones.

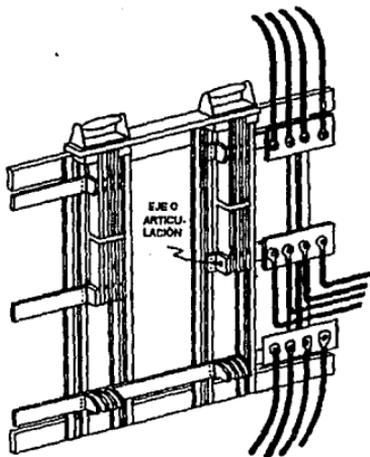
Maniobrar el seccionador con firmeza. (Ver diagrama 28).



SECCIONADOR MANUAL  
UNIPOLAR DE TIPO SENCILLO



SECCIONADOR MANUAL  
UNIPOLAR DE CUCHILLA  
MÚLTIPLE



SECCIONADOR MANUAL  
BIPOLAR DE DOBLE TIRRO (INVERSOR)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

TESIS PROFESIONAL

CAPÍTULO

IV

SECCIONADOR MANUAL

DIAGRAMA 28

#### **4.8 Seccionadores de Nicho de Tracción.**

Son aquellos seccionadores conectados en los cables que provienen de las subestaciones de rectificación, se encuentran dentro de los locales en el mismo túnel y están normalmente cerrados, aunque en algunas ocasiones son abiertos por el personal autorizado para realizar trabajos necesarios, en esta ocasión le corresponde al personal de baja tensión. Existen dos seccionadores por vía y se encuentran identificados por la indicación de la vía (V1, V2) y de la sección que alimentan (sección 1, sección 2, sección 3, etc.)

La alimentación de las vías secundarias se toma de las barras guía de las vías principales mediante interruptores automáticos y/o seccionadores Manuales, como son: Las vías de enlace, las vías de conexión a los talleres, las vías de talleres, las secundarias de terminal. etc.

Los seccionadores manuales de las vías secundarias permiten la alimentación o el aislamiento de una vía o parte de la misma y están abiertos o cerrados según las necesidades del servicio.

La maniobra de los seccionadores manuales de las vías secundarias, necesita de las mismas precauciones que la de los seccionadores de las vías principales.

#### **4.9 Seccionadores Inversores.**

Se encuentran localizados junto a los interruptores automáticos y su función es la de alimentar las vías en forma directa cuando el interruptor se encuentra en falla, se tienen dos posiciones:

1. En la posición normal, alimentan las vías través del interruptor automático.
2. En la posición socorro alimentan las vías directamente quedando con protecciones de respaldo.

#### **4.10 Alimentación de las Vías Secundarias.**

La alimentación en corriente de tracción para las vías secundarias, se toma en principio de las barras guía de las vías principales, aunque en algunos casos, como en los talleres, existen subestaciones de rectificación particulares para esas vías. La ramificación de esta alimentación se efectúa mediante interruptores automáticos y/o seccionadores manuales, como por ejemplo: las vías de enlace entre líneas, las de enlace a los talleres, la de una terminal y las de garaje.

En algunos casos, los interruptores automáticos son operados a distancia desde el PCC, sin embargo, en caso de necesidad y a petición del regulador de PCC, la operación de dichos interruptores puede realizarse localmente.

La mayoría de los interruptores cuentan con un seccionador manual adjunto que está conectado de tal forma, que cuando el interruptor no cierra, la colocación del seccionador en la posición SOCORRO permite alimentar la vía considerada sin la intervención del interruptor. A este tipo de seccionador se le conoce como "inversor" y en la categoría de seccionadores descrita anteriormente, entraría en la clasificación de "doble tiro".

La apertura de un interruptor automático, puede ser provocado por:

- El PCC
- Mando local
- Sobrecorriente o corto circuito
- Un interruptor de CUAT

Los seccionadores manuales de las vías secundarias, permiten la alimentación e el aislamiento de una vía o parte de ella y puede encontrarse en posición abierta o cerrada según las necesidades del sistema.

Los seccionadores normalmente abiertos, se identifican con la inscripción "NA" y los normalmente cerrados con "NC".

Tomando en consideración la localización de los seccionadores manuales, éstos pueden ser operados por las siguientes personas:

Los seccionadores ubicados en los talleres, son operados por personal de dichos talleres.

Los seccionadores del garaje de transportes son operados por el personal de baja tensión (BT) y en ocasiones urgentes por el personal de transportes, previa autorización del agente del Puesto Central de Control.

Los interruptores que alimentan las fosas de inspección de material rodante, son operados por el personal perteneciente a dicho departamento y en ocasiones urgentes por el personal de transportes, previa autorización del PCC.

#### **4.11 CONTACTORES DE TRAMO DE PROTECCION (C.T.P.)**

##### **a) UTILIZACION.**

Estos contactores se utilizan en grupos de dos (uno por vía), y son los que permiten la alimentación de los tramos de protección que se encuentran en la frontera entre zonas. Así mismo, permiten la desenergización de dichos tramos, cuando se desea el aislamiento eléctrico de una zona por causas que así lo requieran, evitándose de esta manera la posibilidad de que un tren pueda alimentar dicha zona a través de la zona adyacente que si se encuentra energizada, al puentear ambas, por medio de las escobillas de uno de sus carros.

##### **b) UBICACION.**

Estos equipos se encuentran instalados dentro de cámaras (nichos de tracción) en el mismo túnel, las cuales están localizadas a proximidad de los tramos de protección.

#### **4.12 CONDICIONES DE OPERACION**

Estos equipos son alimentados por los seccionadores de 4,000 amps, conocidos con el nombre "CABEZA DE CABLE" y su apertura o cierre se encuentra subordinada a la operación del "C.S." (Ver plano 4)

#### 4.13 CONTROL DEL P.C.C.

Únicamente se dispone en el P.C.C. de un control óptico por cada C.T.P. que en principio opera de la siguiente manera:

- a) Cuando el P.C.C. telemanda el cierre del C.S. y cierran también los C.T.P., el indicador óptico permanece apagado.
- b) Cuando el P.C.C. telemanda la apertura del C.S. y abren a su vez los C.T.P., el indicador óptico permanece encendido.
- c) Cuando el P.C.C. telemanda el cierre o la apertura del C.S. y los C.T.P. no efectúan la operación respectiva, el indicador óptico funciona en forma intermitente indicando de esta forma que existe discordancia entre la posición real del equipo y la que debería tener de acuerdo a la orden dada.

#### CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION.

Cada contactor posee las siguientes características de construcción:

- a) Tipo: Desnudo sobre barras
- b) Capacidad Nominal 800 Amp.
- c) Capacidad Interruptiva 10,000 Amp.
- d) Tensión Nominal 1,000 Volts.
- e) Disponen de dos contactos principales conectados en serie entre si, y esto a su vez:

- Son de alto poder de corte
- Son para servicio intenso
- Son de cobre insoldable
- Tienen adaptado un cuerno para extinción de Arco.
- Poseen una cámara de extinción de arco
- Poseen una bobina de soplo magnético.

#### ACCESORIOS.

Los accesorios de mas importancia que poseen estos contactores en su circuito de control, son: (Ver plano 4)

- a) Un fusible del tipo cartucho de 15 amperes por contactor (FU1, FU2)
- b) Un fusible del tipo cartucho de 4 amperes, por cada grupo de C.T.P. (FU3)
- c) Un relevador "MTI" tipo "BA" de 127 Volts C.A. por cada grupo de C.T.P. (RA)
- d) Un conmutador de dos posiciones "Servicio - Fuera de Servicio" por cada grupo de C.T.P. (A)
- e) Un block de cuatro contactos (172) de accionamiento mecánico por contactor, siendo tres de ellos normalmente abierto y uno normalmente cerrado.

- f) Una varilla (V) que acciona a los contactos mencionados en el inciso anterior.
- g) Una resistencia de 330 en cada contactor (r2)
- h) Una resistencia de 470 en cada contactor (r1)
- i) Un rectificador de onda completa por contactor (Rd).
- j) Un electro-Imán "172" por contactor, y que consta de un núcleo de hierro y una bobina.

#### PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.

Al cerrarse el C.S. y cerrar uno de sus contactos opera el relevador "RA", el cual cierra sus contactos (3-31 y 4-41) para el contactor No. 1, 5-51 y 6-61 para el contactor No. 2) estableciendo así continuidad a través de los mismo para que las bobinas principales de los contactores reciban instantáneamente 127 V.C.C (debido al rectificador) y operan, permitiendo así la alimentación con 750 V.C.C. de los tramos de protección. Esta alimentación de 127 V.C.C. que reciben las bobinas principales de los C.T.P. es solamente instantánea, ya que una vez que cierran dichos contactores, por medio de dos contactos de economía (por contactor), entran en operación dos resistencias de economía produciendo igual número de caídas de tensión de manera tal, que a cada rectificador le lleguen solamente 48 volts aproximadamente y a cada bobina solamente 2.5 volts.

Esta tensión es suficiente para mantener cerrados los C.T.P.

Los contactos "5 - 6" (N.C.) y "7 - 8" (N.A.) del contactor No. 1 y los "13 - 14" (N.C.) y "15 - 16" (N.A.) del contactor No. 2, se emplean para mandar la señalización de posición del equipo al P.C.C. (Ver plano 4)

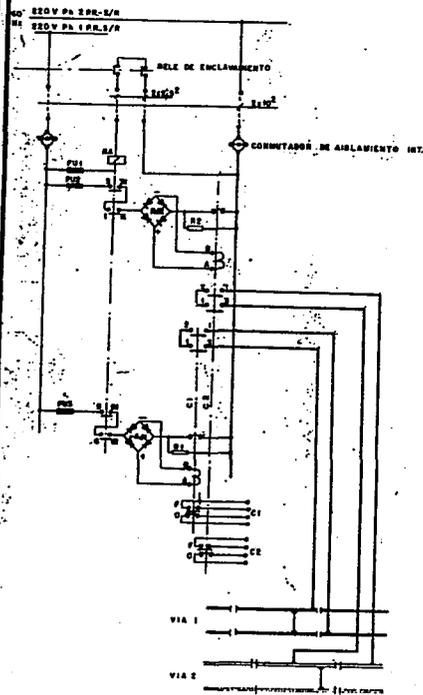
## **OBSERVACIONES:**

La alimentación de 127 volts está conectada a los bornes 1 y 2 de la tablilla superior y proviene del tablero "Y" de la subestación de Fuerza y Alumbrado de la estación más próxima con respecto al lugar de la ubicación de los C.T.P.

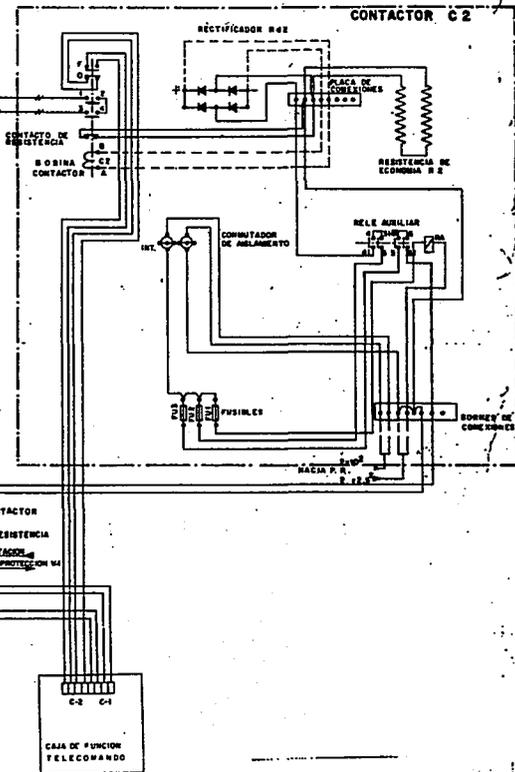
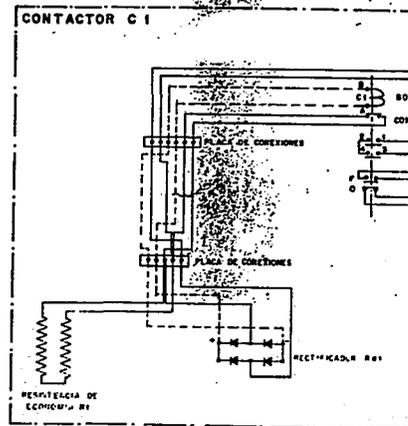
Las pruebas de funcionamiento se efectúan en coordinación con el regulador de P.C.C. para confirmar el perfecto funcionamiento de la señalización de los C.T.P. en el T.C.O. de P.C.C.

Para hacer que cierren los C.T.P. es necesario puentear los botones 3 y 4 de la tablilla de conexiones superior, ya que el C.S. se encuentra en posición abierto.

### DIAGRAMA DE PRINCIPIO



### CABLEADO CONTACTORES C1 Y C2 800A



	DESIGNACION	TIPO	RESTRICCIÓN
RA	RELE DE VARIADO	RA	W T 1
C1-C2	CONTACTOR SUPLENTE BOCA 220V TIEMPO DE CD 1 IF ANILANLANS		W T 1 E L
INT	COMUTADOR DE 24V ANILANLANS		EXAMAS EXAMER
FU 1, 2	FUSIBLES DE PROTECCION GENERAL		EXAMER EXAMER

NOTA: LA CAJA DE FIJACION TELECOMANDO DEBE DEL TIPO INDUSTRIAL HERMETICO AL POLVO PRESION DESEADA 0,5 ATMOSFERAS PARA LA PLACA DE CONEXIONES CABLEADO INTERIOR CON CABLES DE 1,5mm<sup>2</sup>

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE PERU FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES C-UITUC	
TESIS PROFESIONAL	
CAPITULO	PL/114
L	L

# **CAPITULO**

**V**

## **5 . CORTE DE URGENCIA DE ALIMENTACION DE TRACCION ( CUAT )**

### **Finalidad .**

Este circuito permite obtener inmediatamente el corte de la corriente de tracción sobre las vías principales y las vías secundarias de la zona interesada; mediante el accionamiento de cualquiera de los ruptores instalados en dicha zona .

El corte de urgencia de alimentación de tracción ( CUAT ) es un sistema de seguridad que fue instalado para permitir, en caso de un incidente o accidente en las vías , que el corte de corriente de tracción pueda ser obtenido rápidamente ( **Ver diagrama 29** ) .

### **5.1 Ruptores .**

Los ruptores son aparatos de mando en línea que se encuentran instalados dentro de una caja metálica de color rojo, cuentan con una palanca la cual al ser accionada pone en operación el circuito del CUAT , estos ruptores se encuentran conectados en serie para cada sección.

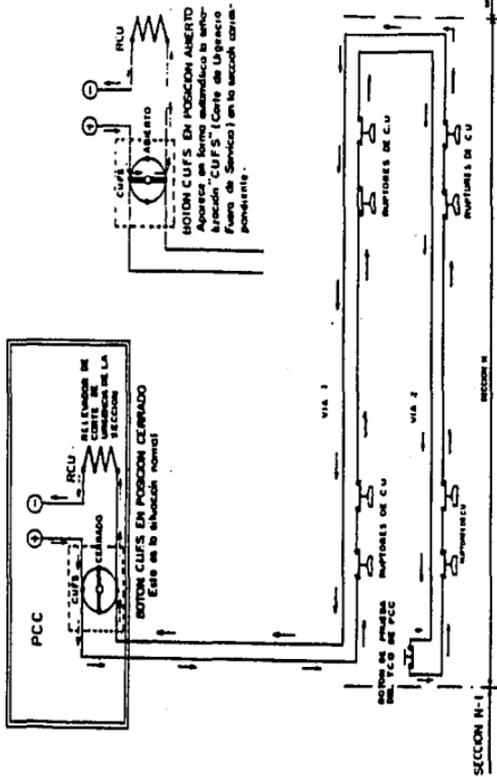
Para accionar un raptor, esta acción causará el corte de corriente; cabe mencionar que la palanca puede ser extraída de su lugar ( **Ver diagrama 30** ) .

### **5.2 Elementos del Circuito de CUAT.**

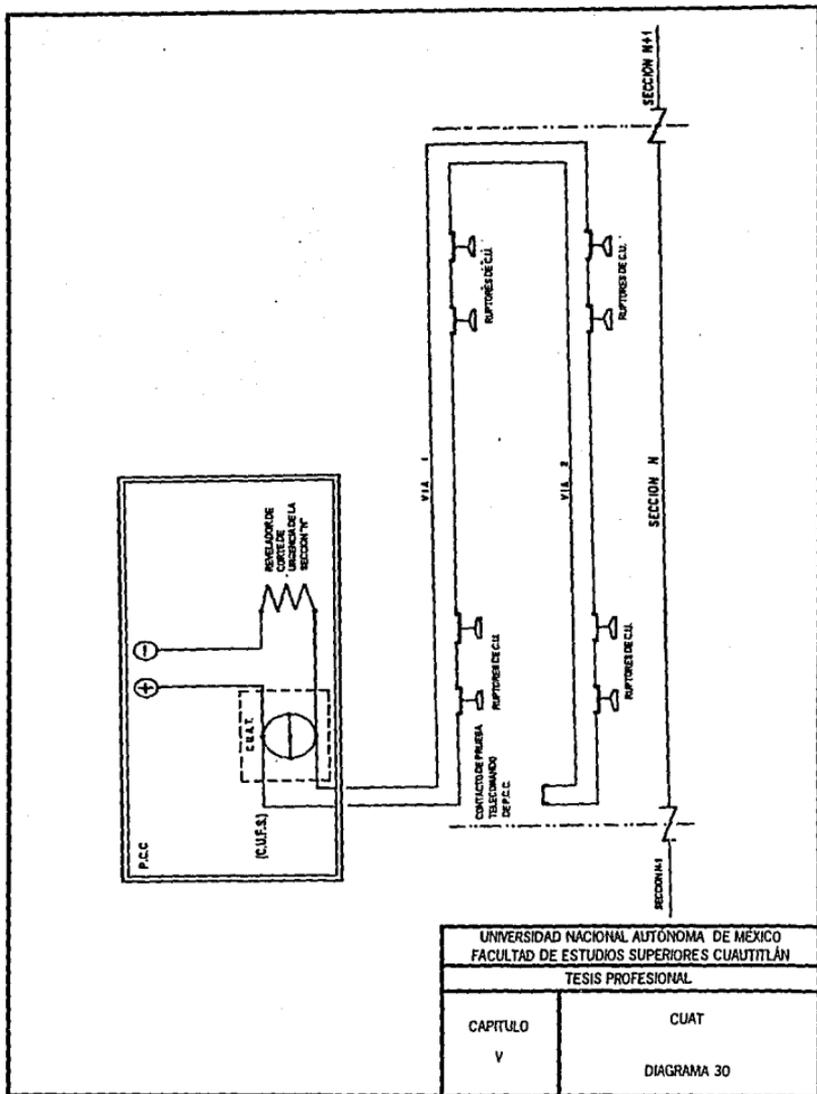
Los circuitos de CUAT , tienen para cada sección o circuito de vías secundarias los elementos siguientes :

\* **En línea** : Una serie de ruptores instalados en estaciones, interestaciones y ciertas vías secundarias.

\* **En PCC** : Un botón de prueba, relevadores de corte de urgencia, señalizaciones, etc.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPITULO V	CIRCUITO DE CORTE DE URGENCIA EN UNA SECCIÓN  DIAGRAMA 29



### 5.3 Tipos de Circuito de CUAT .

Por su forma de operación, existen dos tipos de circuito de CUAT a saber :

- a ) Los que provocan el corte de corriente de tracción sobre las vías principales .
- b ) Los que sólo provocan el corte de corriente de tracción sobre las vías secundarias .

En el primer caso, el corte de corriente se obtiene de la siguiente manera :

- \* Al accionarse un ruptor, se provoca la apertura de los DV ( Disyuntor de Vía ) de las subestaciones de rectificación que alimentan a la zona de la cual forma parte la sección donde fué accionado el ruptor .
- \* La apertura de los DV situados en los extremos de la zona .
- \* Operación de alarmas ópticas y acústicas en el PCC.

En el segundo caso, el corte de la corriente se obtiene de la manera siguiente:

- \* Al accionarse un ruptor, se provoca la apertura del disyuntor automático que alimenta a la vía o grupo de vías secundarias , a la cual pertenece el ruptor accionado . Este caso se presenta en las vías secundarias de las terminales en los garages y talleres .
- \* La vía de enlace tiene su propio circuito CUAT y ruptores .

#### **5.4 Ubicación de los Ruptores .**

En las estaciones terminal existen tres ruptores por cada andén :

a ) Un ruptor a la mitad del andén , se localiza en un nicho de emergencia, su operación se señala en el TCO ( Tablero de Control Óptico ), de Control de Tráfico .

b ) Un ruptor en cada extremo del andén, su operación se señala en el TCO ( Tablero de Control Óptico ) , de Control de Tráfico .

En las estaciones de paso existen 5 ruptores :

a ) Un ruptor a la mitad del andén, se localiza en un nicho de emergencia, su operación se señala en el TCO del PCC ( Nicho de emergencia común para andén central ) .

En las intersecciones se localizan los ruptores :

a ) Cada 100 metros, uno por cada lado de vía en forma alternada bajo un tubo de alumbrado de color azul .

b ) En las fronteras de las zonas y secciones se ubican dos ruptores juntos, cada uno de ellos opera sobre una zona o sección.

c ) En los nichos donde se encuentran disyuntores e interruptores automáticos de tracción.

## 5.5 Utilización.

En principio, los ruptores deben ser accionados por el personal del S.T.C. , sin embargo, en casos de emergencia cualquier persona lo puede hacer .

A continuación se mencionan algunos de los casos más comunes en que es necesario accionar un ruptor :

- a ) Persona o personas en peligro de electrocución .
- b ) Corto circuito persistente en el material rodante o en las instalaciones fijas .
- c ) Cuando se deban realizar trabajos urgentes a proximidad de equipo normalmente energizado .
- d ) Cuando se deba de utilizar un extintor cerca del equipo normalmente energizado .
- e ) Evacuación de un tren en plena vía .
- f ) Descarrilamiento de un tren .
- g ) Necesidad de detener un tren si no puede emplearse otro medio .

El accionamiento de un ruptor debe ser efectuado sin brusquedad , evitando de esta manera el deterioro del aparato . La reposición de la palanca también deberá hacerse con mucho cuidado, es importante de quién repone la palanca de un ruptor , se asegure de que haya entrado hasta el tope .

El agente que acciona un ruptor, tiene la obligación de informar lo más pronto posible al PCC la causa que originó esta acción, para que el regulador tome las medidas conducentes. Si el ruptor accionado es el de un nicho de emergencia ( mitad de andén ) la persona deberá comunicarse por el teléfono rojo adjunto, el cual está conectado al centro de comunicaciones directamente .

Un ruptor accionado , sólo podrá rearmarse cuando se tenga la completa seguridad de que la corriente de tracción se puede restablecer sin peligro. Por esta razón, cuando la persona ha accionado un ruptor deberá conservar la palanca hasta que al maniobra haya finalizado, además el PCC deberá estar enterado quién es la persona que tiene la palanca .

#### **5.6 Corte de Urgencia Fuera de Servicio ( CUPS )**

En algunas ocasiones, cuando se presentan incidentes con los circuitos de CUAT , el regulador del PCC se ve en la necesidad de energizar una o varias secciones con el corte de urgencia fuera de servicio, cuando esto sucede el regulador informa de esta situación al personal de línea, para que en esa o esas secciones estén en conocimiento de que un ruptor no provocará el corte de corriente de tracción. Además encenderá a la salida de las estaciones ubicadas en ese lugar, la señalización CUPS que aparece junto a los DBO ( Despacho Bajo Orden ) y en las vías secundarias que ahí pudieran existir.

Cuando el CUPS está establecido, el corte de corriente sólo puede ser obtenido mediante una solicitud al agente de control de tráfico .

## **5.7 Ruptores de Vías Secundarias, Equipadas con Interruptor Automático .**

Las vías secundarias equipadas con interruptor automático, cuenta también con circuitos propios CUAT , en situación normal un accionamiento en estas vías, provoca la apertura del interruptor automático que las alimenta. Sin embargo, si el interruptor está punteando por su inversor, el accionamiento provocará la desalimentación de las vías principales de las cuales se alimenta.

Las vías secundarias de las terminales, cuentan también con la posibilidad de poner el bucle de ruptores fuera de servicio (CUFS).

## **5.8 Ruptores de Vías Secundarias no Equipadas con Interruptor Automático.**

Estas vías están equipadas también con ruptores, en este caso, el accionamiento de uno de ellos provoca la desalimentación de las vías principales alimentadoras, lográndose de esta manera la desenergización de la vías secundarias.

## **5.9 Vías de Enlace**

La función de estas vías es la de permitir el paso de trenes de una línea a otra cuando el caso así lo requiera.

Actualmente para línea 8 solo existe una vía de enlace: ubicada en la interestación Chabacano - La Viga.

### 5.10 Finalidad del Interruptor Vía de Enlace. (I.V.E.)

El interruptor de vía de enlace (IVE) es un interruptor automático que se encuentra ubicado en uno de los extremos de la vía de enlace. Tiene como finalidad, asegurar la alimentación en corriente de tracción de dicha vía, a partir de la barra guía de la vía principal más próxima a él. (Diagrama 31).

En la actualidad sólo existe el IVE: L8-9 Chabacano-La Vega.

El IVE puede ser operado por telemando, mediante un botón rotativo instalado en el PCC (identificó al del IT) o bien, mediante la caja de mando local.

### 5.11 Caja de Mando Local de Línea 8 (Enlace 8-9)

Estas cajas se localizan en cada extremo de la vía de enlace y están constituidas de la siguiente manera:

a) En la parte superior

- Un botón de "PRUEBA DE LAMPARAS"

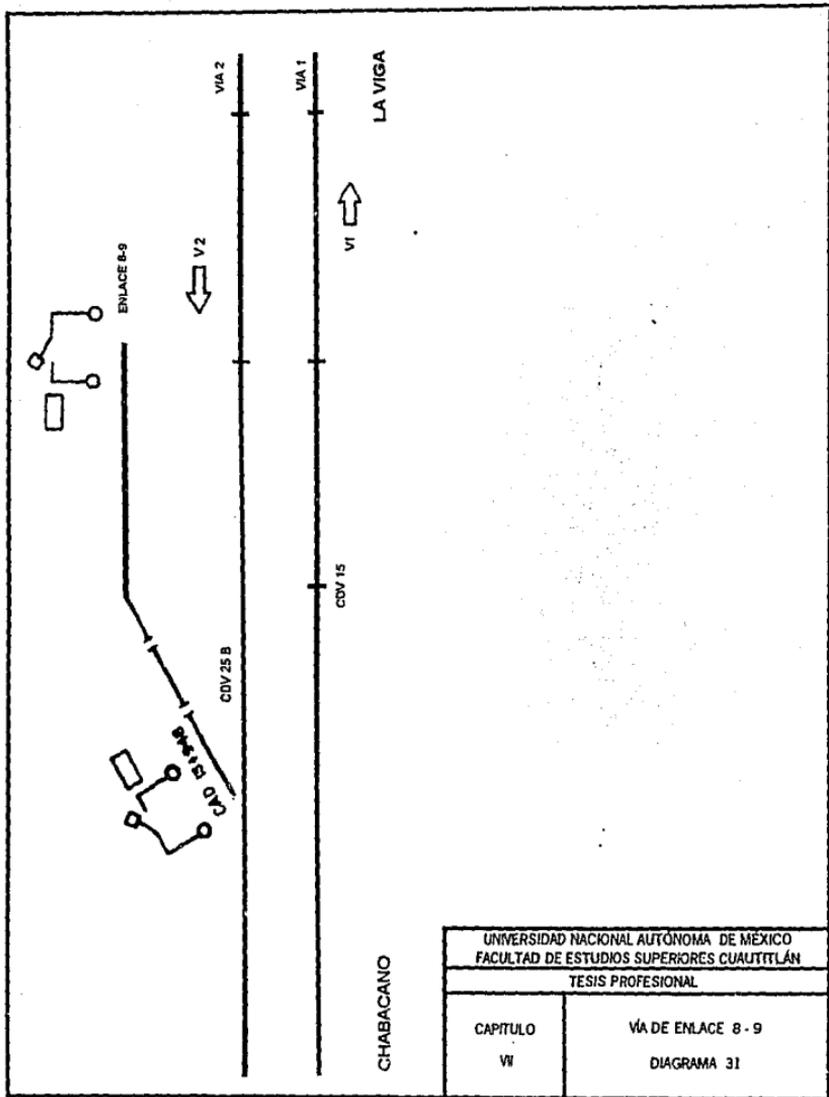
b) En la parte intermedia superior

- Un botón negro "REARME", que en caso de accionamiento del ruptor en vía de enlace, después de repuesto, es necesario oprimirlo para rearmar el bucle de ruptores.

- Un botón rojo de "CIERRE", manda la apertura local del "IVE" correspondiente.

c) En la parte intermedia inferior

- Una lámpara verde indicadora del cierre del "IVE" con su nomenclatura correspondiente, "CIERRE" (L-8 O L9)



- Una lámpara amarilla que indica si el "IVE" esta en mando local.
- Una lámpara amarilla que indica si el "IVE" esta en mando "DISTANCIA".

d) En la parte inferior

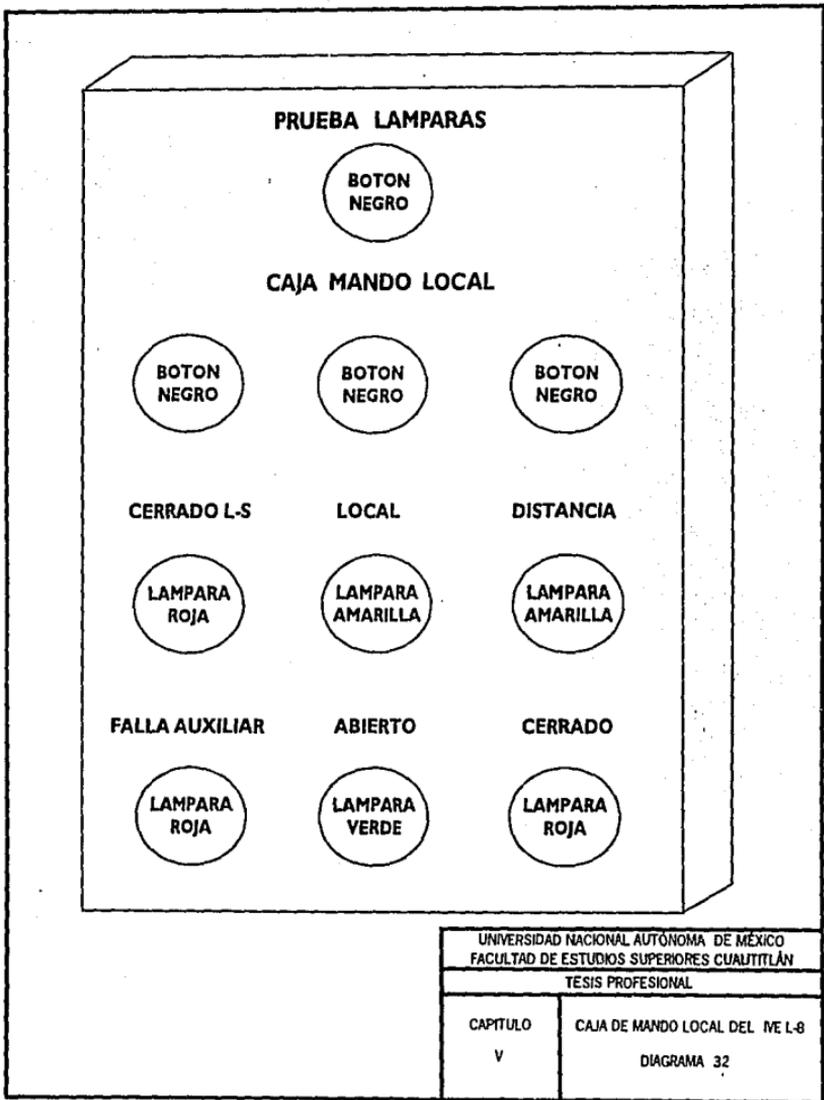
- Una lámpara roja que indica "FALLA AUXILIAR" DEL "IVE"
- Una lámpara verde que indica que el equipo de "IVE" se encuentra "ABIERTO"
- Una lámpara roja que indica que el equipo de "IVE" se encuentra "CERRADO". (Ver DIAGRAMA 32).

### 5.11 Seccionador Manual del IVE.

Este seccionador es del tipo unipolar a tiro sencillo y se encuentra instalado a proximidad del IVE, su finalidad es la de "alimentar" al interruptor.

### 5.12 Ruptores de Emergencia.

Se encuentran colocados en una pared lateral de la vía de enlace, aproximadamente a 50 metros. Cuando se opera un ruptor en la vía de enlace sólo se podrá volver a energizar después de reponer el ruptor y rearmar su protección en el local del IVE, ya que si ésta no se rearma, el IVE no tiene mando a distancia.



### **5.13 Alimentación tracción de la vía secundaria en la línea.**

En la línea 8 existe una vía secundaria (vía Z) en plena línea, la cual es utilizada para el estacionamiento temporal de algunos trenes, o como parte del itinerario de cambio de vía en los servicios provisionales.

Esta vía se encuentra alimentada de manera permanente a través del siguiente equipo:

IVZ (Interruptor de Vía Z) a través de este interruptor se alimenta la vía Z.

El IVZ puede ser operado, mediante un botón instalado en el PCC, idéntico al del IT.  
**(Ver Diagrama 33)**



# CAPITULO

## VI

## 6. INCIDENTES EN LA ALIMENTACIÓN TRACCIÓN.

Cuando un corte de corriente tracción se produce, el regulador de PCC es prevenido por alarmas ópticas y acústicas, cuando este hecho se presenta procederá a determinar en primer instancia, si el corte de corriente se produjo por el accionamiento de un ruptor de CUAT o por un incidente en línea (cortocircuito o sobrecarga) para cada uno de estos casos hay alarmas especiales.

- \* Si el corte de corriente se debe al accionamiento de un ruptor, se procederá a investigar el motivo del mismo y a tomar las medidas necesarias de acuerdo a la información que se reciba. Cuando el ruptor ha sido rearmado, no existiendo además peligro para la energización, se procederá a efectuar ésta, considerando el incidente terminado, debiendo también dejar constancia de los hechos en la bitácora correspondiente.
- \* Si el corte de corriente se debe a un incidente en la línea, el regulador del PCC procederá a preguntar a los agentes de conducción que se focalizan en la ó las zonas afectadas sobre el hecho de haber observado un corto circuito en las proximidades de su tren o en la parte de vía visible desde la cabina de conducción, además, si el corte de corriente involucra a una terminal o a un taller, preguntará a los agentes asignados a estos lugares, sobre la posibilidad de que ahí se haya producido el corto. No se debe descartar la posibilidad de que el corte de corriente se haya producido por sobrecarga, esto es, por la presencia de demasiados trenes en la zona.

Dos casos pueden presentarse.

## **6.2 El Regulador del PCC es Informado por el Personal de Línea, de la Presencia de un Corto Circuito.**

En este caso, procederá a solicitarle al agente de conducción presente en el lugar, la revisión del equipo, para determinar el motivo, pudiendo presentarse éste, en el material rodante o en la instalación fija. Varios casos pueden presentarse:

a) Existe una pieza metálica en contacto con la barra guía en este caso previa información de que la zona no tiene posibilidades de energizarse, solicita el retiro de la pieza metálica, si ésto se logra, se considerará el incidente terminado, pero si la pieza es muy grande o si está soldada, se deberá aislar la zona o sección hasta que el personal de mantenimiento pueda retirarla.

b) Arcos eléctricos o escapes de humo en un aislador de la barra guía, en este caso el agente de regulación deberá solicitar al PCC. Personal de Baja Tensión para que lo atienda, si los arcos eléctricos y el humo son leves y la corriente se mantiene, continuará la operación de la línea, ordenando a los trenes que en este punto no tracción en un grado mayor de T3 manteniendo a el aislador en observación, si el incidente se toma grave, o lo es desde el inicio, procederá a aislar la zona o sección hasta que el personal de Baja Tensión que atienda el incidente lo de por terminado.

c) Barra guía rota.

Quando el regulador de PCC es notificado de este hecho, deberá de informar al CC y tomar sus precauciones si la corriente de tracción se mantiene, Procederá a establecer una reducción de velocidad, o en su defecto el Servicio Provisional.

d) ITP No cierra. Cuando ésto sucede se deberá ordenar a los agentes de conducción que el paso del tren por Seccionamiento (vía 1, vía 2 ó ambas) tomen Conducción Manual con manipulador al neutro y si es necesario traccionar, lo hagan a un máximo de T3.

### **6.3 El Regulador del PCC no recibe Respuesta Positiva por parte del Personal de Línea después de un Corte de Corriente por Incidente.**

En este caso, el regulador energiza la zona o zonas afectadas y si la corriente se mantiene, considerará el incidente terminado; si un nuevo corte de corriente se produce, nuevamente se preguntará al personal de línea de la zona o las zonas problema sobre la posibilidad de haber logrado detectar el corto circuito, y si no hay respuesta positiva, el regulador procederá a el aislamiento de la zona o zonas problema mediante la apertura de los DV, IAT, IT, IVS, etc. y efectuará la energización individual de las zonas o secciones según el caso, en el momento que se detecte que en una zona o secciones la corriente no se mantiene, después de haberlas energizado a todas, ya habiendo identificado la zona, sección o vía secundaria problema, procederá a la búsqueda del corto circuito en instalación fija o material rodante, tomando como base un diagrama de flujo que se denomina "Maniobras a efectuar por el personal de línea durante una interrupción de corriente". Puede también presentarse el caso, de que el corto circuito se haya presentado en una vía secundaria, en línea, terminal o taller, en cuyo caso se puede efectuar un aislamiento de vía considerada, mediante la apertura de interruptores automáticos y/o seccionadores manuales, esta información está contenida en el instructivo "Talleres, terminales y zonas de maniobras".

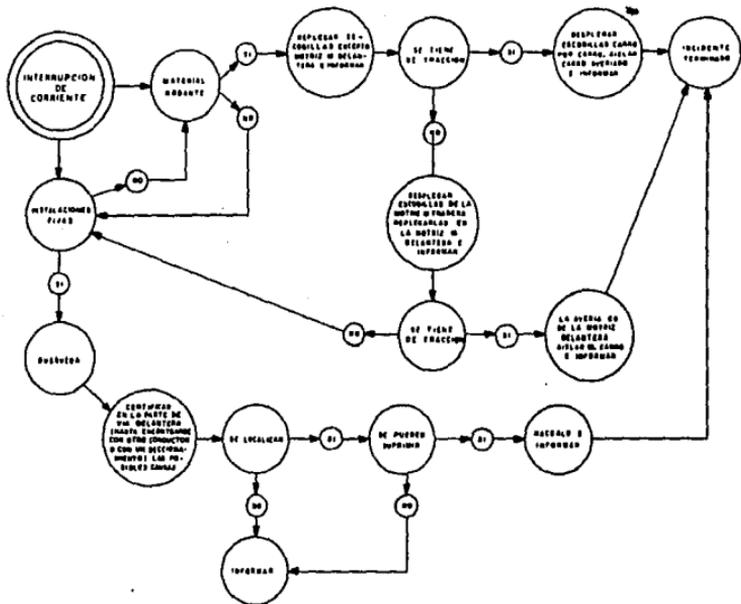
Cuando un incidente se presenta en la alimentación tracción, no se deberá perder de vista dentro de las indicaciones, la seguridad de los usuarios, personal del STC y el equipo, además el servicio que se presta deberá ser lo más fluido posible, por lo que deberá estar atento también a la regulación de los trenes, el posible establecimiento de un servicio provisional, la información al jefe de reguladores.

#### **6.4 Medidas de Seguridad que se Deben de Tomar al Realizar Maniobras o Trabajos Durante el Servicio Normal, Susceptibles de Perturbar la Circulación de Trenes.**

En principio ningún trabajo que sea susceptible de perturbar la circulación de los trenes, se deberá efectuar durante el servicio normal, sólo en casos excepcionales, el PCC puede autorizarlos siempre y cuando sea posible el rápido establecimiento del servicio normal.

En todos los casos, se deberá considerar lo siguiente:

- a) No se deberá operar ningún tipo de señal de vía, sin que el PCC lo haya autorizado previamente .
- b) No deberá colocarse ningún tipo de señal sobre la vía, sin que el PCC lo haya autorizado previamente, salvo en caso de urgencia donde se deberán tomar inmediatamente medidas de seguridad y después avisar al PCC .
- c) Si se ésta encargado de la vigilancia del desarrollo de un trabajo sobre equipo eléctrico, se deberá estar atento a cortar o hacer cortar la corriente de tracción en caso necesario.
- d) No se deberá efectuar ningún trabajo, sin tener la certeza que la seguridad de los trabajadores está garantizada .
- e) Cuando la corriente ha sido cortada, los agentes deberán considerar que pueda producirse un restablecimiento de corriente intempestivo ( Ver diagrama 34 ).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPÍTULO	MANIOBRAS A EFECTUAR POR EL CONDUCTOR DURANTE UNA INTERRUPCIÓN DE LA CORRIENTE
VI	
DIAGRAMA 34	

## 6.5 Libranzas

Libranza es la licencia que se concede a una persona para que ejecute algún trabajo en el equipo y/o vías y que se requiera cortar corriente de tracción y/o de alumbrado y fuerza . Al efectuar esto se dice que ese equipo o vías están en libranza.

Considerando el tipo de empresa de servicio público que es el Sistema de Transporte Colectivo ( S.T.C. ) donde el equipo y/o vías deben estar la mayor parte del tiempo disponible, ningún trabajo debe efectuarse en el equipo y/o vías que afecte el servicio o la protección y seguridad del sistema, a menos de que haya programado debidamente o se justifique la necesidad de ello; por lo tanto, dichos trabajos solamente se harán bajo previa autorización.

Es importante tener en cuenta que las libranzas en general implican tener fuera de servicio parte del equipo que ampara y que puede producir condiciones anormales en el servicio . Por lo anterior, debe reducirse al mínimo el número o duración de tales libranzas .

Solo por causa mayor se podrán prorrogar las libranzas ya autorizadas.

Solo se consideran libranzas al personal autorizado por el jefe de departamento, del área técnica, bajo los siguientes lineamientos :

1 ) Libranzas programadas .- Son las que se llevan a cabo bajo programa definido. Este programa estará en conocimiento de los departamentos afectados, los que habrán dado su aprobación . Serán utilizadas generalmente para mantenimiento preventivo y pueden anularse ó programarse por causas de fuerza mayor.

En la programación de las libranzas de mantenimiento, se tratará de utilizar las horas en las que no se proporcione servicio al público. En relación a la programación de las libranzas en horas de servicio, estas deberán ajustarse de tal manera que no afecten la operación y/o el mantenimiento de los trenes.

2 ) Libranzas no programadas .- Como su nombre lo indica, no están consideradas con anticipación, la necesidad surge a través de observación , de situaciones anormales, en el comportamiento de los diferentes equipos.

Dependiendo de la situación, pueden ser solicitadas por los responsables autorizados de cada sección, quienes la pedirán con 24 horas de anticipación como mínimo y por escrito al Puesto de Despacho de Carga ( P.D.C. ) , el área solicitante deberá tener el visto bueno de las áreas involucradas.

3 ) Libranzas de emergencia.- Como en el caso anterior, este tipo de libranzas no se consideran anticipadamente, sino surge al detectar una situación de peligro para el personal y los equipos o también puede ser originada al ocurrir una falla que implique necesariamente ponerlo fuera de servicio.

El coordinador de cualquier tipo de libranza, será el personal del PCC quién se sujetará a las condiciones establecidas para cada caso.

Los documentos donde se autorizan las libranzas programados o no programadas deberán contener :

I. Un responsable del área solicitante.

II. Un responsable del ( las ) área ( s ) ejecutante ( es ) .

III. Personal de seguridad, quién supervisará que se cumpla con las medidas de seguridad adecuadas

IV. Se deberá especificar el horario de intervención, en el área, equipos o instalaciones .

V. Se detallarán los requerimientos tanto del personal y/o equipos necesarios para la ejecución del programa .

El procedimiento a seguir para otorgar una libranza ha sido establecido con el fin de preservar la seguridad del personal, así como evitar posibles daños al equipo y prevenir o reducir la interrupción de la ( s ) línea ( s ) .

Antes de proceder a la ejecución de la libranza, el regulador del PDC deberá tener una previa comunicación con el responsable, con el fin de verificar o certificar el cumplimiento de normas establecidas.

4 ) Libranza y entrega del equipo.- Al librar el equipo y entregario se debe actuar bajo los siguientes procedimientos :

Libranza programada.

i. Una vez satisfechas las condiciones anteriores, el regulador del PDC indicará en forma precisa y concisa al personal de alta o baja tensión la ( s ) área ( s ) o equipo ( s ) que deberá ( n ) quedar sin tensión, corroborando que las instrucciones han sido comprendidas .

II. Antes de proceder a ejecutar las maniobras de libranza, el personal del PDC deberá establecer una comunicación y coordinación constante con el regulador del PCC correspondiente, con el fin de no perturbar el servicio al público .

III. Una vez concluidas las maniobras en los equipos, el personal de baja y/o alta tensión deberá informar al personal del PDC que al intervención ha sido realizada, este a su vez comunicará lo anterior al regulador del PCC correspondiente.

IV. El responsable de la libranza deberá informar al PDC de cualquier eventualidad que se presente.

V. Cuando un equipo esté en libranza, deben tomarse precauciones para que no haya operaciones erróneas, colocando avisos sobre los equipos, así como bloquear los dispositivos de control .

VI. Una vez ejecutada la libranza , el regulador del PDC deberá registrarla en el libro de maniobras, anotando los datos requeridos .

VII. El que un equipo esté bajo libranza, no autoriza a otras personas a trabajar en él, por lo que deberá solicitar libranza por separado.

**Libranza no programada .**

i. Para este tipo de libranza, se deberán cumplir todos los puntos correspondientes a la libranza programada, debiendo además el responsable de mantener informado al personal del PDC del desarrollo de los trabajos que originan la libranza.

### **Libranza de emergencia.**

- I. Todo personal que detecte una falla de éste tipo, desenergizará con los medios a su alcance, el área afectada e informará inmediatamente al PDC y PCC quienes llevarán a cabo la libranza, y a su vez informarán al personal de las áreas afectadas y al de seguridad, quienes determinarán la magnitud del problema a fin de tomar las medidas conducentes.
  
- II. Una vez determinada la magnitud del problema y bajo recomendación del personal que lo verificó y en coordinación con el PDC y PCC se acordará la prolongación o reposición de la libranza, debiendo tener una comunicación con el personal del PDC y PCC durante los trabajos.
  
- III. En este tipo de libranza, tanto el personal del PDC y PCC , deberán tomar las medidas necesarias que den como resultado la mejor continuidad posible del servicio.

### **Devolución de la libranza.**

El responsable es la única persona autorizada para solicitar las energizaciones del área ( s ) y/o equipos en la libranza al PDC serciórndose previamente que no existen riesgos que puedan causar daños a personas o equipos.

Cuando por causas de fuerza mayor el responsable de la libranza se tenga que retirar , éste designa a un nuevo responsable informándolo de la situación prevaleciente y lo notificará al PDC y PCC .

## **6.6 Atención de incidentes graves.**

Considerando que el objetivo primordial del Sistema de Transporte Colectivo es el de garantizar a sus usuarios el más alto grado posible de la calidad del servicio, una de las acciones más importantes que debe realizarse, cuando se presenten incidentes graves que afecten el funcionamiento de las instalaciones y los equipos, produciendo demoras en el mismo, es la de normalizar a la brevedad posible mediante la atención inmediata, coordinada y eficaz, de las áreas cuya participación sea necesaria.

## **6.7 Definiciones .**

Incidente grave es aquel hecho que sobreviene en el curso de las actividades normales del Sistema y que altera sus funciones en perjuicio del servicio, de sus instalaciones, equipos o material rodante, así como eventualmente de la integridad física de los usuarios y operarios, que requiere atención inmediata y coordinada de la participación de una tarea .

## **6.8 Clasificación del incidente .**

Dado que la variedad de estos incidentes es muy amplia, se clasifican en dos grupos :

- A) Los incidentes que interrumpen el servicio.
- B) Los incidentes que no interrumpen el servicio.

A su vez, éstos grandes grupos se pueden desglosar en cuatro rubros de acuerdo a la naturaleza del incidente :

- A) Que afecten vidas humanas.
- B) Los ocasionados por problemas en los equipos e instalaciones.
- C) Los siniestros.
- D) Las actividades negativas de alteración del orden del índole externa e interna

#### **6.9 Incidentes que interrumpen el servicio.**

- a) Que afectan vidas humanas . Tales como lesionados o muertos, por cualquier motivo en las vías principales.
- b) Problemas importantes en los equipos e instalaciones . Ocasionados principalmente por falta de corriente de tracción en vías principales, descarrilamientos, averías en trenes que impiden la circulación, falta total de alumbrado en estaciones, objetos extraños en vías, fibranzas o por cualquier motivo técnico que se presente en las zonas de operación del Sistema .
- c) Siniestros . Se originan por incendios, temblores, inundaciones; siempre y cuando se estimen que por su magnitud pongan en peligro la vida o la salud de las personas, las instalaciones del Sistema o la continuidad del servicio.
- d) Otros . Se deben generalmente a la alteración del orden público, manifestaciones, actitudes violentas del público usuario y/o causa no especificada pero que de alguna manera afecte la seguridad de las personas y el funcionamiento normal del servicio.

#### **6.10 Incidentes que no interrumpen el servicio.**

- a) Que afectan vidas humanas. Y que se presentan en las instalaciones del Sistema, en los andenes o fuera de ellos, en vías secundarias o en edificios del Sistema .
- b) Problemas importantes en los equipos . Que ocurren fuera de las vías en zonas de operación.
- c) Siniestros . Tales como incendios, temblores, derrumbes o inundaciones, cuando se estimen que no ponen en peligro la vida o la salud de las personas, la instalaciones del Sistema, ni la continuidad del servicio.
- d) Por causas diversas. Debido a la alteración del orden público y actitudes del público usuario, cuando no se pongan en peligro las vidas ni la integridad de las personas, así como la continuidad del servicio.

#### **6.11 Medidas inmediatas para la atención de incidentes.**

##### **1) Comunicaciones internas :**

a ) El personal que tome conocimiento de un incidente deberá reportarlo al Jefe de Estación, al personal de la Subgerencia de Vigilancia, o directamente al jefe de Reguladores o al Centro de Comunicaciones ( C.C. ) . De recibir la información el Jefe de Estación o personal de la Subgerencia de Vigilancia, éstos de igual manera deberán transmitirla al Jefe de Reguladores o al Centro de Comunicaciones, quienes determinarán las medidas a tomar.

b ) El Centro de Comunicaciones avisará al Servicio Central de Vigilancia, al PDC y éste a su vez a las diferentes permanencias, dependiendo de la naturaleza y magnitud del incidente.

c ) Permanencias de las Gerencias de Material Rodante, Estaciones y Transportes y Obras, en caso de ser necesario.

d ) Permanencias del Departamento de Seguridad Industrial e Higiene.

e ) Administración de Línea de la Gerencia de Recursos Financieros y personal de Taquilla.

f ) El Jefe de Reguladores a su vez lo comunicará a la Gerencia de Estaciones y Transportes y sus Subgerencias, así como a los funcionarios que se mencionan a continuación, respetando el mismo orden :

- Gerencia responsable , vía canales establecidos.

- Subdirección de Operación.

- Dirección General, a través de su Secretaría Particular y en su ausencia a través de la Subdirección de Operación.

- Asesoría Técnica de la Dirección Técnica .

g ) Tipo de incidentes que el Jefe de Reguladores transmitirá a la Dirección General a través de la Secretaría Particular de la misma.

- Arrollados .

- Retraso puntual o corte de tracción superior a 10 minutos .

- Descarrilamiento en cualquier área .

- Evacuación de tren en plena vía .
- Llantas pinchadas que interrumpan el servicio .
- Cortos circuitos, conatos de incendio en instalaciones y/o material rodante que interrumpan el servicio o afecten a usuarios.
- Efectos provocados por temblores, inundaciones, daños al Sistema de Transporte Colectivo por personas extrañas.
- Problemas que impiden el paso de los trenes de las naves de depósito a talleres o líneas .
- Manifestaciones y disturbios.
- Cierre de instalaciones y/o acceso .
- Socorro de tren a tren .

h ) En los casos de arrollados , electrocutados, descarrilamientos, conatos de incendio y efectos o daños causados por temblores, inundaciones o manifestaciones o disturbios .El Centro de Comunicaciones dará aviso al Servicio Central de Vigilancia, quién a su vez lo comunicará a las Subgerencias Jurídica y de Vigilancia, así como al abogado de guardia . Así mismo, el Centro de Comunicaciones le informará al personal del Departamento de Seguridad Industrial e Higiene y a las permanencias de las áreas responsables, en caso de existir las .

i ) En los casos de arrollados, electrocutados y fallecimientos por causas naturales, una vez que el abogado de guardia llegue al lugar del incidente asumirá la responsabilidad jurídica, quedando bajo su competencia la solicitud de la presencia de las autoridades que corresponden, por conducto del Servicio Central de Vigilancia y reportándolo al Centro de Comunicaciones, quién a su vez lo notificará al Jefe de Reguladores .

j ) En el caso de que se dañen personas, equipos o instalaciones del Sistema de Transporte Colectivo, el Jefe de Reguladores procederá a notificarlo a la Subdirección de Planeación y Evaluación, a la Subgerencia Jurídica , Subgerencia de Vigilancia, y a la Subdirección de Operación, para los efectos procedentes .

k ) La Central de Comunicaciones solicitará, previa verificación del incidente, la presencia de ambulancias, bomberos, radio patrulla y otros servicios, por requerimiento del Coordinador del incidente; solamente en casos de extrema gravedad el Jefe de Reguladores podrá autorizar al Centro de Comunicaciones a efectuar directamente la solicitud de los servicios antes citados .

l ) Las dependencias solicitadas para tomar providencias a fin de resolver las causas del incidente, avisará a sus superiores conforme a las políticas internas de sus áreas .

#### **6.12 Acción coordinada para combatir el incidente.**

Intervención del personal técnico especializado .

Todo el personal de los diferentes Departamentos Técnicos especializados que intervengan en la atención de un incidente deberá presentarse al lugar de los hechos portando su credencial de identificación y los equipos ordinarios de emergencia .

Además deberá reportarse al Regulador del Puesto Central de Control ( P.C.C. ) a su llegada, así como al coordinador del incidente y ejecutará las maniobras que éste le indique; de ser necesario su descenso a vías, lo reportará al Puesto Central de Control ( P.C.C. ) .

- a) Personal del Departamento de Comunicaciones y Peaje, deberá reparar el equipo dañado de su especialidad y asegurar dentro de lo posible las comunicaciones en el lugar del incidente.
- b) Personal del Departamento de Automatización y Control, deberá reparar el equipo dañado de su especialidad, asegurando dentro de lo posible, que el mando permita el mando y control necesario.
- c) Personal del Departamento de Instalaciones Eléctricas e Instalaciones Mecánicas, deberá reparar el equipo dañado de su especialidad y asegurar dentro de lo posible el alumbrado en el lugar del incidente .
- d) Personal de la Gerencia de material Rodante, asegurará la corrección de la avería de cualquier tren; en caso de descarrilamiento llevará a cabo la maniobra de encarrilamiento; en caso de atropellamiento, si alguna persona queda con vida bajo el tren llevará a cabo el levantamiento del mismo .
- e) Personal del Departamento de Vías, asegurará el buen estado de los elementos de vías.
- f) Personal de la Subgerencia de Mantenimiento de Obra Civil, asegurará el buen estado de las estructuras .
- g) Personal de la Subgerencia de Control Central, llevará a cabo las comunicaciones internas y externas necesarias.

- h) Personal de la Subgerencia de Transportes, deberá mantener una comunicación constante con el Puesto Central de Control ( P.C.C. ).
- i) Personal de la Subgerencia de Estaciones, reportará el incidente al Centro de Comunicaciones ( C.C. ), proporcionará primeros auxilios mientras llega del Departamento de Seguridad e Higiene Industrial, colaborará con la evacuación de los trenes y/o estaciones, coordinará al personal de la Policía Auxiliar contratada por el S.T.C. , en tanto se presenta el personal de la Subgerencia de Vigilancia, y efectuará las maniobras que le indique el Coordinador del incidente.
- j) El personal del Departamento de Seguridad Industrial e Higiene , proporcionará primeros auxilios, vigilará que las maniobras se lleven a cabo respetando los lineamientos de seguridad, colaborará en la evacuación de los trenes y/o estaciones si el caso lo amerita y revisará principalmente el área del incidente y las áreas cercanas a éste, a fin de que cuando se reanude el servicio haya seguridad total.
- k) El abogado de guardia de la Subgerencia Jurídica, autorizará al personal de la Subgerencia de Vigilancia cuando el caso lo requiera, para que por medio del Servicio Central de Vigilancia solicite la presencia del Agente del Ministerio Público y proporcionará cuando así lo considere conveniente información a las autoridades competentes externas al S.T.C. en el lugar del incidente llevando a cabo los trámites que resulten necesarios y de su incumbencia .
- l) Personal de la Subgerencia de Vigilancia, cercará el área de los hechos permitiendo el paso solamente al personal autorizado de acuerdo con las características del incidente, se coordinará con la Policía Auxiliar contratada por el S.T.C. para mantener el orden, así como con el Comandante de los grupos policíacos comisionados, solicitará la presencia de otros cuerpos de apoyo, previo conocimiento del Jefe de Reguladores, cerrará accesos con la autorización del Coordinador del incidente y colaborará en la evacuación de los trenes y/o estaciones y otras maniobras que le sean solicitadas por el propio coordinador .

- m) Personal de Administración de línea de la Gerencia de Recursos Financieros, auxiliará al coordinador del incidente en la evacuación de las estaciones.

**6.13 Desarrollo de las actividades en incidentes que afecten vidas humanas y que interrumpan el servicio.**

a ) Al presentarse un incidente que afecte vidas humanas e interrumpa el servicio, ya sea por arrollamiento, descarga eléctrica, caídas en las vías u otro motivo y que el accidentado presente signos evidentes de haber fallecido, el personal de cualquier área del Sistema capacitado para hacerlo, que se encuentre en el lugar del incidente o próximo a él, incluyendo al personal de la Policía Auxiliar contratada por el S.T.C. deberá retirar cuanto antes el cuerpo del accidentado, trasladándolo a la zona de operación a un local de la estación. Siendo responsabilidad exclusiva del abogado de guardia a partir del momento en que toma conocimiento del incidente de proporcionar la información correspondiente a las autoridades judiciales que conozcan del asunto .

b ) Si el rescate requiere alguna maniobra técnica, esta se efectuará bajo la coordinación de personal del departamento correspondiente.

Estas intervenciones deberán realizarse cuanto antes a fin de reanudar el servicio lo más pronto posible.

c ) Si el accidentado se encuentra con vida, o se duda del fallecimiento aún cuando esté libre de cualquier obstáculo, no será movido sino hasta que llegue el personal médico, el del Departamento de Seguridad Industrial e Higiene o personas competentes que puedan prestarle los primeros auxilios y se procederá a trasladarlo a un local de la estación.

d ) En caso de que el lesionado se encuentre atrapado y su rescate requiera maniobras técnicas, éstas se efectuarán cuando esté presente el personal que le preste los primeros auxilios.

#### **6.14 Incidentes que afecten vidas humanas pero que no interrumpan el servicio.**

Cuando en las instalaciones del Sistema, a excepción de las consideradas como zonas de operación, ocurra un incidente que afecte vidas humanas por cualquier motivo, ya sea causándoles la muerte o simplemente lesiones, el personal de la Subgerencia de estaciones apoyado por el Personal de la Policía Auxiliar contratada por el S.T.C., y el personal técnico que acuda al lugar, deberá proceder a proteger el área correspondiente, y reportar el hecho al Centro de comunicaciones (C.C) y al Jefe de Reguladores, para que envíe personal del Departamento de Seguridad Industrial e Higiene y/o Servicios de Emergencia.

#### **6.15 Información de Resultados.**

Acciones a seguir una vez que se haya atendido el incidente y se haya restablecido el servicio normal.

- a) Todo el personal que intervenga en la atención del mismo, deberá presentar a sus superiores inmediatos un reporte sobre su participación.
- b) El Jefe de Reguladores informará del restablecimiento del servicio normal a los funcionarios quien haya avisado de lo ocurrido y éstos a su vez a quienes deban enterarse, en lo que a su área corresponda, sin perjuicio de que cualquier otro funcionario del Sistema podrá solicitar información después de quince minutos de solucionado el incidente, por conducto de las Subgerencias y/o Jefes de Departamento de la Gerencia de Estaciones y Transportes.
- c) El Centro de Comunicaciones (C.C.), informará cuanto antes, a los Departamentos y permanencias a quienes haya avisado de lo ocurrido y éstos a quienes deban enterarse, en razón de sus responsabilidades en el Sistema.

# **CAPITULO**

## **VII**

## 7 APLICACIONES TÉCNICAS

La línea 8 (Garibaldi-Constitución de 1917) como ya se menciono anteriormente, es alimentada con una tensión de 23 KV provenientes de la subestación ESTRELLA (SEAT-4).

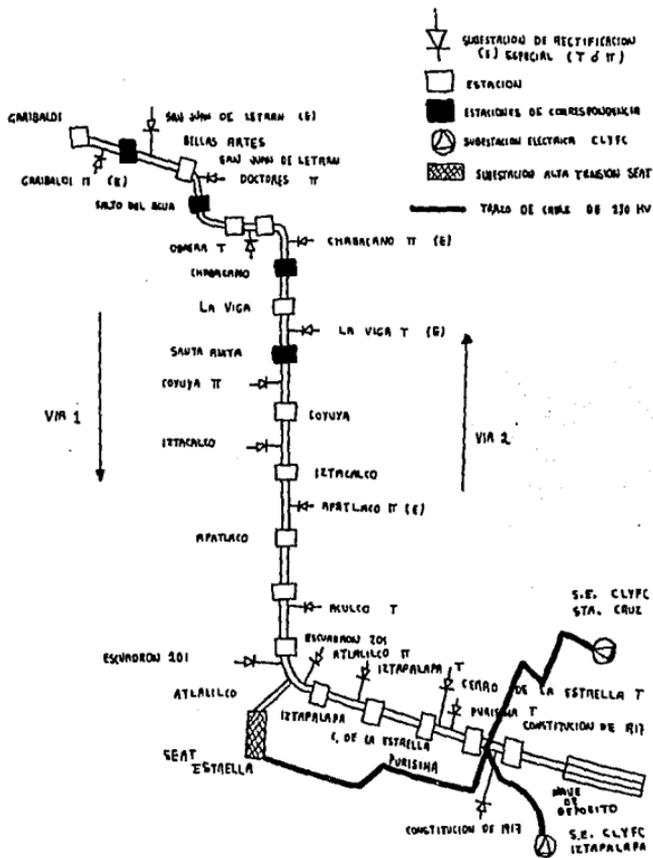
Es función de las subestaciones de alumbrado y fuerza, así como de las de rectificación, transformaría en 220/127 VCA y 750 VCD respectivamente, para la alimentación de las instalaciones y la operación de los equipos de tracción.

Las subestaciones de alumbrado y fuerza se localizan en cada una de las estaciones a lo largo de toda la línea, una por cada vía, y de esta manera, garantizar la ausencia de alimentación. (Ver Diagrama 35).

Las subestaciones de alumbrado y fuerza al igual que el demás equipo, esta sujeto a la presencia de fallas o anomalías; por esta razón se llevan acabo las medidas pertinentes antes y después de su instalación, reduciendo al mínimo los casos de disturbios.

Tomando en cuenta lo anterior, hago consideración en un caso muy peculiar que se presenta en las líneas del Sistema de Transporte Colectivo por lo cual la línea 8 no puede quedar excluida.

Tal consideración, es el análisis de la caída de tensión que ocurre a lo largo de la línea 8 y de esta manera, comprobar que el calibre del conductor propuesto (cable EP XLP calibre 2/0 AWG) no ocasiona una caída de tensión mayor que la permitida por las normas técnicas que es del 5%. (Ver Diagrama 36).



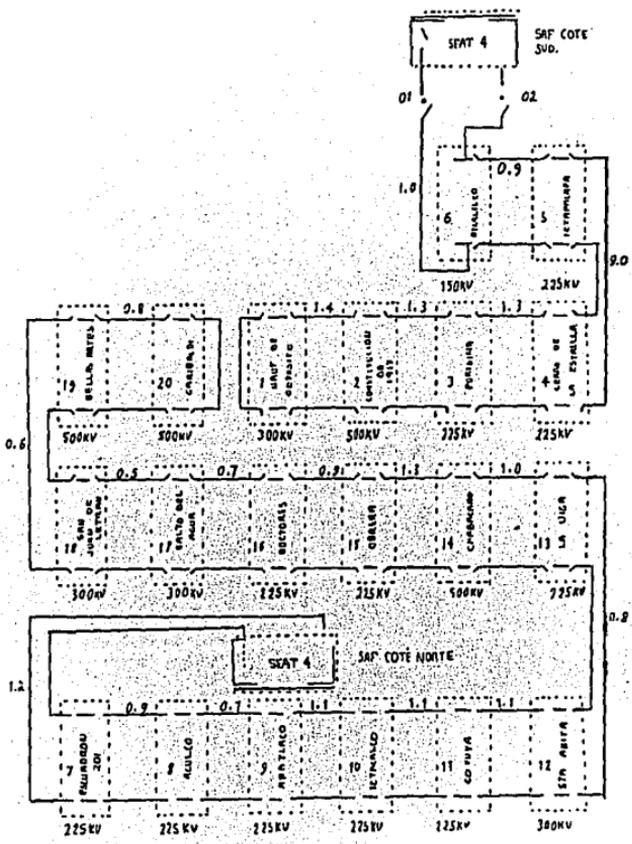
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

TESIS PROFESIONAL

CAPITULO  
 VII

DISTRIBUCIÓN DE LAS  
 SUBESTACIONES EN LA LÍNEA  
 B DEL (S.T.C.)

DIAGRAMA 35



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTTLÁN	
TESIS PROFESIONAL	
CAPITULO	ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN EN 23 KV A SEAF DE LINEA 8.
VII	DIAGRAMA 36

Consideremos la falla más severa que se pudiera presentar en la línea; esta puede ser la ausencia de dos de los cables alimentadores en una cabecera más la falla de la transferencia automática más la falla del alimentador entre dos estaciones por lo que el sistema queda conectado como se muestra en el Diagrama 37.

Es importante mencionar que todos los datos que se utilizan en la memoria de cálculo, son los correspondientes a la línea 8 del S.T.C., las distancias entre cada una de las estaciones así como la carga instalada, son los empleados para calcular la caída de tensión cuyo arreglo es en forma de anillo.

De la misma manera, las fórmulas y los procedimientos algebraicos son los correspondientes para dicho arreglo.

Haciendo hincapié en las subestaciones localizadas a lo largo de la línea, distancias entre las mismas y la carga que presentan Ver Tabla 7.1.

#### DATOS DEL TRANSFORMADOR

##### CONEXIÓN:

Primario: Estrella aterrizada

Secundario: Estrella aterrizada

##### RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN:

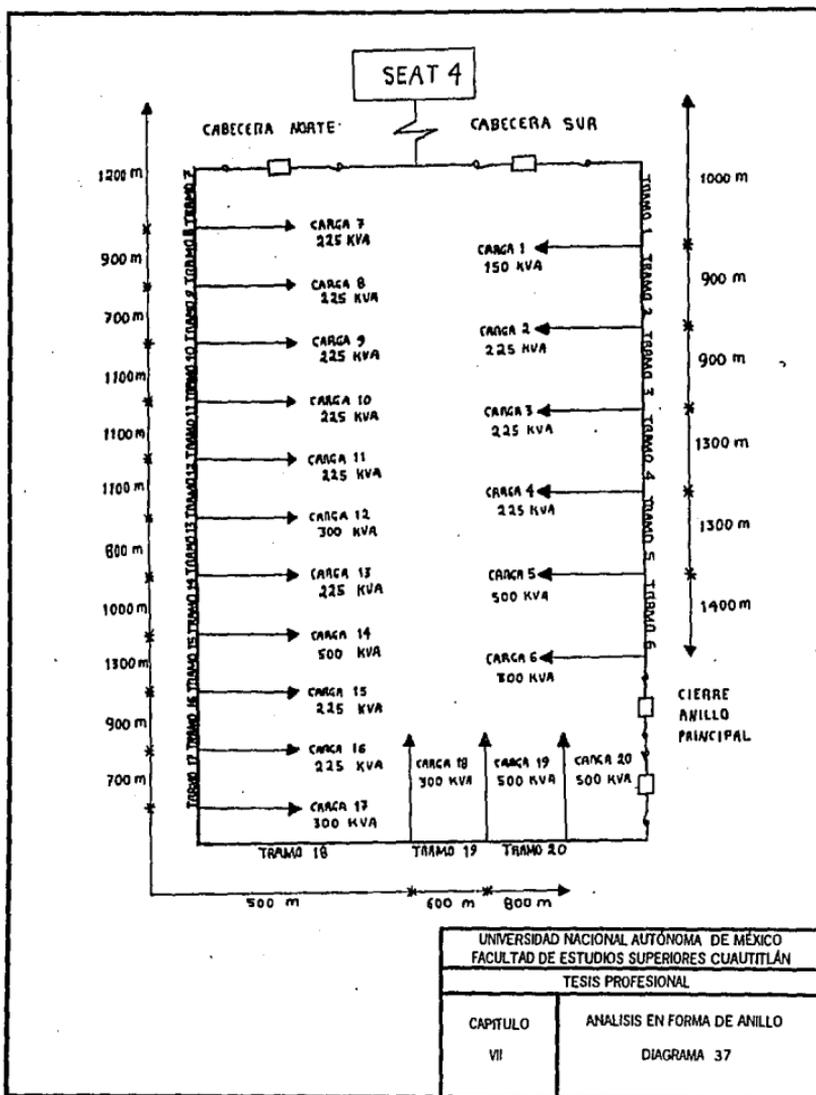
230 KV / 23 KV

##### CAPACIDAD:

30 MVA CADA UNO

Para la caída de tensión en el sistema hacemos uso de la siguiente fórmula:

$$e = I \sqrt{3} (R \cos \theta + XL \sin \theta) \text{ VOLTS/KM.....(7.1)}$$



### TABLA 7.1

ESTACION	DISTANCIA (KILOMETROS)	CARGA INSTALADA
NAVE DE DEPOSITO	1.4	300 KVA
CONSTITUCIÓN DE 19917	1.3	500 KVA
PURISIMA	1.3	225 KVA
CERRO DE LA ESTRELLA	0.9	225 KVA
IZTAPALAPA	0.9	225 KVA
ATLALILCO	1.0	150 KVA
ESCUADRON 201	1.2	225 KVA
ACULCO	0.9	225 KVA
APATLACO	0.7	225 KVA
IZTACALCO	1.1	225 KVA
COYUYA	1.1	225 KVA
SANTA ANITA	1.1	300 KVA
LA VIGA	0.8	225 KVA
CHABACANO	1.0	500 KVA
OBREERA	1.3	225 KVA
DOCTORES	0.9	225 KVA
SALTO DEL AGUA	0.7	300 KVA
SAN JUAN DE LETRAN	0.5	300 KVA
BELLAS ARTES	0.6	500 KVA
GARIBALDI	0.8	500 KVA

Las características del cable de 23 KV Vulcanel EP XLP del No. 2/0 AWG son las siguientes:

RESISTENCIA =  $R = 0.332 \ \Omega / \text{KM}$

INDUCTANCIA =  $L = 0.414 \ \text{MH} / \text{KM}$

FACTOR DE POTENCIA =  $\cos \theta = 0.85$

Nota: Estos datos fueron tomados del catálogo Conduflex para calibres de energía, publicación HT 905 - 2 - 5 Enero de 1988.

Recordando que la caída de tensión es la diferencia que se tiene del voltaje inicial con respecto al voltaje final y que esta diferencia puede ser ocasionada por varios factores como son:

- Distancia entre la fuente y la carga
- Tipo de conductor.

Es precisamente el objetivo de este análisis, ya que con él podremos concluir si el sistema en cuestión funcionará en óptimas condiciones.

Las cargas que se consideran son las instaladas en cada una de las subestaciones de cada una de las estaciones.

Las distancias son las que corresponden a cada una de las estaciones, estas, una respecto de la otra.

Para calcular la reactancia inductiva (XL) del cable tenemos:

$$\begin{aligned}
 XL &= WL = 2\pi fL & (7.2) \text{ con:} \\
 F &= 60\text{Hz} \\
 L &= 0.414 \text{ MH / KM} \\
 XL &= 2(3.1416) (60) (0.414 * 10 \text{ E-3}) = 0.156 \text{ } \Omega \text{ /KM}
 \end{aligned}$$

Ahora calculamos la carga que va a estar instalada en cada tramo de acuerdo al Diagrama 37.

NOTA: Consideramos en base a la localización de la SEAT-4 el arreglo en anillo, por lo tanto:

$$\text{CARGA TRAMO 1} = \sum_{n=1}^{n=20} \text{CARGAS KVA} \quad (7.3)$$

por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 &150 + 225 + 225 + 225 + 500 + 300 + 225 + 225 + 225 + 225 + 225 + 300 + 225 + 500 \\
 &225 + 225 + 300 + 300 + 500 + 500 \qquad \text{KVA} = 5825 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CARGA TRAMO 2} &= \text{CARGA TRAMO 1} - \text{CARGA 1} = 5825 - 150 = 5675 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 3} &= \text{CARGA TRAMO 2} - \text{CARGA 2} = 5675 - 225 = 5450 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 4} &= \text{CARGA TRAMO 3} - \text{CARGA 3} = 5225 - 225 = 5000 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 5} &= \text{CARGA TRAMO 4} - \text{CARGA 4} = 5000 - 225 = 4775 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 6} &= \text{CARGA TRAMO 5} - \text{CARGA 5} = 4775 - 500 = 4275 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 7} &= \text{CARGA TRAMO 6} - \text{CARGA 6} = 4275 - 300 = 3975 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 8} &= \text{CARGA TRAMO 7} - \text{CARGA 7} = 3975 - 225 = 3750 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 9} &= \text{CARGA TRAMO 8} - \text{CARGA 8} = 3750 - 225 = 3525 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 10} &= \text{CARGA TRAMO 9} - \text{CARGA 9} = 3525 - 225 = 3300 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 11} &= \text{CARGA TRAMO 10} - \text{CARGA 10} = 3300 - 225 = 3075 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 12} &= \text{CARGA TRAMO 11} - \text{CARGA 11} = 3075 - 300 = 2775 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 13} &= \text{CARGA TRAMO 12} - \text{CARGA 12} = 2775 - 225 = 2550 \text{ KVA} \\
 \text{CARGA TRAMO 14} &= \text{CARGA TRAMO 13} - \text{CARGA 13} = 2550 - 225 = 2325 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

CARGA TRAMO 15 = CARGA TRAMO 14 - CARGA 14 = 2550 - 500 = 2050 KVA  
 CARGA TRAMO 16 = CARGA TRAMO 15 - CARGA 15 = 2050 - 225 = 1825 KVA  
 CARGA TRAMO 17 = CARGA TRAMO 16 - CARGA 16 = 1825 - 225 = 1600 KVA  
 CARGA TRAMO 18 = CARGA TRAMO 17 - CARGA 17 = 1600 - 300 = 1300 KVA  
 CARGA TRAMO 19 = CARGA TRAMO 18 - CARGA 18 = 1300 - 300 = 1000 KVA  
 CARGA TRAMO 20 = CARGA TRAMO 19 - CARGA 19 = 1000 - 500 = 500 KVA

Para calcular la corriente que circula por cada tramo que se muestra en el Diagrama 37 procedemos a lo siguiente:

$$\text{CORRIENTE TRAMO} = (\text{CARGA TRAMO } n \text{ KVA}) / (\sqrt{3} \times V_L \text{ KV}) = \text{Amp}$$

donde  $n = 1-20$  (7.4)

CORRIENTE TRAMO 1 = 5825 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 146.2202 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 2 = 5675 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 142.4549 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 3 = 5450 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 136.8069 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 4 = 5225 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 132.1589 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 5 = 5000 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 125.5109 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 6 = 4500 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 112.9598 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 7 = 4200 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 105.4291 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 8 = 3975 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 99.7811 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 9 = 3750 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 94.1331 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 10 = 3225 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 88.4852 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 11 = 3300 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 82.8372 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 12 = 3075 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 77.1892 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 13 = 2775 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 69.6585 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 14 = 2550 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 64.0105 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 15 = 2050 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 51.4594 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 16 = 1825 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 45.8114 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 17 = 1600 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 40.1634 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 18 = 1300 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 32.6328 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 19 = 1000 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 25.1021 Amp  
 CORRIENTE TRAMO 20 = 500 KVA /  $\sqrt{3}$  (23KV) = 12.5510 Amp

Ahora bien, para calcular la caída de tensión en volts, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$e_v = I \sqrt{3} (R \cos \theta + X_L \operatorname{sen} \theta) L \text{ Volts.....(7.5)}$$

donde:

I = Corriente que circula por el conductor en cada tramo.

R = Resistencia eléctrica del conductor.

X<sub>L</sub> = Inductancia del conductor.

L = Longitud del tramo por donde circula la corriente en kilómetros.

Ahora calculamos cos  $\theta$  y seno  $\theta$  por lo tanto tenemos:

$$\text{para F.P.} = 0.75 \quad \cos \theta = 0.75 \quad \operatorname{sen} \theta = 0.6614$$

$$\text{para F.P.} = 0.85 \quad \cos \theta = 0.85 \quad \operatorname{sen} \theta = 0.5268$$

La resistencia del conductor Vulcanel EP XLP No. 2/0 AWG es de 0.332  $\Omega$ / km

Calculamos las caídas de tensión en Volts, sustituyendo valores en la fórmula 7.1

$$e = I \sqrt{3} (R \cos \theta + X_L \operatorname{sen} \theta) L \quad \text{VOLTS}$$

$$e \text{ TRAMO 1} = (146.2202A) (\sqrt{3}) (0.332) (.85m) (0.156) (0.5268) (1m) \text{ Volts}$$

$$e \text{ TRAMO 1} = (146.2202A) (0.6311) (.1m) = 92.2795 \text{ Volts}$$

$$e \text{ TRAMO 2} = (142.4549A) (0.6311) (.9m) = 809129 \text{ Volts}$$

$$e \text{ TRAMO 3} = (136.8069A) (0.6311) (.9m) = 77.77049 \text{ Volts}$$

$$e \text{ TRAMO 4} = (131.1589A) (0.6311) (1.3m) = 105.9016 \text{ Volts}$$

$$e \text{ TRAMO 5} = (125.5109A) (0.6311) (1.3m) = 102.9729 \text{ Volts}$$

$$e \text{ TRAMO 6} = (112.9598A) (0.6311) (1.4m) = 99.8045 \text{ Volts}$$

- e TRAMO 7 =(105.4291A) (0.6311) (1.2m) = 79.8435 Volts
- e TRAMO 8 =(99.7811A) (0.6311) (.9m) = 56.6746 Volts
- e TRAMO 9 =(94.1331A) (0.6311) (.7m) = 41.5851 Volts
- e TRAMO 10 =( 88.4852A) (0.6311) (1.1m) = 61.4273 Volts
- e TRAMO 11 =( 82.8372A) (0.6311) (1.1m) = 57.5064 Volts
- e TRAMO 12 =( 77.1892A) (0.6311) (1.1m) = 53.5855 Volts
- e TRAMO 13 =( 69.36585A) (0.6311) (.8m) = 35.1691 Volts
- e TRAMO 14 =( 64.0105A) (0.6311) (.1m) = 40.3970 Volts
- e TRAMO 15 =(51.4594A) (0.6311) (1.3m) = 42.2188 volts
- e TRAMO 16 =(45.8114A) (0.6311) (.9m) = 26.0204 Volts
- e TRAMO 17 =(40.1634A) (0.6311) (.7m) = 17.7429 Volts
- e TRAMO 18 =(32.6328A) (0.6311) (.5m) = 10.2972 Volts
- e TRAMO 19 =(25.1021A) (0.6311) (.6m) = 9.5051 Volts
- e TRAMO 20 =(12.5510A) (0.6311) (.8m) = 6.3367 Volts

Por lo tanto la caída de tensión total que se presenta en el arreglo es:

$$\text{CAÍDA DE TENSIÓN TOTAL} = \sum_{n=0}^{n=i} \text{e TRAMOS VOLTS (7.6)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{caída de tensión} &= 92.2795 + 80.9129 + 77.7049 + 105.9016 + \\
 &+ 102.9729 + 99.8045 + 79.8435 + 56.6746 \\
 &+ 41.5851 + 61.4273 + 57.5064 + 53.5855 + \\
 &+ 35.1691 + 40.3970 + 42.2188 + 26.0209 + \\
 &+ 17.7429 + 10.2972 + 9.5051 + 6.3367 \\
 &= 1097.8864 \text{ VOLTS}
 \end{aligned}$$

Procedemos a calcular el % de la caída de tensión, por lo tanto:

$$\% \text{ CAÍDA DE TENSIÓN} = (\text{CAÍDA DE TENSIÓN/TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN}) \times 100 \quad (7.7)$$

$$\% \text{ CAÍDA DE TENSIÓN} = (1097.8864 \text{ V}/23000 \text{ V}) \times 100 = 4.7734\%$$

De acuerdo a los resultados obtenidos concluimos lo siguiente:

- a) La caída de tensión que se presenta a lo largo de toda la línea es del 4.7734%, un valor por debajo del permitido por las normas técnicas para instalaciones eléctricas.
- b) La corriente que va a circular por el circuito en el caso de la falla más desfavorable, será de 146.2202 amperes; y tenemos que el cable calibre 2/0 AWG soporta una corriente de 185 amperes.
- c) Analizando los dos puntos anteriores concluimos que el cable de 23 KV Vulcanel EP XLP calibre AWG es el indicado para alimentar las subestaciones de la línea 8 del Sistema de Transporte Colectivo "metro" que va de Garibaldi a Constitución de 1917.

## CONCLUSIONES

En toda industria de producción o de servicio que emplee la energía eléctrica para el movimiento de maquinaria o equipo, la recepción, el control y la distribución de dicha energía tiene que hacerse de una manera por demás adecuada utilizando los tableros y enlaces por seccionadores que permitan dar flexibilidad y seguridad en el suministro.

El Sistema de Transporte Colectivo cuenta con acometidas en 85 KV y 23 KV (ésta última es con la que se alimenta línea B) para las subestaciones de rectificación y de alumbrado y fuerza.

La sección de Despacho de Carga, dependiente de la Subgerencia de Instalaciones Electromecánicas y Vías de la Gerencia de Instalaciones Fijas, tiene como función principal la operación de los equipos en todas las líneas (incluyendo la línea B) mediante los cuales se recibe, transforma, controla, distribuye y se utiliza la energía eléctrica necesaria para la explotación de las líneas del S.T.C.

Esta sección también tiene a su cargo la recepción, registro, control y distribución de las intervenciones necesarias para la solución de todas las averías presentadas en los equipos de los Departamentos de: Instalaciones Eléctricas, Instalaciones Mecánicas, Vías, Automatización y Control así como el de Comunicaciones y Peaje.

Es función también de esta sección la de mantener informado a las autoridades del Sistema cuando se presenten fallas que afectan el servicio.

Esta sección tiene a su cargo la coordinación y/o ejecución de maniobras de libranzas, licencias y energizaciones en las líneas actuales incluyendo talleres.

Bajo su cargo está la coordinación necesaria con la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (CLFC), a fin de mantener permanentemente energizadas las instalaciones del Sistema, para lo cual se cuenta con programas bien definidos para pruebas y solicitudes de libranzas y licencias que se requieran; ya sea por programa, no programadas o por emergencia; así como todo lo relacionado al restablecimiento de la energía eléctrica en casos de disturbios.

El Departamento de Instalaciones Eléctricas, tiene como objetivo mantener en óptimas condiciones de operación y presentación a todos los equipos destinados a recibir, transformar y controlar la energía eléctrica que requiere la red del metro.

En la actualidad el sistema cuenta con 10 líneas, 178 kilómetros de vías dobles y 154 estaciones, esto sumado a los casi 50 kilómetros de vías secundarias; como vemos es todo un reto para el personal encargado de mantener en perfectas condiciones toda la red.

Las instalaciones eléctricas están diseñadas para satisfacer la demanda de energía eléctrica de todos los servicios de las estaciones, como lo es el alumbrado normal y emergente. Así como, la demanda de energía en interestaciones y la energía de tracción necesaria para el funcionamiento del material rodante.

En la actualidad, la demanda ocasiona que la línea esté operando con sobresaturación a intervalos de distancia muy cortos, provocando que las instalaciones estén sometidas a un trabajo muy intenso, con la consecuente afectación considerable de la vida útil de los equipos.

De la experiencia que se ha obtenido al paso de los años se ha podido determinar la vida útil de algunos de los equipos eléctricos y así también conocer el de otros materiales, pudiendo ser reemplazados con anticipación evitando contratiempos en la prestación del servicio.

No podemos pasar por alto que detrás de la gran responsabilidad de transportar a cada uno de los usuarios a su destino, se encuentra el trabajo de quienes dedican su esfuerzo al mantenimiento de equipos, edificios, estaciones, talleres y del resto de las instalaciones que conforman el S.T.C. el mantenimiento, es una tarea muy específica, desempeñada por personal capacitado, realizando de manera oportuna las acciones necesarias para prevenir y corregir averías en donde se requiera; garantizando, por un lado, la calidad del servicio, y por el otro, la seguridad de los usuarios y de los trabajadores.

Sin embargo, pese al mantenimiento y cuidado proporcionado con oportunidad, en ocasiones se presentan averías no previstas provocando demora en las actividades a realizar, reflejándose en el servicio.

Por la importancia que lo anterior representa, esta tesis, basada en el control y distribución de la energía eléctrica en la línea 8 del S.T.C. "metro", tiene como finalidad la de contar con una información técnica que proporciona los conocimientos necesarios para que el personal interesado conozca las normas y procedimientos para el adecuado control y manejo de la energía eléctrica.

Esperando que se haya logrado el objetivo implantado al inicio del presente trabajo, hago hincapié en el lema que ha caracterizado al Sistema de Transporte Colectivo desde su creación, al mismo tiempo lo felicito por su 25 aniversario:

**"TRANSPORTAR CON RAPIDEZ, SEGURIDAD Y EFICIENCIA AL PUBLICO USUARIO"**

# GLOSARIO

A	ABIERTO
C	CERRADO
CA	CORRIENTE ALTERNA
CERME	DETECTOR DE CORTO CIRCUITO
CD	CORRIENTE DIRECTA
CDV	CIRCUITO DE VÍA
CLFC	COMISIÓN DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
ITP	INTERRUPTOR TRAMO DE PROTECCIÓN
CU	CORTE DE URGENCIA
CUAT	CORTE DE URGENCIA ALIMENTACIÓN TRACCIÓN
CUFS	CORTE DE URGENCIA FUERA DE SERVICIO
CZ	CORTE DE ZONA
DBO	DESPACHO BAJO ORDEN
DMT	DISYUNTOR DE MEDIANA TENSIÓN
DUR	DISYUNTOR ULTRARAPIDO
DV	DISYUNTOR DE VÍA
IVL	INTERRUPTOR DE VÍA DE LAVADO
IVE	INTERRUPTOR DE VÍA DE ENLACE
IAT	INTERRUPTOR DE AISLAMIENTO TELEMANDADO
IVZ	INTERRUPTOR DE VÍA Z
IMXT	DESCONECTADOR DE PROTECCIÓN DE TRANSFORMADOR
IT	INTERRUPTOR TERMINAL
INCADE	INSTITUTO DE CAPACITACIÓN Y DESARROLLO
IVST	INTERRUPTOR DE VIAS SECUNDARIAS TERMINAL
KV	KILOVOLTS
KVCA	KILOVOLTS DE CORRIENTE ALTERNA
N	POSICIÓN NORMAL
NA	NORMALMENTE ABIERTO

NC	NORMALMENTE CERRADO
PCC	PUESTO CENTRAL DE CONTROL
PDC	PUESTO DE DESPACHO DE CARGA
PML	PUESTO DE MANIOBRAS EN LÍNEA
PMT	PUESTO DE MANIOBRAS EN TALLERES
PNP	PUESTO NORMAL DE PARO
PZ	PARO ZUMVADOR
RM	RELEVADOR DE MANTENIMIENTO
S	SECCIONADOR (SOCORRO)
SAA	SECCIONADOR DE AISLAMIENTO AUTOMÁTICO
SAF	SUBESTACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA
SI	SECCIONADOR INVERSOR
SR	SUBESTACION DE RECTIFICACIÓN
STC	SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO
TCO	TABLERO DE CONTROL ÓPTICO
TP	TRAMO DE PROTECCIÓN
VCA	VOLTS DE CORRIENTE ALTERNA
VCC	VOLTS DE CORRIENTE CONTINUA
VCD	VOLTS DE CORRIENTE DIRECTA

	INTERRUPTOR		RECTIFICADOR ESTÁTICO
	INTERRUPTOR ENCHUFABLE		BATERÍA
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO		APARTARRAYOS
	INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO REMOVIBLE		TIERRA
	CUCHILLA OR MANUAL		ALIMENTADOR O LÍNEA
	CUCHILLA OR ELÉCTRICA		SIN CONEXIÓN
	CUCHILLA OR CON CARGA		CONEXIÓN
	DESCONECTADOR FUSIBLE		CONEXIÓN DELTA
	TRANSF. POTENCIA		CONEXIÓN ESTRELLA
	AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA		TRAMPA DE ONDA
	TRANSF. CORRIENTE T.C.		SEÑAL DE POTENCIAL
	TRANSF. CORRIENTE TIPO DONA		SEÑAL DE CORRIENTE
	TRANSF. POTENCIAL T.P.		SEÑAL DE DISPARO
	REGULADOR VOLTAJE		TRANSDUCTOR VARNETRO
	REACTOR		TRANSDUCTOR WATTMETRO
	CONDENSADOR O CAPACITOR		TRANSDUCTOR VOLTS
	GENERADOR		TRANSDUCTOR AMPERES
	GRUPO MOTOR GENERADOR		

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTTLÁN

TESIS PROFESIONAL

SÍMBOLOS ELÉCTRICOS UTILIZADOS EN  
LOS DIAGRAMAS UNIFILARES (L Y F)

	DISYUNTOR		CONSWTADOR MULTIDIRECCIONAL		RESISTENCIA		MOTOR A CORRIENTE ALTERNATIVO
	SECCIONADOR		TERMOSTATO		FUSIBLE		MOTOR A CORRIENTE CONTINUA
	CONTACTO INVERSO		MANOSTATO		DIODO		
	CONTACTO DE CIERRE						TRANSFORMADOR DE IMPEDANCIA
	CONTACTO DE ABERTURA		BOBINA DE RELE TEMPORIZADO A LA PUESTA SU TENSION		CONECTOR		TRANSFORMADOR DE TENSION
	CONTACTO INSTANTANEO DE CIERRE RETARDADO DE ABERTURA		BOBINA DE RELE TEMPORIZADO A LA PUESTA FUERA DE TENSION				
	CONTACTO INSTANTANEO DE ABERTURA RETARDADO DE CIERRE		BOBINA DE MANDO		PILOTO LUMINOSO O ALUMBRADO		BOBINA
	CONTACTO DE EMISOR DE CABERA DE SEÑALIZACION		CONTACTOR				BOBINA INTERRUPTIBLE
	BOTON-PULSADOR				CAJA DE ENCLAUSTRADO		
	CONSWTADOR DIRECCIONAL		CONSWTADOR DIRECCIONAL				EMITE ARMADO O CAJA
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE		VOLTIOMETRO				
	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL		AMPERIOMETRO				
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA						

SÍMBOLOS ELÉCTRICOS UTILIZADOS EN  
LOS DIAGRAMAS UNIFILARES  
DE LA S.E. ESTRELLA

TECNOLOGÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUHTÉMOC

# BIBLIOGRAFIA

- **DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA**  
Subdirección de operación  
INCADE S.T.C.  
Editorial Racsy S.A. 1985
  
- **BAJA TENSION-TRACCION**  
Instructivo dirigido a Jefes de Turno y Ayudantes  
INCADE S.T.C.
  
- **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN 750 VCC**  
Ing. Antonio de Jesús Gálves Reyes  
Ing. Jaime Herrera Rodríguez  
INCADE S.T.C.
  
- **INSTRUCTIVO DE EQUIPOS E INSTALACIÓN DE ALTA Y MEDIANA TENSIÓN**  
Ing. Jaime Herrera Rodríguez  
Ing. Ernesto Fajardo Fonseca  
INCADE S.T.C.
  
- **INDUCCIÓN AL DEPARTAMENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
Ing. Daniel Vázquez Cruz  
Ing. Miguel A. Aceves R.  
INCADE S.T.C 1987

- **DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGIA-TRACCION**  
**AREA TALLERES**  
**INCADE S.T.C. 1985**
  
- **INSTRUCTIVO DE RECEPCION Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA**  
**ELECTRICA EN ALTA Y MEDIANA TENSIÓN**  
Ing. Daniel Vázquez Cruz  
Ing. Miguel A. Aceves R.  
**INCADE S.T.C. 1987**
  
- **RECOMENDACIONES PARA ELECTRICISTAS**  
Ing. Daniel Vázquez Cruz  
Ing. Miguel A. Aceves R.  
**INCADE S.T.C. 1987**  
**COMPENDIO DE DATOS TECNICOS RELEVANTES DEL METRO**  
**INCADE S.T.C.**
  
- **DIAGRAMAS DE PERFIL DE LINEAS DEL S.T.C.**  
Subdirección de Operación  
**S.T.C.**