



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

LA INGENIERIA APLICADA AL SISTEMA DE
TRANSPORTE COLECTIVO (METRO)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

ADRIAN GARCIA VINAY

ASESOR: ING. JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2005

m. 344816



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

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



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

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

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

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

La Ingeniería aplicada al Sistema de Transporte Colectivo (metro)

que presenta el pasante: Adrián García Vinay

con número de cuenta: 7107877-9 para obtener el título de :

Ingeniero Mecánico Electricista.

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 8 de noviembre de 2004

PRESIDENTE M.I. Hector Enrique Curiel Reyna

VOCAL Ing. Juan Rafael Garibay Bermudez

SECRETARIO Ing. José Juan Contreras Espinosa

PRIMER SUPLENTE Ing. Samuel Pérez Díaz

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Alberto Federico Gestefeld Arrieta

Lo que hacemos por nosotros muere con nosotros. Lo que hacemos por otros permanece y es inmortal

Trascender a nuestro tiempo legando a las futuras generaciones un mundo mejor.

Con cada obra siembras una semilla, aunque nunca veas la cosecha

La constancia no está en empezar, sino en preservar

INTRODUCCIÓN	1
I LA HISTORIA	2
I.2.- Un metro para la ciudad de México	3
I.3.- El metro hoy	3
I.4.- Construir en el lecho de un antiguo lago	5
I.5.- Diseño de la red	6
I.6.- La construcción del metro, una gran escuela de ingeniería	8
II.- LA OBRA CIVIL	10
II.1.- EL DIAGRAMA OPERATIVO	10
II.1.1.- Trazo.	11
II.1.2.- Perfil	12
II.1.3.- Gálibos	12
II.2.- MECÁNICA DE SUELOS	13
II.2.1.- Zona de lago	13
II.2.2.- Zona de lomas	13
II.2.3.- Zonas de transición	13
II.2.3.a.-Zona de transición alta.	13
II.2.3.b.-Excavaciones en las zonas de lago y de transición baja.	14
II.2.3.b.1 Estabilidad de los cortes.	14
II.2.3.b.2 Expansiones inmediatas.	14
II.2.3.b.3 Estabilidad el fondo.	15
II.2.3.b.4 Empujes de tierras.	15
II.2.3.b.5 Efectos del agua subterránea.	15
II.3.- SOLUCIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LINEAS DE METRO	15
II.3.1.- Estructuras superficiales en línea "	16
II.3.2.- Análisis y diseño.	17
II.4.- ESTRUCTURAS SUPERFICIALES MIXTAS	17
II.4.1.- Concepción arquitectónica.	17
II.4.2.- Diseño estructural.	17
II.5.- VIADUCTO ELEVADO	17
II.5.1.- Línea 4	17
II.5.2.- Mecánica de suelos	18
II.5.3.- Diseño de cimentación	18
II.5.4.- Diseño estructural	19
II.5.5.- Proyecto arquitectónico.	21
II.6.- EL CAJON SUBTERRANEO	21
II.6.1.- Cajón de tramo.	21
II.6.2.- Geometría del "cajón".	22
II.6.3.- Tipos de cajón.	23
II.6.3.1.- El cajón pesado.	23
II.6.3.2.- El cajón ligero.	24
II.7.- ESTRUCTURA EN TÚNEL.	24
II.7.1.- Análisis y diseño.	25
II.7.2.- Revestimiento del túnel.	27
II.7.3.- Conexiones de túneles.	27
II.7.4.- Lumberas.	27
II.7.5.- Diseño estructural	27

II.7.5.1.- Estructuras en túnel.	27
II.7.5.2.- Procedimientos constructivos.	28
II.7.5.3.- Revestimiento de túneles.	28
II.7.6.- Estaciones.	28
II.8.- REGLAMENTOS Y ESPECIFICACIONES.	29
III.- LA OBRA ELECTROMECAÁNICA	30
III.1.- LA DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA	30
III.1.1.- Recepción en alta tensión	30
III.1.2.-Distribución en tensiones de 15 y 23 kv.	31
III.1.3.-Interruptores de alta tensión (D.H.T. y D.M.T.).	33
III.1.4.-Subestaciones de rectificación (S.R.).	33
III.1.5.- Distribución de corriente de tracción en 750 vcc	36
III.1.6.- Contactor de seccionamiento (C.S.)	38
III.1.7.- Tramo de protección.	38
III.1.7.1.- Contactor de tramo de protección (C.T.P.)	38
III.1.8.- Equipos y aparatos de tracción 750 vcc	39
III.1.8.1.- Contactores e interruptores automáticos.	39
III.1.8.2.- Seccionadores manuales.	40
III.1.8.2.1.- Tipos o clasificación.	40
III.1.8.3.- Seccionadores de nicho de tracción.	43
III.1.8.4.- Seccionadores inversores	43
III.1.9.- Corte de urgencia de alimentación tracción (C.U.A.T.)	43
III.2.- LOS ELEMENTOS DELA VÍA	47
III.2.1.- Descripción funcional del sistema	47
III.2.1.1.- Vías Principales	47
III.2.1.2.- Vías Secundarias	47
III.2.2.- Sistemas de vía en vías principales	48
III.2.2.1.- Vía sobre balasto con durmientes de madera.	48
III.2.2.2.- Vía sobre balasto con durmientes de concreto biblock.	49
III.2.2.3.- Vía sobre balasto con durmientes de concreto monoblock.	50
III.2.2.4.-Vía sobre losa de concreto.	50
III.2.2.5.- Vía sobre concreto en viaducto.	51
III.2.2.6.- Vía sobre fosa.	51
III.3.- ESFUERZOS SOPORTADOS POR LA VIA	51
III.4.-ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA VIA	52
III.4.1.- El balasto	52
III.4.2.- Los durmientes	52
III.4.2.- Los durmientes de madera.	53
III.4.3.- Los durmientes de concreto tipo biblock.	53
III.4.4.- Durmientes de concreto tipo monoblock.	54
III.4.5.- El riel de seguridad	55
III.4.6.-La pista de rodamiento	56
III.4.7.- La barra de guiado y de toma de corriente	57
III.4.8.- Los aisladores	57
III.4.9.- Las fijaciones.	58

III.4.9.1.- Fijaciones rígidas.	58
III.4.9.2.- Fijaciones elásticas.	58
III.5.- EQUIPOS DE VIA	58
III.5.1.- Los aparatos de cambio de vía	58
III.5.2.- Los cerrojos de agujas	63
III.5.3.- Los motores de los aparato de cambio de vía	63
III.5.4.- Dos mecanismos de mando manual	65
III.5.5.- Las juntas de dilatación	66
III.5.5.1.- Las juntas aislantes	67
III.5.5.2 Junta aislante pegada.	67
III.5.5.3.- Las juntas mecánicas	67
III.5.6.- Los cupones neutros	67
III.5.7.- Los topes de fin de vía	71
IV.- LOS SISTEMAS DE CONTROL	73
IV.1.- EL PILOTAJE AUTOMÁTICO	73
IV.1.1.- Diseño de un sistema de pilotaje automático	73
IV.1.2.- Localización de los equipos del sistema de pilotaje automático	75
IV.1.2.1.- Local técnico	75
IV.1.2.2.- Línea (Estación e Interestación)	76
IV.1.2.3.- Tren	76
IV.1.3.- Función del P. A. (equipo fijo y embarcado)	77
IV.1.4.- Elementos que constituyen el equipo embarcado	78
IV.1.4.1.- Block PA - CMC	78
IV.1.4.1. a.- Cajón 1 alimentación PA - CMC	78
IV.1.4.1.b.- Cajón 2 seguridades PA-CMC	79
IV.1.4.1.c.- Cajón 3 energía cable PA-CMC	80
IV.1.4.1.d.- Cajón 4 captación PA-CMC	83
IV.1.4.2.- Block CML - CMR	84
IV.1.4.2.a.- Cajón alimentación CML-CMR	84
IV.1.4.2.b.- Cajón 2 seguridades CML-CMR	86
IV.1.4.3.- Captor de alta frecuencia hf 135 khz.	87
IV.1.4.4.- Captor de baja frecuencia BF4.8 Khz.	87
IV.1.4.5.- Amplificador local de desfrenado	87
IV.1.4.6.- Rueda fónica y captor COTEP	88
IV.1.5.- Elementos que constituyen el equipo fijo del de P. A.	91
IV.1.5.1.- Descripción del equipo fijo	91
IV.1.5.2.- Equipo de PA en local técnico	95
IV.1.5.2.a.- Armario de bloque	95
IV.1.5.2.b.- Armario de maniobra o servicio provisional	97
IV.1.5.2. c.- Otro tipo de armarios.	97
IV.1.5.2.d.- Fuente de alimentación.	99
IV.1.6.- El equipo de la vía	100
IV.1.6.1.- Cajas de distribución	101
IV.1.6.2.- La línea B2	101
IV.1.6.3.- Tipos de cables.	108
IV.1.7.- Los programas del pilotaje automático	108
IV.1.7.1.- Los programas verdes	108
IV.1.7.2.- Los programas rojos	108
IV.1.7.3.- Los programas de paro en estación	108

IV.1.7.4.- Los programas de maniobra	108
IV.1.7.5.- Los programas de transferencia	108
IV.1.7.6.- Los programas de rearme	109
IV.1.8.- Frecuencias de los programas del de P. A.	109
IV.1.8.1.- Autorización de Marcha (AM).	109
IV.1.8.2.- Zona de Rearme (ZR).	109
IV.1.8.3.- Apertura de Puertas Izquierdas (OG).	110
IV.1.8.4.- Apertura de Puertas Derechas (OD).	110
IV.1.8.5.- Seguridad Larga (SL).	110
IV.1.8.6.- Seguridad Ensanchada (SE).	110
IV.1.8.7.- Velocidad Máxima (VM).	110
IV.1.8.8.- Funciones complementarias de las Bajas Frecuencias.	110
IV.1.9.- Modos de conducción	111
IV.2.- LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	113
IV.2.1.- Red de telefonía automática	113
IV.2.2.- Red de telefonía directa	115
IV.2.3.- Telefonía de trenes	117
IV.2.3.1.- Transmisión mediante corrientes portadoras	117
IV.2.3.2.- Aplicación de las corrientes portadoras a la telefonía de los trenes.	117
IV.2.3.3.- Modo de transmisión	118
IV.2.3.4.- Equipos de la unidad de control centralizado (PCC)	119
IV.2.4.- Sistemas de intercomunicación	121
IV.2.5.- Sistemas de grabación	122
IV.2.6.- Sistemas de sonorización	123
V.- EL MATERIAL RODANTE	125
V.1.- PRINCIPIOS GENERALES	125
V.1.1.- Características generales del material rodante neumático	125
V.1.2.- Características funcionales del material rodante	126
V.2.- DESCRIPCIÓN DEL TREN	127
V.2.1.- Constitución de carros y formación de trenes	127
V.2.1.1.- Motrices.	127
V.2.1.2.- Remolques.	127
V.2.1.3.- Constitución de los carros.	128
V.2.1.4.- Formación de trenes.	129
V.3.-HILOS, SU FUNCIÓN Y LOCALIZACIÓN EN LOS ACOPLADORES	135
V.4.- FUENTES DE ALIMENTACIÓN	135
V.4.1.- Alta tensión	135
V.4.2.- Alimentaciones de corriente alterna	138
V.5.- MANDO DEL COMPRESOR Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO	140
V.5.1.- Funcionamiento del compresor.	140
V.5.2.- Equipo del freno neumático.	141
V.5.3.- Equipo de cierre y apertura de puertas.	141
V.5.4.- Caja de interruptores BCI.	141

V.6.- MANDOS GENERALES DE LA CONDUCCIÓN	145
V.6.1.- Función del manipulador M.	145
V.6.2.- Señal P.	145
V.6.3.- Modos de conducción	146
V.7.- MANDO LOCAL DE FRENADO	146
V.7.1.- Grados de frenado.	146
V.7.2.- Conjugación de los frenos.	147
V.7.3.- Desarrollo de un frenado.	147
V.7.4.- Funcionamiento de la EMD y mecanismo de frenos	150
V.8.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL RECORTADOR	152
V.9.- FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO EN FRENADO.	152
V.10.- REGISTRADOR ELECTRÓNICO DE EVENTOS RPE.	152
V.10.1.- Principios de Funcionamiento.	154
V.10.2.- Extracción de Datos.	155
V.10.3.- Manejo de datos.	155
V.10.4.-Selección del archivo (base de datos)	155
V.10.5.- Presentación Gráfica.	157
V.10.6.- Pantalla Gráfica.	158
V.10.7.- Resolución Variable del Zoom.	159
V.10.8.- Ventanas Simultáneas.	160
V.10.9.- Presentación Tabular.	161
V.10.10.- Selección de señales digitales.	163
V.10.11.- Selección de señales analógicas.	164
V.10.12.- Selección del eje X.	165
VI.- LA OPERACIÓN	165
VI.1.- EL PUESTO CENTRAL DE CONTROL	165
VI.1.1.- Funciones del tablero de control óptico (TCO)	167
VI.1.2.- La sección alimentación en corriente de tracción	167
VI.1.3.- La sección de alarma	167
VI.1.4.- La sección horario	167
VI.1.5.- Control de tráfico	167
VI.1.5.1.-Identificación de los trenes	168
VI.1.5.2.- Principio de funcionamiento	168
VI.1.5.3.- Aparatos de vía	168
VI.1.5.4.- Señales de maniobra	168
VI.1.5.5.-Señales de espaciamiento	168
VI.1.5.6.- Désbloqueo de las señales de maniobra	169
VI.1.5.7.- Despacho bajo orden (DBO)	169
VI.1.5.8.- Servicio provisional (SP.)	169
VI.1.5.9.- Señal de fosa de visita	169
VI.1.5.10.- Estaciones	169
VI.1.5.11.- Señal de accionamiento de ruptor	170
VI.1.6.- Control de alimentación en corriente de tracción	170
VI.1.6.1.- Mando y control de los equipos de tracción	170
VI.1.6.2.- Subestaciones rectificadoras (SR)	170
VI.1.6.3.- Contactores de seccionamiento (CS)	171
VI.1.6.4.- Seccionador aislamiento telemandado (SIT)	171
VI.1.6.5.- Interruptores de alimentación de vías secundarias (IVS.)	171

VI.1.6.6.- Corte de urgencia (CU)	171
VI.1.6.6a.- Puesta en fuera de servicio del corte de urgencia (CUFS)	172
VI.1.6.6b.- Prueba del corte de urgencia	172
VI.1.6.7.- Contactor de tramos de protección (CTP)	172
VI.1.6.8.- Condiciones de zona	172
VI.1.6.9.- Alimentación CU	173
VI.1.7.- Alarmas	173
VI.1.7.1.- Indicadores en tablero de alarmas	173
VI.1.7.2.- Alarma de ruptor accionado	174
VI.1.7.3.- Alarma tele transmisión	174
VI.1.7.4.- Alarma de aparatos de vía	174
VI.1.8.- Información horaria	174
VI.1.9.- Pupitre del regulador especializado	178
VI.1.9.1.- Mando, control y destrucción de itinerarios	179
VI.1.9.2.- Representación	179
VI.1.9.3.- Mando de un itinerario simple	179
VI.1.9.4.- Destrucción de un itinerario simple	179
VI.1.9.5.- Destrucción de urgencia	179
VI.1.9.6.- Destrucción ordenada	180
VI.1.9.7.- Destrucción por escape	180
VI.1.9.8.- Mando de itinerario combinado	180
VI.1.9.9.- Mando de itinerario de trazo permanente (TP)	180
VI.1.9.10.- Maniobra de cambio de vía en línea	182
VI.1.9.11.- Maniobra para un solo tren	182
VI.1.10.- Mandos especiales en la terminal	182
VI.1.10.1.- Mando del timbre de salida	182
VI.1.10.2.- Mando del desbloqueo de la señal de salida	182
VI.1.10.3.- Mando del indicador que anuncia la próxima salida	182
VI.1.10.4.- Mando de inicialización del pilotaje automático	182
VI.1.10.5.- Mando del despacho bajo orden (DBO)	182
VI.1.11.- Mando de alimentación tracción	184
VI.1.11.1.- Interruptores de aislamiento telemandado	184
VI.1.12.- Mandos de la regulación automática	185
VI.1.12.1.- Botón lluvia	185
VI.1.12.2.- Botones de velocidad	185
VI.1.12.3.- Botones de marcha tipo	185
VI.1.13.- Platina del TCO	185
VI.1.13.1.- Alarma aguja (discordancia de agujas)	186
VI.1.13.2.- Botón incidente en línea	186
VI.1.13.3.- Botón DNB	186
VI.1.13.4.- Botón mando local	186
VI.1.13.5.- Botón alimentación	186
VI.1.14.- Platina de radiotelefonía	187
VI.1.14.1.- Constitución de la platina del radioteléfono	187
VI.1.14.2.- Operación de la platina del PCC	187
VI.1.14.2 a.- Llamada de zona.	187
VI.1.14.2b.- Llamada general.	187

VI.1.15.- Platina de teléfonos directos	189
VI.1.15.1.- Contenido de la platina	189
VI.1.16.- Grabadora	189
VI.1.17.- Sistema de alimentación en 23 kv.	189
VI.1.17.1.- Alimentación en corriente de tracción	190
VI.1.18.- Intensidad de corriente demandada a las SR	190
VI.1.19.-Control de los equipos de tracción	191
VI.1.20.- Control de los disyuntores de vía	191
VI.1.20.1.- Control del interruptor de aislamiento telemandado (IAT)	191
VI.1.20.2.- Control de los disyuntores de vías secundarias (DVS) y (DVE)	191
VI.1.20.3.- Control del contactor del tramo de protección (CTP)	191
VI.1.20.4.- Control de los circuitos de seguridad	192
VI.1.20.5.- Control del corte de urgencia (CU)	192
VI.1.20.6.- Control del corte de urgencia fuera de servicio (CUFS)	192
VI.1.20.7.- Control de alimentación CU	192
VI.2.- CENTRO DE COMUNICACIONES (C.C.)	193
VI.2.1.- Equipos que integran el C.C.	197
VI.2.1.1.- Platina de alarma de taquillas	197
VI.2.1.2.- Platina de teléfonos de alarma	197
VI.2.1.3.- Platina de teléfonos directos	198
VI.2.1.4.-Platina de sonorización	198
VI.2.2.- Control de Reportes e Incidentes.	202
VI.2.2.1.- Control de reportes.	202
VI.2.2.2.- Control de incidentes	202
VI.2.2.3.- Control de personal que desciende a vías	203
VI.2.2.4.- Control de personas extraviadas	203
VI.3.- LA OPERACIÓN EN LINEA	204
VI.3.1.- La demanda del servicio	204
VI.3.2.- El polígono de carga	207
VI.3.3.- La regulación de la operación de la línea	209
VI.3.3.1.- Principio de la regulación de horarios	209
VI.3.3.2.-Principio de la regulación de intervalos	209
VI.3.4.- Capacidad de transporte de una línea	211
VI.3.4.1.- Capacidad de transporte en un momento dado.	211
VI.3.4.2.- Capacidad de transporte por hora	211
VI.3.5.-Las marchas tipo	211
VI.3.5.1.- Marcha tipo grafica	211
VI.3.5.2.- Marcha tipo práctica	211
VI.3.5.2 a.- "Marcha A".	212
VI.3.5.2 b.- "Marcha B"	212
VI.3.5.2.c.-"Marcha C".	212
VI.3.5.3.- Marcha serie.	212
VI.3.5.4.- Marcha serie - paralelo o mixta.	212
VI.3.6.- Duración de carrera.	212

VI.3.6.1.- Tiempo de maniobra	213
VI.3.6.2.- Maniobra "V".	213
VI.3.6.3.- Maniobra "O".	213
VI.3.6.4.- Permanencia mínima.	213
VI.3.6.5.- Duración teórica de la vuelta.	213
VI.3.6.6.- tiempo muerto por vuelta	213
VI.3.6.7.- Duración real de la vuelta.	214
VI.3.6.8.- Tiempo muerto de terminal.	214
VI.3.6.9.- Intervalo.	215
VI.3.6.10.- Distancia de seguridad.	215
VI.3.6.11.- Tiempo de desbloqueo de una señal.	215
VI.3.6.12.- Intervalo mínimo.	216
VI.3.6.13.- Tiempo de visibilidad	217
VI.3.6.14.- Intervalo mínimo para una señal dada.	217
VI.3.6.15.- Tiempo muerto local a la altura de una señal.	218
VI.3.6.16.- Intervalo máximo.	218
VI.3.7.- Capacidad de terminal.	218
VI.3.8.- Tiempo muerto máximo	221
VI.3.9.- Elaboración de horarios	221
VI.3.10.- Los documentos técnicos	222
VI.3.10.1.- Programa de salidas de terminal	222
VI.3.10.2.- Hoja de servicios	223
VI.3.10.3.- Rolamientos de trabajo	223
VI.3.11.- La capacitación	223
VI.3.12.- Las jefaturas de línea	224
VII.- CONCLUSIONES	225
VII.1.- EL DESARROLLO DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	225
VII.2.- RECOMENDACIONES	229
VII.2.1.- Fomentar una cultura de metro	229
VII.2.2.- Mantenimiento de las líneas existentes	229
VII.2.3.- Promoción de una solución integral del transporte metropolitano	230
VII.2.4.- Modernización de la comunicación desde cualquier punto del túnel	230
VII.2.5.- Modernización del pilotaje automático de 135 kilohertz	230
VII.2.6.- Proporcionar capacitación constante en cada uno de los centros de trabajo, y promoción de una nueva cultura laboral.	230
VII.2.7.- Modificación de las terminales a tres vías y dos andenes.	231
VII.2.8.- Promover en el mediano y largo plazo una cultura ferroviaria a fin de establecer una red a nivel nacional	232
GLOSARIO	234
BIBLIOGRAFÍA	237

INTRODUCCIÓN

En las próximas páginas del presente trabajo, se tendrá un panorama general de la infraestructura del sistema de transporte colectivo de la ciudad de México, las razones que motivaron su construcción, las soluciones que se dieron para los diferentes problemas a de su obra civil y la tecnología que se ha utilizado para cada una de sus áreas, pero principalmente las diferentes aplicaciones que tienen las diversas ramas de la ingeniería.

En una ciudad como la nuestra, resulta por demás necesario un sistema de transporte masivo cuya operación garantice una transportación rápida eficiente, segura, cómoda y no contaminante; esta necesidad presenta un área de oportunidad muy importante para las diferentes disciplinas profesionales pero principalmente para el desarrollo de proyectos de ingeniería que mantengan a nuestro metro en los primeros lugares de operación a nivel mundial; es por esa razón que el presente trabajo pretende, además dar a conocer los principios fundamentales del metro, además de fomentar el interés en los futuros ingenieros para que se involucren en esta tecnología, ya que independientemente de que puede ser un modo de vida profesional muy satisfactorio, servirá de manera importante para el desarrollo de nuestro país.

A nivel mundial, los sistemas de metro han tenido un desarrollo tecnológico muy importante, nuestro país no es la excepción ya que desde su origen, en el metro de la ciudad de México se ha utilizado tecnología de punta; sin embargo, dicha tecnología en la mayoría de los casos ha sido importada, pero a medida que se esta tecnología se ha ido conociendo, ha sido mejorada por ingenieros y técnicos mexicanos por tal motivo, la muestra en términos generales de algunos de los principales componentes del sistema de transporte colectivo de la ciudad de México pretende motivar una especialización en transportación masiva por medio de trenes ya que por las necesidades en este rubro de una ciudad como la nuestra, su red de metro debe tener un crecimiento constante y en consecuencia un desarrollo permanente para sus ingenieros.

El producto final del sistema de transporte colectivo de la ciudad de México es la transportación masiva este producto como todo servicio solo puede ser calificado por el cliente hasta que le es otorgado; es decir, no es posible detectar un producto defectuoso y detener la producción; por tal razón conocer todos y cada uno de lo elementos que conforman el sistema, prevenir sus posibles fallas y apegarse a los programas necesarios para otorgar el servicio garantiza que el producto final sea de calidad; es decir se tendrá un correcto funcionamiento del sistema.

Se comienza este trabajo con una breve crónica de la historia del transporte en la ciudad de México; en seguida se da una descripción de los elementos que constituyen una línea de metro, desde su construcción hasta su operación.

El objetivo de la presente tesis es analizar los aspectos anteriores y a la vez despertar alguna inquietud que sirva para alguna investigación más exhaustiva, con el principal interés de acelerar el crecimiento y mejoramiento del transporte masivo de la ciudad de México.

I LA HISTORIA

Es por todos conocido, que uno de los elementos vitales en el transporte de nuestra gran ciudad es el Metro. Sería imposible imaginar a la Ciudad de México, con sus dimensiones actuales, sin este servicio que se mantiene como ejemplo entre otros semejantes del mundo

La historia del Metro se enmarca en la iniciación del proceso de modernización de la ciudad; no fue tarea fácil. Se consideraba imposible la construcción de un transporte subterráneo precisamente en la ciudad de México, cuyo subsuelo hacía impensable el proyecto; Sin embargo, se conjugaron como factores definitivos la capacidad del Ing. Bernardo Quintana, figura notable de la ingeniería civil; ya que un proyecto de esta naturaleza requería, además, de la mejor tecnología de operación disponible entonces.

I.1.- Antecedentes

La Ciudad de México tiene sus orígenes en la fundación de la Gran Tenochtitlan, en 1325. En esta época, los principales medios de transporte eran las canoas que navegaban por los lagos, acequias y canales de la cuenca del Valle de México, y las andas o hamaquillas en hombros de tamemes, en tierra firme.

En el siglo XVI, una vez consolidada la conquista, los españoles levantaron sus edificios sobre las destruidas construcciones aztecas, pero se conservó el trazo general de la ciudad. Durante este periodo se generalizó el uso de carretelas y carrozas tiradas por caballos.

No es sino hasta la segunda mitad del siglo XVIII cuando se dio inicio a las obras de empedrado de calles y banquetas, y para fines de siglo aparecieron los primeros carros de alquiler tirados por mulas y caballos conocidos como ómnibus. Eran unos carruajes largos, con asientos laterales, tirados por caballos; debido a su éxito, este servicio proliferó y se diseminó, lo que hizo necesaria su regulación por el gobierno.

A principios del siglo XIX, se introdujo el servicio de diligencias para el transporte foráneo de pasajeros y carga, en la ruta México - Veracruz.

En 1856 se otorgó una concesión para construir un camino de fierro para tranvías a Tacubaya. De Bucareli a Tacubaya los carros eran remolcados por una máquina de vapor; y de Bucareli al Centro eran tirados por mulas o caballos.

La Ciudad de México experimentó un acelerado crecimiento, debido principalmente al flujo de inmigrantes. A principios de la década de los treinta, la Ciudad de México tenía una población cercana al millón de habitantes.

Las primeras líneas de autobuses aparecieron en 1917; los autobuses, o "camiones", eran de hecho automóviles modificados.

Para 1925, había más de 21 mil vehículos en circulación y ya daba servicio un sitio de coches de alquiler; en el Centro de la ciudad. La movilidad que permitió el automóvil indujo una extensión de la mancha urbana.

El abasto de agua potable para la ciudad se obtenía de la perforación, de pozos artesianos, lo cual provocó una aceleración en su proceso de hundimiento; entre 1948 y 1950 llegó a ser de 40 centímetros por año, ocho veces mayor que lo registrado a principios de siglo.

La ciudad empezaba a manifestar los problemas asociados con altos índices de concentración demográfica, particularmente con respecto al tránsito urbano. En sólo 15 años, el número de automóviles había aumentado 3.5 veces, la población se duplicó y la mancha urbana creció 1.6 veces. Las anteriores vialidades resultaron insuficientes; los congestionamientos de tránsito se volvieron una constante.

Las autoridades del Distrito Federal optaron por la construcción de vías rápidas el Viaducto Miguel Alemán, el Anillo Periférico y la Calzada de Tlalpan.

La Ciudad de México presentaba un trazo vial anárquico, acusando los efectos de un crecimiento acelerado y caótico. Se había perdido el trazo ordenado y acorde a las necesidades de la ciudad, que la caracterizó en épocas anteriores de su historia.

El principal problema de la Ciudad de México era el transporte público y el congestionamiento de la red vial, particularmente en la zona del Centro, donde se concentraban cerca del 40 por ciento del total diario de los viajes realizados dentro de la ciudad. Las estadísticas mostraban que el 76 por ciento de la población se trasladaba en transporte colectivo y el 24 por ciento restante en taxis y automóviles particulares. En el Centro y sus alrededores circulaban 65 de las 91 líneas de autobuses y transportes eléctricos de pasajeros, con 4 mil unidades, además de 150 mil automóviles particulares. En las horas pico del tráfico, la velocidad de circulación de los vehículos era menor a la de una persona caminando; es decir 6 kph..

1.2.- Un metro para la ciudad de México

La idea de construir en la Ciudad de México un tren subterráneo aparece por primera vez en 1958, a fines de la administración del presidente Adolfo Ruiz Cortines. Entonces fue desechada no sólo por la magnitud de la inversión que hubiese requerido y las limitaciones financieras que enfrentaba el país, sino también por las dificultades técnicas de su construcción, impuestas por las características del subsuelo de la ciudad y por el hecho de encontrarse ésta asentada en una zona sísmica.

El anteproyecto de construcción del Metro fue por fin presentado al presidente Adolfo López Mateos por el ingeniero Bernardo Quintana. El presidente dio instrucciones para que se le turnara al regente de la ciudad, licenciado Ernesto P. Uruchurtu. Paralelamente, ordenó a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que dictaminara sobre la posibilidad de construir un Metro subterráneo en la Ciudad de México.

1.3.- El metro hoy

Al finalizar el año de 2001, con mas de tres décadas de existencia, el Metro de la Ciudad de México consta de una red de once líneas, con una longitud de 202 kilómetros en total de los cuales 185 son vías para trenes con neumáticos y 17 para trenes con ruedas férreas (Línea A), y cuenta con 175 estaciones. El parque de material rodante

del Metro es de 2,559 carros, de los cuales 2,439 son neumáticos y 120 con rueda férrea. Del 10 de enero al 31 de diciembre de 1995, el Metro transportó a 1,473,969,283 pasajeros durante este mismo lapso, el promedio de pasajeros transportados por día laborable fue de 4,576,000.

En comparación con los sistemas de transporte homólogos de otras ciudades del mundo, el Metro de la Ciudad de México ocupa el tercer lugar en número de pasajeros transportados anualmente; sólo lo superan los metros de Moscú y Tokio. En términos de la longitud de la red, ocupa el quinto lugar; detrás de los de Londres, Nueva York, Moscú y París. En cuanto al número de pasajeros transportados por empleado, ocupa también el quinto lugar; después de los metros de Tokio, Moscú, Osaka X Seúl. Por último, en términos del costo de operación por pasajero ocupa el primer lugar; con el costo más bajo 0.20 US Dlls.; le siguen Seúl, Berlín, Estocolmo y Tokio.

La seguridad de las construcciones y de las instalaciones del Metro ha pasado la prueba de grandes sismos en tres ocasiones; en ninguna de ellas se registraron daños significativos. Las construcciones del Metro en las zonas con subsuelo lacustre tampoco se han visto afectadas por ello. El hundimiento de las instalaciones del Metro se ha mantenido al parejo del hundimiento de la superficie.

Siguiendo una estrategia de investigación y desarrollo, el Sistema de Transporte Colectivo no sólo ha conseguido mantenerse al día en las innovaciones tecnológicas, sino además ha desarrollado e incorporado tecnologías propias, algunas adoptadas por otros metros del mundo. La capacitación de sus recursos humanos, por otro lado, ha hecho posible que la calidad de su servicio ocupe un lugar muy destacado entre los sistemas de transporte público de las ciudades más importantes del mundo. Todo ello ha permitido, a lo largo del tiempo, mantener el objetivo de prestar un servicio eficiente, confiable y seguro a sus usuarios.

Asimismo, el Sistema de Transporte Colectivo pasó de ser una institución que tuvo que incorporar una tecnología nueva y ser receptora de asesoría externa, a una institución que transfiere tecnología, presta asistencia técnica y apoya en la capacitación a otros sistemas de transporte público en el mundo.

El Metro es, probablemente, la obra civil y arquitectónica más grande y compleja de la Ciudad de México. Su principal característica radica en que está en un proceso permanente de transformación y crecimiento, por la incorporación de nuevas tecnologías y la ampliación de la red.

En los estudios parciales que integran el "Estudio de Vías Rápidas para la Ciudad de México" y en el proyecto para la primera etapa del Metro, se elaboraron las bases y los criterios que luego normarían su construcción y diseño. Se analizaron las características del subsuelo de la ciudad, el proceso y las causas del hundimiento de la zona con subsuelo lacustre, las técnicas de construcción puestas a prueba hasta entonces en la Ciudad de México en el drenaje profundo, el Viaducto y el Periférico, así como en los grandes edificios y en la construcción de trenes subterráneos en otras ciudades del mundo. También se estudió cuidadosamente el diseño y la operación de los 33

sistemas de transporte urbano masivo a base de trenes, con la finalidad de evitar la repetición de deficiencias y errores.

I.4.- Construir en el lecho de un antiguo lago

Los problemas técnicos para la construcción de un Metro subterráneo con un subsuelo lacustre y en una zona sísmica se habían resuelto en principio. También se habían desarrollado técnicas de construcción a fin de eliminar rigideces excesivas en las estructuras y dar la flexibilidad necesaria a la construcción para resistir los efectos de los sismos. El análisis del hundimiento de la ciudad se fundamentó en una teoría formulada por el doctor Nabor Carrillo y desarrollada por el doctor Marsal y el ingeniero Fernando Hiriart, en la Comisión Federal de Electricidad, en 1953, que permitía hacer predicciones sobre este fenómeno. Dicha teoría puso de manifiesto, por otro lado, la necesidad de detener la extracción de agua de la zona lacustre para aminorar el hundimiento de la ciudad.

En la construcción del Metro se optó por la técnica conocida como túnel de cajón y se utilizó el sistema de los llamados muros de Milán, empleado en la construcción del Metro de esta ciudad italiana, que ya había sido utilizado en la ciudad de México en el paso a desnivel en Tlaxcoaque, en el Viaducto y en el Periférico. Se construye a cielo abierto. Inicialmente se abren zanjas para los dos muros paralelos que forman las paredes del túnel, que se cuelan y se dejan fraguar; posteriormente, se excava entre ambos muros y se cuela el firme del piso; por último se construye la losa del techo.

El sistema de los muros de Milán elimina el riesgo; le deslaves laterales del suelo hacia el interior de la excavación, lo cual además de entorpecer los trabajos puede ocasionar daños a edificaciones vecinas. También hace posible trabajar en espacios más angostos, ya que no se requieren amplios taludes inclinados a ambos lados del túnel para estabilizar la excavación. Además, el bombeo del agua filtrada del subsuelo se puede efectuar en un espacio limitado, que es sólo el existente entre ambos muros, lo que permite desalojarla con mayor rapidez y prácticamente sin afectar la consistencia del subsuelo a los lados del túnel.

Como medida precautoria, entre otras, las zanjas recién excavadas se rellenan con lodo bentonítico, que tiene un peso similar al de la tierra que se ha extraído, lo que evita que se venzan las paredes de la excavación.

El sistema constructivo de muros de Milán resolvió parte importante de los problemas de construcción, asociados al subsuelo de la Ciudad de México; sin embargo, a dicho sistema se le incorporaron algunas variantes técnicas para su total adecuación, como es el caso del sistema de compensación del peso del subsuelo desplazado. Éste se sustenta en el mismo principio que permite flotar a una embarcación, el llamado "principio de Arquímedes". Los túneles construidos deben pesar lo mismo que la tierra y el agua que tuvo que desalojarse para realizar la obra, ya que si un túnel pesara menos, tendería a emerger; a salir a la superficie, y a la inversa, si pesara más, tendería a hundirse. Aparentemente es simple la solución de este problema técnico, dependiendo de la previa cuantificación de las variables que deben intervenir en los cálculos: el peso del túnel, el de todo lo que lleva dentro, y el de lo que hay encima, es

decir el pavimento; sin embargo, los cálculos matemáticos que lleva aparejados son complejos y exigen gran precisión. El problema se acentúa en el caso de las estaciones, debido a la desproporción entre su gran volumen vacío y lo relativamente escaso de su Peso. Para compensar esta diferencia, fue necesario construir edificios encima de las estaciones, a fin de que el peso de éstos restableciera el equilibrio entre las variables.

En el año de 1967, el nivel freático de la Ciudad de México se localizaba, en promedio, a partir de los dos metros bajo la superficie, en tanto que la construcción de los túneles del Metro y de sus estaciones requería de excavaciones a profundidades mucho mayores. El agua representó por ello un obstáculo persistente; no obstante tal inconveniente, se tuvo la ventaja de excavar en un suelo con baja resistencia, debido a la relativa ausencia de obstáculos rígidos o de difícil penetración.

La naturaleza del subsuelo plantea otro tipo de dificultades, como es el caso de las paredes, que tienden a ser inestables porque la presión del agua que contiene los mantos de arcilla, aunada al peso de las construcciones aledañas, puede deformarlas o fracturarlas, poniendo en riesgo las estructuras de las edificaciones circundantes. Ello obliga a controlar el nivel del agua localizada en el lugar en que se realiza la obra. Si no se hubiese aplicado la avanzada tecnología que se empleó y continúa utilizándose en las obras del Metro, serían constantes los hundimientos o protuberancias del suelo.

En las zonas de la Ciudad de México que no pertenecen al área antaño cubierta por agua y que presentan pendientes superiores a la máxima permitida el tránsito de los trenes, fue necesaria la excavación de túneles profundos. En estos casos se utilizó el método de escudo, que consiste en el empleo de una máquina excavadora circular que avanza bajo tierra, perforando el suelo y expulsando hacia atrás el material extraído, el cual se retira con vagones diseñados para tal propósito.

1.5.- Diseño de la red

El diseño de una red de transporte colectivo, así como el trazo de las líneas que la componen, están sujetos a una serie de modificaciones determinadas por el tipo de subsuelo por donde han de pasar los túneles, las instalaciones subterráneas de servicios públicos en las inmediaciones, los monumentos históricos cercanos, los restos arqueológicos ocultos, las características demográficas de los puntos que se enlazan, etcétera. El trazo definitivo de una línea se obtiene por etapas sucesivas.

Se integraron equipos de trabajo multidisciplinarios, en los que participaron ingenieros geólogos y de mecánica de suelos, ingenieros civiles, arquitectos, ingenieros químicos, biólogos, ingenieros hidráulicos y sanitarios, ingenieros mecánicos, ingenieros electricistas, ingenieros en electrónica, arqueólogos, especialistas en ventilación, en estadística, en computación, en tráfico y tránsito, contadores, economistas, abogados, obreros especializados y peones.

Estos equipos llegaron a aglutinar en los diferentes programas de obra en que se subdividió la ejecución del proyecto y según el momento de la construcción de que se tratara, entre 1,200 y 4,000 especialistas, incluyendo al personal aportado por la asesoría técnica francesa, representada por la Société Française D'Etudes et de Realizations des Transports Urbains, SOFRETU. En esta primera etapa" de

construcción llegaron a laborar 48 mil obreros, 4 mil técnicos y 3 mil administradores, en cifras redondas. Lo anterior permitió terminar en promedio un kilómetro de Metro por mes, un ritmo de construcción que no ha sido igualado en ninguna parte del mundo.

Los grupos de trabajo interdisciplinarios permitieron realizar los trazos definitivos de las líneas del Metro, de tal forma que durante su construcción se presentaron un mínimo de contingencias. Una de ellas ocurrió durante la construcción de la estación Pino Suárez, donde se encontró un adoratorio mexicana, aparentemente dedicado a Ehécatl, dios del viento, que se integró al diseño de la estación, y los restos de un mamut, que actualmente se exhiben en la estación Talismán.

Para resolver los proyectos de las estaciones se integró un grupo de jóvenes arquitectos. En el estudio de los pros y contras de las estaciones de las 33 redes de Metro que ya se ha mencionado, se habían identificado ciertas características que debían evitarse a toda costa, siendo las más importantes la humedad, consecuencia de las filtraciones del agua freática, la sensación claustrofóbica de un espacio cerrado bajo tierra, la falta de iluminación y el uso de materiales de difícil mantenimiento.

El grupo de arquitectos que se encargó del diseño de las estaciones contó con la asesoría de experimentados maestros, entre ellos Enrique del Moral, Félix Candela, Salvador Ortega y Luis Barragán. En algunas estaciones resalta el estilo de estos prominentes arquitectos. La selección de materiales para los acabados también fue importante; se buscaron materiales nacionales de alta durabilidad y de fácil limpieza. Así, vemos cómo la combinación de elementos arquitectónicos y ciertos acabados permitió evitar la fealdad o la sordidez de las estaciones de otras redes de Metro. Se puede observar que en los metros construidos después de la primera etapa del Metro de la Ciudad de México, se han incorporado muchos de los criterios aquí desarrollados.

La primera etapa de construcción del Metro se inicia el 19 de junio de 1967, con la inauguración de las obras, y concluye el 10 de junio de 1972, con la terminación del tramo Tacubaya-Observatorio de la Línea I. En esta primera etapa, 1ª red del Metro consta de tres líneas: la Línea 1, que corre de poniente a oriente, desde Zaragoza hasta Chapultepec; la Línea 2, del noroeste al sureste, desde el pueblo de Tacuba a Tasqueña; y la Línea 3, norte-sur; de Tlatelolco al Hospital General. La longitud total de esta primera red fue de 42.4 kilómetros, con 48 estaciones para el ascenso, descenso y transbordo de los usuarios.

La segunda etapa se inicia en 1977, con la creación de la Comisión Técnica Ejecutiva del Metro, el 7 de septiembre, para hacerse cargo de la construcción de las ampliaciones de la red. Posteriormente, el 15 de enero de 1978, se crea la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del Distrito Federal (Covitur), a la que se le confieren las funciones de proyectar; programar; construir; controlar y supervisar las obras de ampliación; adquirir los equipos requeridos, y hacer entrega de instalaciones y equipos al Sistema de Transporte Colectivo para su operación y mantenimiento.

La Comisión de Vialidad y Transporte Urbano se integró parcialmente con personal del Sistema de Transporte Colectivo; quedó bajo su responsabilidad la problemática entera

del transporte en el Distrito Federal. En esta segunda etapa, los funcionarios de Covitur que más se vieron involucrados con la ampliación de la red del Metro fueron el ingeniero Gilberto Valenzuela Esquerro, vocal ejecutivo; el ingeniero Francisco Noreña Casado, director general; el ingeniero José Carreño Romani, gerente de construcción; el ingeniero Emilio Gil Valdivia, subgerente de construcción; y los ingenieros Servando Delgado Gamboa y Mario Méndez Tallabas, ambos con cargo de jefe de residentes.

Con la conclusión de la segunda etapa, a fines de 1982, la red del Metro alcanzó una longitud de 79.5 kilómetros casi el doble de lo construido en la primera etapa; el número de estaciones aumentó a 80.

En octubre de 1994 se dio inicio a la construcción de la Línea B, de la estación Buenavista, en las cercanías de la estación de FFCC del mismo nombre, a la terminal en Ciudad Azteca, en el municipio de Ecatepec del Estado de México. Se atiende así la demanda de transporte de una gran concentración urbana situada al noreste del DF. El recorrido total será de 23.7 kilómetros, con 21 estaciones, de las cuales ocho estarán ubicadas en el Estado de México. Se contemplan tramos subterráneos, de superficie y de viaducto elevado, en su parte final, hacia Ciudad Azteca. La Línea B está proyectada para trenes de rueda neumática. Una vez concluida esta línea, hacia 1998 según el Programa, la red del Metro sumará 201 kilómetros y 175 estaciones.

Evidentemente, la solución de conjunto al problema del transporte en la Ciudad de México y los municipios conurbados del Estado de México depende críticamente de la posibilidad de articular ordenadamente las distintas modalidades del transporte público de pasajeros. Hacer del Metro la columna vertebral del transporte metropolitano ha sido invariablemente la noción rectora de los diversos planes maestros. En el caso de los trolebuses y los trenes ligeros, por el hecho de ser operados por organismos públicos dependientes del gobierno de la ciudad, el problema se reduce a la planeación cuidadosa de sus respectivas correspondencias con el Metro. El caso de los autobuses es semejante, pues aunque están en vías de ser concesionados a particulares, el GDF conservará la capacidad de intervenir en la planeación de rutas y regular algunos parámetros del servicio. Lo que ha resultado de mucho más difícil manejo son los "peseros", que han incrementado su participación en el transporte de manera desmedida, llevando a la práctica una estrategia de competencia con el Metro, en lugar de buscar una complementación mutuamente beneficiosa. Si hay una asignatura pendiente, es sin duda esta última.

1.6.- La construcción del metro, una gran escuela de ingeniería

Transcurridos casi 35 años desde el comienzo de la primera etapa del Metro de la Ciudad de México, haciendo a un lado la aportación fundamental que ha hecho a la solución del transporte masivo en el área metropolitana, aún queda un aspecto por considerar:

En la construcción de la obra civil de 201 kilómetros de túneles, viaductos y tendido de superficie, en el montaje de la cantidad correspondiente de vías e instalaciones eléctricas y electrónicas, en el diseño y construcción de las 175 estaciones de la red, se ha llevado a cabo una obra que medida en las unidades que se suelen emplear para

cuantificar obras de ingeniería metros cúbicos de construcción, toneladas de fierro, etcétera, arrojaría cifras astronómicas. Es una tarea titánica que ha involucrado a decenas de miles de personas, destacadamente a profesionistas y técnicos de las diversas disciplinas de la ingeniería y la arquitectura.

Para dar una idea de la dimensión de la obra del Metro, en términos de su complejidad técnica, es que por cada metro de Metro se requieren dos planos y un documento de especificaciones técnicas, lo que supone, por ejemplo en el caso de la Línea B, la cantidad de 50 mil planos y 25 mil documentos, en cifras gruesas.

Es pues este impresionante volumen de obra, aunado a su dificultad técnica, lo que ha convertido al Metro, sin lugar a dudas, en la mayor y más exigente prueba de la ingeniería del país. No es producto de la casualidad el bien ganado prestigio internacional de la ingeniería mexicana que mucho debe a la obra del Metro.

II.- LA OBRA CIVIL

II.1.- EL DIAGRAMA OPERATIVO

En cada una de las líneas del Metro, es necesaria la elaboración de un proyecto base que sirva de información general para las diferentes disciplinas involucradas en la ingeniería básica y de detalle de la línea, el cual se denomina diagrama operativo.

Este diagrama nos muestra en planta un esquema de la línea expresando los cadenamientos de los puntos importantes, como inicio y fin de curvas (consignando el radio de la curvatura), puntos obligado por el trazo cabeceras de estaciones, cadenamiento de los aparatos de cambio de vía localización de las fosas de visita, tanto en colas de maniobra como en vías específicas, para reparaciones de emergencia el materia rodante, ya sea en vías o Y o Z.

Una vez seleccionado el recorrido de una nueva línea del metro o la prolongación de un existente dentro del "programa maestro del metro", se procede a realizar el proyecto geométrico, que es el estudio base para la elaboración de los proyectos interiores.

El proyecto geométrico es el dimensionamiento de espacios longitudinales y transversales para la libre circulación del tren en una línea y esta constituido esencialmente por cuatro proyectos:

1. Proyecto de trazo
2. Proyecto de Perfil
3. Proyecto de galibo

Estos proyectos deberán estar relacionados entre si, para poder llegar a una solución en conjunto y dependerán del tipo de solución estructural a utilizar en cada tramo.

Las características de cada uno de estos proyectos serán descritos en los capítulos correspondientes.

La representación en perfil, define la línea en la posición de subrasante, con los datos de elevaciones en sus puntos importantes, mencionados en el párrafo anterior.

Este diagrama es referencia para el desarrollo de los proyectos de instalaciones electromecánicas, eléctricas, electrónicas y de señalización, así como para la distribución de las acometidas de tracción para la línea.

La información mas importante que ofrece este diagrama es la representación de cada una de las maniobras que pueden realizar los trenes en las zonas de cambio de vía, tales como los servicios provisionales, mismos que significan una solución importante para la operación de la línea, ante algún incidente en la misma, al permitir la explotación parcial de la línea evitando así que se forme una zona tapón, que seccione a la línea y provoque la suspensión a todo lo largo de ella.

Así también, en las zonas de vías principales se establecen vías de enlace con otras líneas, para intercambio del material rodante, transporte del mismo a talleres de mantenimiento o, simplemente alimentación de trenes las líneas.

En este proyecto se muestra asimismo, las maniobras permitidas para las zonas de depósito, talleres de mantenimiento y colas de maniobra.

Mediante este proyecto, se determina la secuencia que deberán seguir los trenes para la optimización del tiempo en los cambios de vía proyectados.

II.1.1.- Trazo.

El diseño definitivo es el resultado de los análisis de los estudios de cada uno de los elementos implicados en la solución de los posibles problemas que genera una ruta a seguir, talles como:

Afectaciones, instalaciones urbanas e inducidas, tránsito vehicular, condiciones del subsuelo, la topografía del terreno y las condiciones de operación del sistema (seguridad, velocidad y confort del pasajero).

Para cumplir principalmente con las condiciones de operación del sistema, el proyecto de trazo siempre se realiza con curvas que contrarrestan la fuerza centrífuga y con ello aseguran el confort deseado y la velocidad máxima permitida.

Las curvas que se utilizan en este tipo de proyecto son circulares simples, las cuales se utilizan cuando hay cambio de dirección de las tangentes y forman pequeñas deflexiones que permiten usar radios mínimos de dos mil metros, se utilizan curvas de transición, las cuales absorben la sobre elevación requerida.

Las curvas de transición se denominan curvas clotoides. La velocidad mínima de proyecto es de 60 kilómetros por hora y máxima de 80 kilómetros por hora, siendo el radio mínimo de 150 metros.

Las diferentes soluciones de trazo que se dan en las líneas, tienen como finalidad reducir o evitar afectaciones de predios baldíos y edificaciones; para este propósito se utilizan radios y velocidades menores a los mínimos, los cuales en general, no afectan la velocidad comercial de las líneas.

Para la intercomunicación de líneas, ya sea para abastecer de trenes a estas o para la conducción de trenes averiados hacia los talleres, se utilizan vías de enlace.

El trazo en la zona de estación siempre se proyecta en tangente, por razones de seguridad para los usuarios que ascienden y descienden de convoy.

Para el cambio de vía, se utilizan aparatos de vía, que son piezas moldeadas que deben localizarse en zonas tangentes y sus características geométricas obedecen a la condicionantes de las zonas en donde se realice el cambio, sea este en tramo o en zona de maniobras.

En la definición del trazo también se considera el mantenimiento y el desgaste de las vías; con ese propósito se deja entre cada curva, una tangente mínima de 16 metros y solo en pocas ocasiones se ha utilizado un mínimo de 11 metros.

II.1.2.- Perfil

El proyecto vertical, es parte fundamental del análisis geométrico de las líneas del metro. Para su definición, es necesario considerar las diferentes instalaciones existentes o futuras; también se toma en cuenta el confort de los usuarios, la conservación del material rodante y facilidad de las etapas de construcción.

En el proyecto de perfil se toman en cuenta las pendientes mínimas y máximas que deben existir en las diferentes zonas de la línea, tales como. Estaciones, tramos, aparatos de vía, enlace e instalaciones de revisión.

La pendiente mínima por drenaje es del 0.2 por ciento en solución subterránea y superficial, ya que permite drenar transversal y longitudinalmente. Cabe aclarar que se utilizan pendientes hasta de siete por ciento, de manera puntual, en el tramo poniente de la línea 1 en la interestación Tacubaya – Observatorio.

El enlace de pendientes se hace por medio de una curva vertical parabólica de transición, su radio de curvatura es de 2500 metros para una velocidad de 80 kilómetros por hora, y solo en casos especiales se utiliza un radio mínimo de 1250 metros.

Los espesores especificados entre la subrasante y la rasante varían de acuerdo a la solución superficial, el espesor recomendable es de 65 centímetros considerando la fijación sobre balasto y durmientes; para el caso de la solución subterránea y con el mismo tipo de fijación, dicho espesor es de 75 centímetros.

II.1.3.- Gálibos

El proyecto es el resultado del estudio de los espacios requeridos para la operación dinámica del tren. Se consideran diferentes gálibos mínimos, según las diversas zonas: estación, tramos, colas, naves de depósito, talleres, vías de enlace, curvas, fosas de revisión e instalaciones especiales (vías Z y vías Y).

En la estructura que alojara el paso de los vehículos del Metro, se incluyen espacios (nichos) para colocar equipos especiales electromecánicos, de sistemas de vía e hidráulicos y para la protección del personal de mantenimiento.

Para cada línea, se estudian las dimensiones mínimas del galibo, tomando en cuenta la ubicación de las instalaciones electromecánicas, eléctrica, electrónica, hidráulicas, dimensiones de durmientes, así como la estabilidad de la sección durante la construcción y el comportamiento de la estructura ante las cargas que transmite el terreno.

De acuerdo a las características propias del material rodante, incluyendo su galibo estático y dinámico, se ha considerado una sobre elevación máxima de 16 centímetros, para un radio mínimo de 150 metros.

II.2.- MECÁNICA DE SUELOS

El comportamiento del subsuelo antes, durante y después de ser afectado por la construcción de las estructuras del Metro, es tomado en cuenta en forma prioritaria para su proyecto.

El subsuelo del Valle de México ha sido zonificado en tres grandes zonas, en correspondencia a sus características mecánicas:

II.2.1.- Zona de lago

Es la que corresponde al subsuelo constituido por significativos estratos de arcilla blanda, azolve de origen volcánico depositado en el fondo de los antiguos lagos del Valle de México. En ella se funda y crece la Ciudad de México, por lo que el trazo de las tres primeras líneas, así como el de las futuras, se encuentran inmersas en ella. Es necesario recordar, que el subsuelo de las calles, es la única vía disponible para el Metro, pues fuera de ellas causarían graves afectaciones a lo largo del trazo.

II.2.2.- Zona de lomas

Está constituida por suelos firmes de origen piroplástico.

II.2.3.- Zonas de transición

Arcilla blanda y mezclas de arenas con limo, producto de los depósitos fluviales de ríos y arroyos provenientes de las serranías que circundaban al Valle.

El trazo de la línea 1, en su extremo poniente, penetra en las dos últimas zonas; La de Lomas ofrece un suelo semejante a los de la mayoría de los metros, cuyas estructuras subterráneas se han realizado con técnicas conocidas reiteradamente comprobadas como satisfactorias.

Con base en lo anterior y de acuerdo con el anteproyecto de trazo y perfil de las líneas de Metro, la importancia y las características de las estructuras existentes en la zona, o la tecnología disponible, se diseñan campañas de exploración del subsuelo a 15, 30 y en ocasiones hasta 50 metros de profundidad, obteniéndose muestras con el perinómetro de caña partida o el tubo Shelby. Los ensayos de laboratorio, entre otros, incluyen pruebas de corte directo, y comprensión no confinada, que aportan con precisión razonable, las propiedades del subsuelo.

Procedimientos Constructivos. Las excavaciones hechas a cielo abierto en la zona de Transición Alta y las que se efectúan en las zonas de Lago y Transición Baja, han permitido analizar las diversas condiciones geotécnicas del subsuelo del Valle de México y definir criterios de diseño y construcción.

II.2.3.a.-Zona de transición alta.

En este suelo se ha llevado a cabo excavaciones en suelos lacustres y aluviales altamente preconsolidados.

En el caso de las tobas y materiales de transición alta, las excavaciones se llevan a

cabo, mediante cortes de acuerdo a los requerimientos de estabilidad de taludes o en ocasiones se recurre al uso de anclas para garantizar la estabilidad del corte; es el caso de los llevados a cabo en el área de Tacubaya por la línea 1 del Metro, con excavaciones a más de 15 metros de profundidad y la presencia de edificios aledaños de más de cuatro niveles cimentado por superficie.

En general los tramos se constituyen por una losa de cimentación, con muros divisorios. La estructura del tramo debe de montarse a poca profundidad (1.50 metros aproximadamente) con lo que se simplifica de manera sustancial el proceso de excavación y construcción.

En la línea 2 Sur, el sistema de vía se desplanta sobre balasto y las terracerías que antaño empleó el sistema de tranvías. En esta línea, podrán sufrir ondulaciones, causadas principalmente por la existencia de las estructuras de pasos a desnivel subterráneos.

II.2.3.b.-Excavaciones en las zonas de lago y de transición baja.

Dadas las características de baja resistencia y alta compresibilidad que presentan estos depósitos de suelo, se requiere la evaluación de mayor número de factores que en el caso anterior, por que se considera además de la estabilidad de los cortes, las expansiones por efecto de la descarga durante la excavación, la estabilidad del fondo, la presión de tierras a las estructuras de contención y los efectos del agua del subsuelo.

II.2.3.b.1 Estabilidad de los cortes.

En los casos en que se tiene espacio transversal suficiente, como en la Calzada Ignacio Zaragoza de la línea 1 o bien para la mayoría de los casos del frente de avance de la excavación del cajón subterráneo y las zonas de vestíbulos de las estaciones, la estabilidad de taludes en materiales arcillosos, no se mejora con inclinaciones menores a los 53 grados con respecto a la horizontal, a pesar de la existencia de un manto superficial más o menos heterogéneo.

La evaluación de la seguridad de los taludes, se han hecho a partir de lo indicado por la teoría, habiéndose retroalimentado por la observación de su comportamiento. De este modo, se hacen análisis del factor de seguridad para mecanismo de rotación, deslizamiento y de extrusión de lentes de poco espesor de significativa menor resistencia con respecto a los estratos restantes. Este último caso, se presenta de manera eventual en la estratigrafía del Valle de México.

En todos los casos se implementa un sistema de bombeo a base de pozos perforados tanto en la etapa a excavar, como en el desarrollo del talud y en la longitud de sus superficies potenciales de deslizamiento, procedimiento que han demostrado ampliamente su eficiencia.

II.2.3.b.2 Expansiones inmediatas.

La evaluación de ese fenómeno, es de suma importancia para limitar la magnitud de los efectos de recuperación sobre las estructuras aledañas a la obra, se lleva a cabo mediante una secuencia, que permite la recuperación de carga especificada.

II.2.3.b.3 Estabilidad el fondo.

Para las excavaciones ademas, es necesario revisar las condiciones de estabilidad del fondo, se toman en cuenta además de las propiedades del subsuelo, el peso de las estructuras colindantes a la obra y sus tolerancias de deformación, la dimensión de las etapas de excavación a considerar y la secuencia de apuntalamiento recomendada.

II.2.3.b.4 Empujes de tierras.

En el caso en que las limitaciones de espacio llevan al uso de una estructura de contención, se han usado de manera genérica muros tablestaca colocado en el sitio para la excavación del cajón del metro o para el desvío de obras inducidas, elementos de acero y madera formando una pared (muro Berlín). En ambos casos, se han usado troqueles metálicos, colocados a diferentes profundidades. Los empujes considerados para el diseño de estos elementos, son envolventes empíricas de acuerdo con las mediciones efectuadas para este tipo de estructuras.

II.2.3.b.5 Efectos del agua subterránea.

Durante el diseño de las excavaciones se revisa que la subpresión de estratos permeables que subyacen, a la profundidad máxima de excavación, no genere una condición de inestabilidad, así como también, el efecto de la presión hidráulica en el deslizamiento de taludes a través de estratos permeables.

II.3.- SOLUCIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LINEAS DE METRO

El proyecto vertical, parte integrante del análisis geométrico en las líneas del Metro de la Ciudad de México, es el que define la posición que deberá tener el perfil para librar las diferentes interferencias existentes, y plantea las necesidades para las obras futuras. Deberá tomarse en cuenta que el proyecto proporcione confort al usuario, conservación del material rodante y facilidad en las etapas constructivas.

Para estudiar y definir el tipo de solución óptima se requiere la siguiente información:

1. Trazo
2. Perfil estratigráfico sobre el trazo
3. Instalaciones municipales como son los colectores y tuberías de agua potable
4. Líneas eléctricas de alto voltaje de la Comisión Federal de Electricidad
5. Ductos de Petróleos Mexicanos
6. Cruce con líneas del Metro actuales y futuras
7. Vías de ferrocarril
8. Soluciones viales

En la decisión del tipo de solución, es necesaria la intervención de las diferentes especialidades, ya que en conjunto se determina la más conveniente para cada tramo.

Existen cinco tipos de solución:

1. Estructuras superficiales en línea
2. Estructuras superficiales mixtas
3. Viaducto elevado
4. Cajón subterráneo
5. Estructura en Túnel

Elevadas las condiciones de estabilidad y deformaciones obtenidas para cada uno de los factores descritos con anterioridad, se define la geometría, secuencia, tiempos y las estructuras de apoyo para la etapa constructiva, así como la instrumentación a instalarse y los valores esperados en las mediciones hechas, de modo que se tengan elementos de juicio que permitan tomar decisiones oportunas durante la ejecución de la obra. Es de destacarse que las condiciones de baja resistencia y rigidez, el comportamiento visco-plástico de la arcilla del Valle de México y la existencia de variaciones estratigráficas, hacen muy compleja su evaluación, por lo que los diseños constructivos, económicamente aceptables, deben ser estudiados con una amplia meticulosidad, para garantizar la estabilidad de la obra.

II.3.1.- Estructuras superficiales en línea “.

En general los tramos se constituyen por una losa de cimentación, los muretes divisorios con la vialidad y el sistema de vía.

Las estructuras para alojar las vías del Metro, prácticamente son desplantadas sobre el terreno y el derecho de vía facilita las maniobras durante el proceso de construcción.

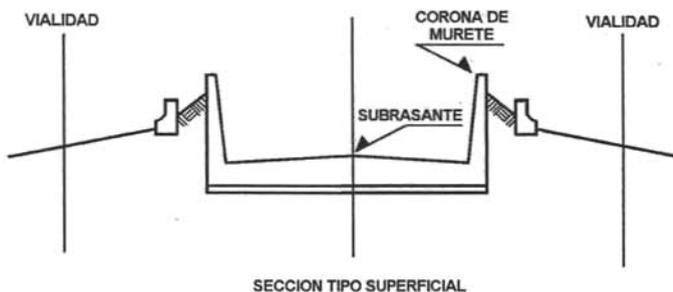


Figura II-1

La excavación de los tramos es mínima y la estructura consiste en muretes de concreto reforzado desplantados en zapatas corridas. En cuanto a las estaciones, no obstante que la losa de fondo es superficial, requiere rigidarse mediante contratraveses, debido a las concentraciones de carga inducida por las cubiertas, las cuales están conformadas por elementos precolados o de lámina, sobre estructuras metálicas. En algunos casos, se tiene un eje de carga con columnas al centro del andén con la cubierta en doble coladizo y en otros se soluciona con ejes de carga en los bordes longitudinales o en ejes intermedios de ésta. Las estaciones cuentan con vestíbulos intermedios, estructurados con sistemas de piso a base de precolados de concreto o de materiales ligeros, apoyados sobre estructura metálica.

Las casetas de acceso a las estaciones se ubican en predios aledaños a la estación, siendo edificaciones de dos niveles y estructuradas en su mayoría por losas y marcos metálicos. Las pasarelas de comunicación entre los edificios de acceso y la estación, se resuelven con elementos metálicos y con sistemas de piso a base de prefabricados.

II.3.2.- Análisis y diseño.

El análisis estructural de las selecciones en tajo se realiza para las condiciones finales de servicio, considerando el peso de los muretes, los empujes del suelo en la zona influencia de estos, así como las acciones provocadas por las instalaciones y las cargas de los trenes de operación mantenimiento sobre la losa de fondo , tomando en cuenta la interacción suelo-estructura.

Los tramos superficiales fueron desplantados en la terracerías de los antiguos tranvías, mejorando el suelo.

En el caso de las estaciones se realiza el análisis de las estructuras que la forman, considerándose las acciones permanentes, variables y accidentales para cada condición en particular y la combinación de éstas. De acuerdo con su ubicación en la Ciudad de México, se le asignó el coeficiente sísmico correspondiente a cada zona estratigráfica con su respectivo factor de comportamiento sísmico, en función de su estructuración y para cada dirección. El concreto utilizado en esta primera etapa tiene una resistencia a la compresión de 200 kilogramos por centímetro cuadrado.

II.4.- ESTRUCTURAS SUPERFICIALES MIXTAS

II.4.1.- Concepción arquitectónica.

Si bien en la primera etapa se proyectan estaciones superficiales en la línea 2 (calzada de Tlalpan), las correspondientes a las líneas 3 (Insurgentes Norte) y 5 (Circuito Interior), de esta etapa, se diseñan con vestíbulos subterráneos, que reduce la superficie construida entre un 25 y un 30 por ciento, respecto a una estación subterránea convencional.

II.4.2.- Diseño estructural.

En las líneas de superficie la sección del tramo cambia; se tiene una excavación donde se desplanta una losa de fondo y muretes laterales de protección en U.

En cuando a las estaciones, el criterio arquitectónico establece un vestíbulo subterráneo, que forma un cajón cuyo techo es la losa de apoyo de las vías. La losa de cimentación y la mencionada losa de apoyo de las vías, así como las del vestíbulo, son losas planas apoyadas en los muros perimetrales y en un eje intermedio de columnas. La excavación, para dar el nivel de desplante de la losa, dada su poca profundidad, se resuelve a base de taludes.

II.5.- VIADUCTO ELEVADO

II.5.1.- Línea 4

La importancia de seguir densificando con líneas de Metro la zona central de la ciudad, dado el incremento de la demanda, definió esta línea para que, desde el norte de la ciudad, penetrara por la calle de Brasil, cruzara el Zócalo en dirección sureste, para seguir por la calle Corregidora, hacia el oriente, aprovechando las preparaciones en línea 2.

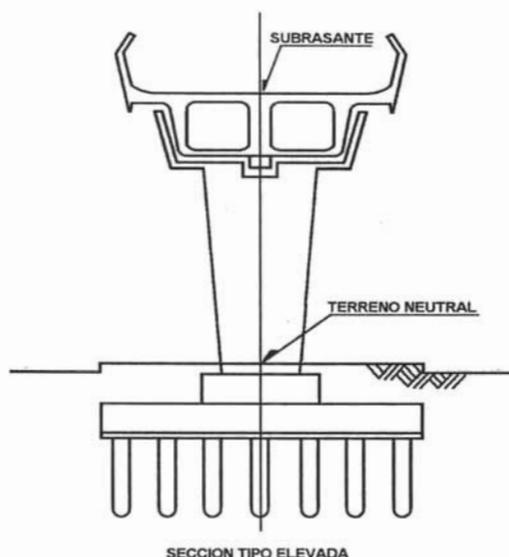


Figura II-2

Sin embargo, ante la determinación de no entrar nuevamente al Zócalo, la autoridad sugirió una línea paralela norte-sur, que utilizara las avenidas Inguarán y Morazán, para recoger el flujo de la zona norte de Villa de Guadalupe, penetrando hacia el sur, hasta Santa Anita. Se determinó que el tipo de línea fuera elevada constituyéndose así 9.4 kilómetros mas en la red

II.5.2.- Mecánica de suelos

El corte estratigráfico que se presenta a lo largo de la línea, se puede resumir de la siguiente manera: depósitos de suelos formados por grandes espesores de materiales de alta compresibilidad y baja resistencia al corte con intercalaciones de estratos de poco espesor, pero de mayor resistencia y muy baja compresibilidad, presencia de hundimiento regional diferencial y acción sísmica sobre las estructuras a cimentar.

En estas condiciones, el tipo de cimentación diseñado es el que en nuestro ambiente geológico ha demostrado su bondad y que esta conformado por pilotes de fricción rematados en su parte superior, por una losa que posee capacidad para tomar presiones de contacto.

II.5.3.- Diseño de cimentación

Requiere una evaluación tanto para resistencia, como para deformaciones; su definición debe ser cuidadosamente estudiada de modo de no generar efectos indeseables para ninguna de las dos condiciones, a saber: la distribución en planta, y el numero y longitud de los pilotes a utilizar para satisfacer la estabilidad de la cimentación bajo condición de carga permanente, considerando el importante incremento derivado de la acción sísmica. Por otro lado, esto no debe conllevar un incremento en el número de

pilotes, ya que si bien por carga permanente, la deformación puede ser relativamente baja, al considerar la condición de hundimiento regional, se puede presentar una emersión aparente referente a la cimentación de los predios vecinos.

Las estructuras elevadas construidas bajo este criterio han demostrado su bondad en el comportamiento, aun bajo condiciones tan severas como los sismos de Septiembre de 1985; sin embargo uno de los aspectos que ha demostrado la necesidad de herramientas mas detalladas de estas cimentaciones, es la determinación de la capacidad de carga de las lentes intercaladas, que en ocasiones han generado un comportamiento diferencial con respecto al terreno circunvecino.

II.5.4.-Diseño estructural

La estructura de tramo esta resuelta mediante traveses postensados de sección cajón colado en sitio, formado por tres nervaduras, con volados a los lados. Las dimensiones de las traveses, de tramos son de ocho metros de ancho en la parte superior, 5.55 metros en la inferior y 2.20 metros de peralte total. En cada extremo hay un diafragma extremo de 80 centímetros de espesor con la finalidad de mejorar la rigidez de la traves.

En las estaciones, el cajón está formado por cuatro nervaduras, que suman 14.50 metros de ancho en la parte superior para dar cabida a dos andenes laterales, y en la parte inferior tiene un ancho de 8.96 metros; las cuatro nervaduras del cajón están unidas por cuatro diafragmas intermedios y dos extremos. El peralte de la traves se mantiene en 2.20 metros.

Las traveses se apoyan sobre un eje central de columnas, que tiene por objeto proporcionar el mayor número de carriles en la sección de la vialidad coincidente con la línea. Los claros en tramos varían de 18 a 42.50 metros, si bien el mas repetitivo es de 35 metros mientras que en las estaciones los claros tienen 25 metros. Las dimensiones de las columnas en su extremo superior están regidas por los espacios entre las cabezas de las traveses, para poder postensarlas y por la separación entre apoyos de neopreno los cuales se encuentran orientados en dirección perpendicular a la línea, para tomar el momento de volteo producido por el sismo. La sección en la base de la columna se define por requisitos de resistencia, resultando una columna de sección variable.

Se utilizan apoyos de neopreno para transferir las cargas verticales, la rotación y las deformaciones horizontales que se presentan. Se consideran siempre que en uno de los extremos de la traves, el apoyo debe ser articulado, y en el otro debe ser simple.

La transmisión de la fuerza cortante en dirección transversal a la línea, se logra mediante un dentellón que sobresale de los diafragmas extremos de las traveses y encaja en una preparación dejada al colar las columnas. Para evitar la caída de una traves en dirección longitudinal durante los eventos sísmicos, la longitudinal de apoyo se prolonga 50 centímetros por medio de ménsulas y se utilizan barras de acero para unir una traves con otra.

Se prevén preparaciones en todas las traveses para colocar gatos hidráulicos planos

entra trabe y columna par aun eventual cambio de apoyos de neopreno durante la vida de la estructura, así como para colocar cables de preesfuerzo adicionales, que puedan requerirse en caso de una relajación excesiva del acero de preesfuerzo original.

Debido a que la totalidad de la estructura se ubica dentro de la zona III (terreno comprensible), según clasificación del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y considerando la importancia que reviste el hundimiento regional en el Valle de México, la cimentación está resuelta mediante zapatas con pilotes de fricción de dimensiones tales que siguen el hundimiento regional. En las esquinas de las zapatas se prevén preparaciones para utilizar pilotes de control, en caso necesario.

Análisis y daño en tramos y estaciones. Las solicitaciones para el análisis de la estructura son las siguientes.

- a) Carga muerta. Considera el peso propio, el sistema de rodamiento, así como las cargas adicionales sobre la trabe, como muretes, parapetos, andenes y cubierta, en el caso de las estaciones, (instalaciones de obra civil y "fijas")
- b) Carga viva. Es la proveniente del tren de operación y del tren de mantenimiento con o sin impacto para las diversas combinaciones. Para la valuación de las fuerzas horizontales se toman en cuenta los efectos dinámicos causados por los trenes como son el frenaje, la aceleración, el cabeceo y la fuerza centrífuga en curvas.
- c) Cargas accidentales. Las cargas accidentales provocadas por si mismo, se toma en cuenta por el efecto que la inercia rotacional de la masa superior induce a la estructura, asimismo se considera la influencia que ejerce la interacción suelo-estructura en la evaluación de los periodos naturales de vibración y por lo tanto, en la respuesta sísmica. El viento, en este caso, no es una carga dominante.

El análisis estructural de las trabes se realiza considerándolas como estructuras isostáticas libremente apoyadas en las columnas. Se analizan en el sentido longitudinal y en transversal, considerando las diferentes posiciones de los trenes para producir los esfuerzos más desfavorables para cada sección.

La estimación de las fuerzas sísmicas a las que se sujeta la estructura, se realiza mediante los análisis estático y dinámico, de acuerdo con Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal considerando las posiciones más críticas de los trenes para las distintas combinaciones de carga. El análisis sísmico se realiza idealizando la estructura como un péndulo invertido, considerándose la inercia rotacional que la masa superior induce a la estructura. El modelo dinámico analizado, considera también la influencia que ejerce la interacción suelo estructura en la evaluación de los periodos naturales de vibración y por lo tanto, en la respuesta sísmica.

Para el diseño de los pilotes, se toman en cuenta las siguientes condiciones: izaje, transportación, almacenaje e hincado, además de las condiciones de servicio que incluyen entre otras: la carga axial, cortante y flexión inducidas por las cargas horizontales de los trenes y por el sismo. Con la envolvente de los diferentes elementos

mecánicos obtenidos para las combinaciones de carga se procede al diseño.

Las columnas se diseñan para la acción combinada de carga axial y flexión en dos direcciones, así como fuerza cortante, provocada por la acción de la combinación de cargas muerta, vivas y sismo consideradas en el análisis. La sección crítica de diseño resulta la del desplante de la columna. Debido a que la columna está en voladizo, se toma en cuenta el incremento de esfuerzos por esbeltez.

El concreto utilizado es de 250 kilogramos por centímetro cuadrado de resistencia a la compresión en zapatas y columnas, y 350 kilogramos por centímetro cuadrado de resistencia a la compresión de trabes.

II.5.5.- Proyecto arquitectónico.

Tanto el concepto funcional, como el diseño arquitectónico de las estaciones están condicionados por las características constructivas de la línea; éstas a su vez, son determinadas por el entorno urbano, y por la oportunidad que se presenta para conformar un eje vial paralelo a la línea del "Metro".

El diseño crea un volumen armónico e impactante que cumple con la premisa establecida, de no interrumpir la visual a nivel de banqueta y por otra parte, se logra una concepción formal que reduce la pesantez intrínseca del "Metro".

Para lograr lo anterior se proyectan las estaciones apoyadas en columnas a cada 25 metros sobre el eje del trazo mismas que reciben, mediante un cabezal, las "trabes-cajón" postensadas que alojan las vías y andenes laterales; los muros y techo se resuelven con marcos de acero y paneles prefabricados.

El volumen así concebido, evoca la naturaleza dinámica del "Metro" y busca evitar la rigidez en las fachadas las cuales se rematan en los extremos con superficies inclinadas que resuelven la articulación con los tramos.

Dos pasarelas perpendiculares a los andenes conectan con los accesos, resueltos en casetas en ambos lados del eje vial, estos elementos mantienen el criterio de diseño de la estación. La iluminación y la ventilación natural se tienen mediante dos ventanas longitudinales en sus fachadas y un domo de cañón corrido en la cumbrera de la techumbre.

El cambio de andén se realiza mediante dos pasarelas diseñadas para un tránsito reducido, ya que la opción direccional se puede hacer a nivel de calle, al cambio de la luz de los semáforos. Dichas pasarelas se ubican en las cabeceras de la estación, sobreelevando la techumbre, ya que es necesario librar por arriba el gálibo de los trenes. Este criterio formal genera un prototipo para las siete estaciones elevadas de esta línea.

II.6.- EL CAJON SUBTERRANEO

La solución del proceso constructivo del cajón subterráneo a cielo abierto encontrada, tras varios años de estudio para los tramos y estaciones del Metro, es la llave que abre la factibilidad para dotar a la Ciudad de México con el sistema de transporte colectivo

subterráneo, habida de cuenta que las experiencias en investigación del campo y laboratorio del subsuelo han permitido construir estructuras subterráneas habitables, estables y estas vías y garantizar su implantación, con tecnología de punta en los trenes en equipos e instalaciones,

La estructura de cajón que alcanza 32.2 kilómetros de longitud en la primera etapa, es el tronco de una red prevista para extenderse ahí donde a futuro se presente la demanda. La realización previa, a nivel laboratorio de una sección del cajón en un modelo una a uno, se hace necesaria como la base de garantía para que esa nueva estructura de la ciudad corresponda a su tercera fundación y resulte sólida y estable, expuesta como esta a las características casi líquidas del subsuelo, a los efectos de los sismos y al tráfico continuo y pesado de la ciudad.

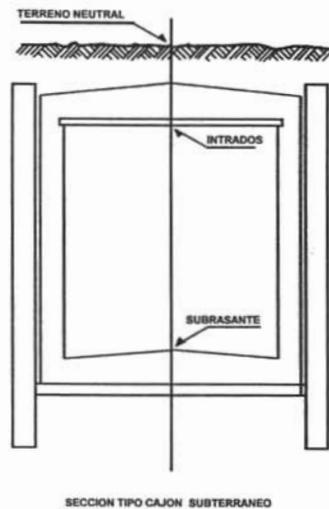


Figura II-3

II.6.1.- Cajón de tramo.

El elemento fundamental en el sistema de transporte masivo, tipo ferrocarril metropolitano, de la ciudad de México, es la estructura para las partes de la línea subterránea superficial, que conecta dos estaciones cualesquiera, a la que se ha hecho costumbre designar como el "cajón".

Toda resolución que se ha tomado en el "cajón" ha sido sustento inmediato, debidamente extrapolada, para resolver los problemas correspondientes del resto de la línea, básicamente las estaciones.

El proyecto y la construcción en el año de 1960 del paso a desnivel para vehículo, en la Avenida Fray Servando Teresa de Mier, que cruza las avenidas Pino Suárez y 20 de Noviembre, en el centro de la ciudad, de la oportunidad de reunir algunas observaciones:

La estructura subterránea de sección rectangular, con una longitud, con continuidad en cada uno de los nudos, se comporta satisfactoriamente.

El problema de flotación de la estructura queda resuelto, con una sobrecompensación entre una y dos toneladas por metro cuadrado.

El sistema de bombeo electrocosmótica, que por primera vez se usa en nuestro país en esa obra, permitió reducir importantemente el efecto expansivo de las arcillas del suelo y el tiempo de abatimiento del nivel freático, con lo cual el proceso de excavación se puede realizar con mayor eficiencia, derivada de mayor longitud de los tramos de avance y de menor inclinación de los taludes

No obstante que el método de excavación es de carácter convencional a base de taludes, sin tablestaca lateral, el proceso de bombeo mencionado no afecta las construcciones vecinas, apoyadas en cimentaciones relativamente profundas.

II.6.2.- Geometría del “cajón”.

El “cajón” es un estructura rectangular de gálibos internos, horizontal y vertical, suficientes en los tramos en tangente y en curva, que permita la circulación del material rodante, con la debida seguridad, sobre el sistema de vía.

Las dimensiones de esta estructura son mayores en la sección en curva como consecuencia de la secante de cada carro, con ello se obtiene la sobre elevación que conserva en equilibrio dinámico al tren, bajo acción de la fuerza centrífuga.

Estos aspectos son de fundamental importancia por que definen, como es lógico, el grado de curvatura en el trazo de una línea y la velocidad del tren en cada curva, que influye en la velocidad comercial.

La estructura de concreto reforzado, se analiza y diseña con continuidad en los cuatro nudos, así mismo se determinará que cada uno de los elementos estructurales, losa de cimentación, muros y la losa de techo sean colocados en sitio.

El peso de la estructura exige que dicho elementos sean de mayor espesor de lo que estrictamente se requiere por efecto de resistencia estructural, para tener una sobre compensación de entre 1 y 1.5 por metro cuadrado que pretende resolver el problema de flotación de la estructura y de esta manera lograr que los hundimientos diferenciales no causen una variación de la pendiente longitudinal, para no afectar la operación del equipo rodante.

II.6.3.- Tipos de cajón.

II.6.3.1.- El cajón pesado.

En aquellos casos en que por efecto de la profundidad requerida por la excavaron y la naturaleza del subsuelo”, se decide usar el muro para alcanzar la sobre compensación establecida durante el proceso constructivo, para ello realiza un trabajo de tablestaca y posterior a la construcción interna de la estructura, quedar debidamente conectado con

ella, para servir de lastre. La estructura se integra con ambas losas, superior e inferior y con sus propios muros. Este "cajón" también se llama de muros de acompañamiento.

II.6.3.2.- El cajón ligero.

En los tramos en que no es necesario disponer de lastres adicionales, para tener la sobre compensación, el muro colocado en sitio, se prevé como parte integrante de la estructura formada por dos muros laterales estructurales colocados en sitio, la losa de cimentación y la losa de techo.

II.7.- ESTRUCTURA EN TÚNEL.

La estructura en túnel representa la solución profunda en la primera etapa y tiene la ventaja de que provoca un mínimo de obras inducidas adicionales, además de que su construcción no interfiere con las vialidades donde su ubica el trazo. Su geometría esta determinada, en la definición de lo gálibos mínimos que consideran el paso de los carros del Metro, sus instalaciones para la operación y mantenimiento; así como las características y comportamiento del suelo en la zona del túnel; los procedimientos constructivos para la excavación y el comportamiento a corto y largo plazos del revestimiento de la selección transversal y a las necesidades del perfil del trazo de la línea.

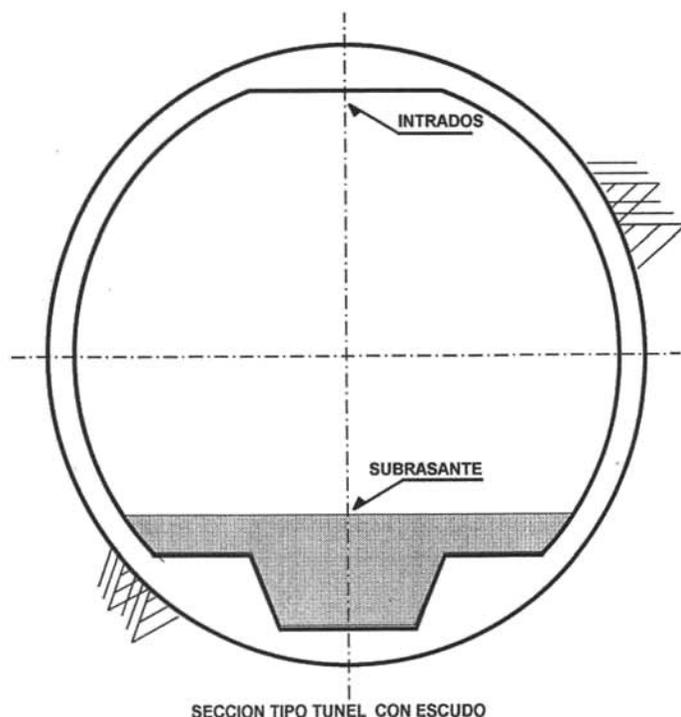


Figura II-4

El método de construcción consiste en el uso de un escudo de frente abierto que sirve como ademe temporal y al mismo tiempo permite colocar dovelas prefabricadas de concreto reforzado conforme avanza la excavación, las cuales funcionan como revestimiento definitivo.

II.75.1.- Análisis y diseño.

Para el diseño del revestimiento generalmente se utiliza el método de Trzaghi para valuar las cargas verticales, dadas las características del suelo y las propiedades de la sección del túnel, varían de 12 a 22 toneladas por metro cuadrado obteniéndose las cargas mayores en las zonas donde el suelo tiene poca cohesión y donde se presenta el mayor tirante sobre la clave.

Para el análisis estructural del túnel se discretiza a la sección en pequeñas dovelas rectas que simulan la geometría curva de la sección, aplicando a este modelo la acción de las cargas descritas, sumándose el peso propio de la estructura. Este modelo se soluciona mediante el empleo de métodos y programas de cómputo reconocidos.

Se plantean modelos de análisis los cuales, consideran la interacción suelo-estructura, definiéndose las propiedades de los elementos que representan al suelo en función de las propiedades reales de deformabilidad de éste. El análisis, permite interpretar el estado de cargas del suelo sobre la estructura.

Una vez obtenidos del análisis los elementos mecánicos, se procede al diseño del revestimiento definitivo aplicando el criterio de diseño por carga última para elementos de concreto reforzado a flexo compresión, de acuerdo con los lineamientos estipulados en las especificaciones y reglamentos mencionados.

III.7.2.- Revestimiento del túnel.

El revestimiento consiste en la colocación de anillos formados con dovelas prefabricadas de concreto hidráulico de 25 centímetros. De espesor, con una resistencia a la compresión de 350 kilogramos por centímetro cuadrado, reforzadas con acero. Estos anillos tienen la función de ir adecuando la excavación y quedan, finalmente, como el revestimiento definitivo del túnel. Para tal fin se usa un escudo que permite colocar anillos de ademe formados por tres dovelas unidas con un colado adicional y una articulación en la clave.

Estructura subterránea en túnel en zona de transición. Es para excavar el túnel de doble vía con diámetro interior de 8.5 metros, correspondiente al trazo de línea 1, en un tramo inmediato a la Estación Tacubaya, localizado en suelos de la Zona de Transición, formado por limos arenosos y arenas limosas compactas, depositadas en el abanico fluvial del Río Tacubaya, cubiertos por una delgada capa de arcilla lacustre de la costra superficial; se diseña y construye en México, un escudo de frente abierto que se excava con herramienta neumática manual.

Con el propósito de darle al escudo la maniobrabilidad suficiente para seguir curvas de radio menor de 150 metros, y con doble curvatura horizontal y vertical, la longitud del escudo es bastante menor que su diámetro, lo que lo hace uno de los escudos más esbeltos del mundo. Previamente al inicio de la excavación, se abate el nivel freático

mediante pozos profundos con bombas eyectoras, para evitar filtraciones de agua hacia el interior del túnel, durante la construcción. Un dato adicional interesante es que la profundidad de la clave del túnel con respecto a la calle es ligeramente menor que el diámetro exterior del escudo; es decir, que se trata de un túnel somero.

El revestimiento único del túnel esta formado por tres segmentos de concreto prefabricado, expandibles lo cual permite establecer el contacto entre el revestimiento y el terreno inmediatamente sale de la cola del escudo. La expansión oportuna del revestimiento reduce el asentamiento de la superficie a valores menores de cuatro centímetros en la superficie de los suelos de transición.

Túneles. La línea 7 del Metro es la única construida totalmente en túneles profundos alojados, en su parte sur, en las tobas de la formación Tarango. Tanto los tramos como las estaciones se excavan por el método de tuneleo convencional, utilizando concreto lanzado como revestimiento primario, y concreto lanzado, en las bóvedas semicilíndricas y de concreto hidráulico en los elementos rectos de la parte inferior de revestimiento, todo ello en dos de las estaciones excavadas en túnel completo de 15.5 metros de diámetro. La mayor parte de las estaciones de esta línea se excavan en dobles túneles secantes, apoyados al centro de la sección por un muro divisorio. En todos los casos es una sección transversal de los túneles en forma de herradura, con el fondo plano.

La construcción de estos túneles constituyó un campo de aplicación ideal de las experiencias ganadas durante la construcción del Drenaje Profundo del Distrito Federal, en cuyas excavaciones realizadas en las ya mencionadas tobas Tarango y en los depósitos fluviales, se usó extensamente el concreto lanzado como revestimiento primario, sin el empleo de anclas radiales como refuerzo sistemático del terreno.

A su vez, la línea 7 aportó nuevas experiencias, aplicables no solamente a este tipo de formación geológica, sino también a otros materiales, como los que existen en el caso del Metro de Monterrey, Nuevo León, y los túneles viales de Santa Fe en el Distrito Federal, que cruzan bajo la carretera a Toluca. Los aspectos sobresalientes de esta experiencia de la línea 7 se resumen a continuación:

Se desarrolló el concepto de bóveda estructural de concreto lanzado, apoyada sobre zapatas longitudinales, como sustituto del anclaje sistemático del terreno sobre el techo de la cavidad excavada; este último, concepto básico del método austriaco, con el cual se inicia la construcción de la línea 7.

Se confirmó la posibilidad de usar una bóveda de concreto lanzado, de espesores adecuados para el revestimiento primario, así como para el recubrimiento definitivo del túnel, aún para las cavidades de gran diámetro de las estaciones Barranca del Muerto, Mixcoac y Camarones.

Se desarrolló un modelo para el análisis del equilibrio del frente de la excavación, basado en un mecanismo de falla simplificado, deducido de la observación de la realidad, apoyada en mediciones de los desplazamientos del subsuelo, efectuadas

durante la construcción de la línea 7, en un buen número de sitios de la obra donde se utilizaron instrumentos de precisión.

El empleo de este modelo permitió definir el factor de seguridad contra colapso del frente del túnel, en cualquier tipo de suelos y con cualquier procedimiento de excavación, incluyendo el escudo. De esta manera, se puede elegir y diseñar, racionalmente, el método de ataque mas adecuado para la excavación del frente.

El tramo norte se encuentra alojado en depósitos fluviales de la zona de transición, ubicados entre la zona de lomas, tobas Tarango, y la toma de lago,, arcillas lacustres, excavando los tramos con un escudo de 8.50 metros de diámetro exterior, provisto de dos rozadores con su sistema de rezaga automatizado; las estaciones se excavan con el procedimiento austriaco, a sección completa, túneles gemelos o media sección desfasada con apoyo central.

II.7.3.- Conexiones de túneles.

Independientemente del proceso constructivo empleado en el túnel, es necesario implantar un sistema de anclaje en sitios puntuales bien definidos donde la geometría de los mismo llevan a esfuerzos mayores en la masa del suelo a fin de obtener un mayor grado de seguridad para la realización de la excavación; estos elementos auxiliares tienen por objeto:

- a. Formar "aureola" de anclas en los emportalamientos de los túneles de conexión, distribución, nichos y locales técnicos, adicionales a las trabes de borde de dichos emportalamientos.
- b. Formar el "encapillado" en la clave de los túneles, exclusivamente al cambiar estos de sección.

II.7.4.- Lumbreras.

Parte importante de las obras complementarios a la alineas en tunel profundo la constituyen la lumbreras distribuidas a lo largo de las mismas, con dimensiones de 10 metros de diámetro y a través de las cuales, durante el proceso de construcción se usan como instalaciones para la ventilación y en algunos casos, como en las estaciones Refinería, Camarones y Aquiles Serdan, como accesos definitivos de estas estaciones, con un diámetro de 22 metros. Los procedimientos seguidos para la excavación de estas lumbreras han sido mediante un avance primario anular de concreto lanzado, reforzado con malla electro soldada.

II.7.5.- Diseño estructural

Uso de la computación. Para el cálculo de la estructura, de las diferentes líneas que conforman este periodo, se aprovechan los programas de cómputo, como herramientas usuales. Estos programas están basados en la práctica común de la ingeniería y ofrecen, además de precisión, una gran velocidad de respuesta, lo que permite analizar varias opciones para optimizar cada diseño.

II.7.5.1.- Estructuras en túnel.

Representan la solución profunda para el Metro de la Ciudad de México y tienen la

ventaja de requerir un mínimo de obras tienen la ventaja de requerir un mínimo de obras inducidas adicionales, además de que su construcción no interfiere con las vialidades donde se ubica el trazo.

Para la definición de la geometría del túnel se estudian distintas alternativas de sección de acuerdo con el destino del túnel, considerándose desde geometrías pequeñas para los túneles de distribución o nichos, secciones intermedias para los túneles de tramo o estaciones con túneles gemelos, hasta grandes secciones como es el caso de túneles de estación o de una sección o sección doble con columna intermedia y túneles en zonas de transición de tramos.

III.7.5.2.- Procedimientos constructivos.

El método que se emplea para la construcción de estos túneles es el llamado método austriaco en el que se utilizan dos revestimientos de concreto, el primero a base de concreto lanzado, para estabilizar la construcción y el definitivo que junto con el anterior proporciona la estabilidad final y que puede ser concreto lanzado o colocado en sitio.

II.7.5.3.- Revestimiento de túneles.

En el caso de túneles construidos con el método austriaco, el revestimiento del túnel se realiza en dos etapas; en la etapa de excavación se coloca un revestimiento primario a base de concreto lanzado reforzado con mallas en el caso de la construcción de zonas puntuales de algunos túneles, se utiliza un ademe de madera apoyado en una estructura metálica rodada con la misma geometría del túnel. El revestimiento definitivo consiste en la adición de una sección de concreto hidráulico o lanzado, reforzada con parrillas de acero colocadas en las zonas donde lo requirió el diseño. La resistencia del concreto para el revestimiento definitivo fue de 200 a 250 kilogramos por centímetro cuadrado.

En el tramo norte de la línea 7 el revestimiento de los túneles construidos escudo se logra mediante anillos formados por dovelas prefabricadas de concreto hidráulico de 25 centímetros de espesor con una resistencia a la compresión de 350 kilogramos por centímetro cuadrado, reforzadas con acero. Estos anillos tienen la función de ir ademando la excavación y quedan, finalmente, como el revestimiento definitivo del túnel. Para tal fin se usa un escudo que permite colocar anillos formados por siete dovelas unidas con pernos.

II.7.6.- Estaciones.

Las estaciones con solución en túnel tienen diferentes procedimientos constructivos de acuerdo con el tipo de terreno, al perfil, al trazo y al procedimiento constructivo, que en todos los casos es el método austriaco.

Los diferentes tipos de solución planteados son:

- Estaciones con dos túneles gemelos independientes con diámetros normales (similares a los tramos), donde cada túnel aloja un andén y una vía.
- Estaciones con un túnel de una sola sección de gran diámetro para alojar los dos andenes y dos vías.
- Estaciones con túnel doble con un apoyo intermedio, en el que cada túnel aloja una vía y un andén.

En el caso del túnel doble, se realiza la excavación de uno de los, utilizando como ademe el revestimiento primario, reforzado con malla electro soldada. Una vez que se termina este, se procede a colocar el revestimiento definitivo que incluye el soporte intermedio, dejando preparaciones en la parte superior para recibir la bóveda del túnel adyacente y un tensor que se coloca antes de excavar el segundo túnel. El procedimiento de construcción para el segundo túnel y el tipo de revestimiento son similares al procedimiento del primero. Cuando el concreto del segundo túnel ha adquirido su resistencia de proyecto, se procede a retirar el tensor.

II.8.- REGLAMENTOS Y ESPECIFICACIONES.

Con objeto de contar con normas especificaciones que apoyadas en las experiencias satisfactorias obtenidas en el proyectos y construcción del Metro, las autoridades encomendó a ICA en 1985 la elaboración de las Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México.

Las especificaciones resultantes están concebidas para dar flexibilidad en su aplicación y quedan referidas, en cada tema particular a las normas y los reglamentos nacionales e internacionales que se encuentran vigentes en el tiempo con objeto de que sean fácilmente actualizables.

III.- LA OBRA ELECTROMECAÁNICA

III.1.- LA DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA

III.1.1.- Recepción en alta tensión

La energía eléctrica utilizada por la red del metro en las líneas 1, 2 y 3 es suministrada por un sistema trifásico a 60 hertz por la Compañía de Luz y Fuerza del centro (L. y F. C.) a la Subestación eléctrica de alta tensión en el Puesto Central de Control del Sistema de Transporte Colectivo a partir de las Subestaciones de Jamaica (Metro 1) y Nonoalco (Metro 2), por medio de dos cables trifásicos armados subterráneos e independientes entre sí, enfriados por aceite a presión.

Los cables subterráneos que alimentan en 85 KV el metro son armados y contenidos cada uno dentro de un tubo con aceite a presión; el aislamiento es a base de papel impregnado el calibre de los conductores es de 800 KCM y su capacidad es de 100 MVA.

La presión radial del aceite permite conservar la rigidez dieléctrica del aislamiento y el mismo aceite actúa como refrigerante del cable al hacerse circular entre las estaciones de bombeo instalados en las cabeceras de los cables el tubo de acero se protege de la corrosión y el deterioro con protección catódica.

La energía eléctrica utilizada en el metro de la ciudad de México es suministrada en 85 KV para las líneas 1, 2 y 3; en 23 KV para las líneas 4, 5, 6, 7, 9 y A y en 230 KV para las líneas 8 y B.

La semisubestación que se alimenta de Jamaica se le denomina semisubestación A y puede aislarse por accionamiento de un interruptor general llamado A 85.

La semisubestación que se alimenta de Nonoalco se le denomina semisubestación B y puede aislarse por accionamiento de un interruptor general llamado B 85.

Al ser alimentadas las Líneas 1, 2 y 3, a través de dos Subestaciones, disminuye la probabilidad de que el servicio se suspenda en su totalidad por falta de energía, ya que estas dos Subestaciones forman parte del anillo periférico que abastece y circunda a la Ciudad de México. Estas Líneas cuentan con un sistema de alimentación de emergencia mediante cuatro unidades Turbo jet instaladas en la Subestación Nonoalco y que utiliza el mismo cable de 85 KV que normalmente alimenta al P.C.C. con una capacidad de 74 MW.

Cada cable de 85 KV alimenta una Subestación de Alta Tensión en el P.C.C., que asegura el suministro de energía a la mitad de las instalaciones en las Líneas 1, 2 y 3. A estas Subestaciones de Alta Tensión se les denomina Subestación A y Subestación B; y cada una de ellas está formada por dos transformadores de 38.5 MVA con una relación de transformadores de 85 a 15 KV.

Para las Líneas 4, 5, 6, 7 y 9 y las ampliaciones de las Líneas 1, 2 y 3 la energía eléctrica es suministrada bajo un sistema trifásico recepción en 23 KV. a 60 Hertz por Subestaciones independientes de alta tensión de L. y F. C. que alimenta a través de cables monofásicos a las Subestaciones de Rectificación (S.R.) y a las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza (SAF).

En caso de falla de una de las subestaciones de distribución, Nonoalco ó Jamaica el seccionador (SRM) permite, cuando está cerrado, alimentar la totalidad de las instalaciones por una sola subestación suministrando la energía eléctrica necesaria para el buen funcionamiento del metro.

III.1.2.-Distribución en tensiones de 15 y 23 kv.

Las cuatro salidas de distribución de 15 KV. de las dos Subestaciones "A" y "B" de Alta Tensión alimentan por medio de cuatro buses de tracción y dos buses de alumbrado y fuerza, a las Líneas 1, 2 y 3. El suministro de energía se puede hacer por cualquiera de sus extremos cerrando el extremo deseado, a través de interruptores automáticos denominados alimentadores de bus.

De los cuatro buses de tracción de 15 KV., están conectados los cables que alimentan a las Subestaciones rectificadoras que suministran la energía del movimiento de los trenes y los dos buses de alumbrado y fuerza.

Los cables de 15 KV que alimentan a las subestaciones de rectificación con una capacidad de 2500 KW para la primera etapa de las líneas 1, 2 y 3son trifásicos y salen del PCC en galerías subterráneas los cuales

DIAGRAMA UNIFILAR DE LAS SUBESTACIONES DE 85/15 K.V.

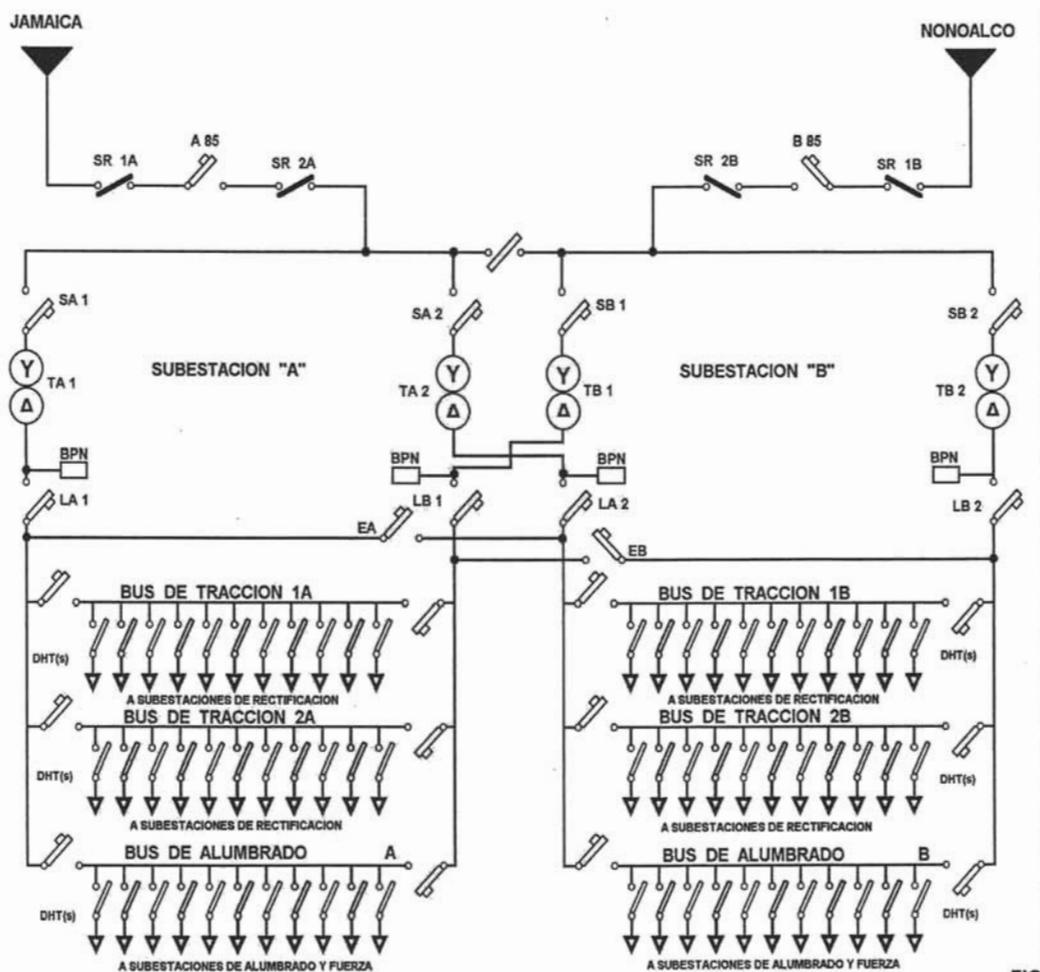


Figura III-1

III.1.3.-Interruptores de alta tensión (D.H.T. y D.M.T.).

A través de estos interruptores Automáticos se permite la alimentación de los diversos buses a las Subestaciones de Rectificación y Subestaciones de Alumbrado y Fuerza.

Los D.H.T. se encuentran localizados en las instalaciones del P.C.C. para la primera etapa de las Líneas 1, 2 y 3.

Los D.M.T. se ubican en las Subestaciones de Rectificación de las ampliaciones de las Líneas 1, 2 y 3 y de las Líneas 4, 5, 6, 7 y 9, las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza se localizan dos en cada Línea denominadas cabeceras (ver figura III -2).

III.1.4.-Subestaciones de rectificación (S.R.).

Los cables de 15 KV que alimentan a las Subestaciones de Rectificación con una capacidad de 2500 KW (también llamadas Puestos de Rectificación) para la primera etapa de las Líneas 1, 2 y 3, son del tipo trifásico que salen del P.C.C. en galerías subterráneas las cuales unen los ductos hasta llegar al túnel donde son colocados en charolas hasta las mufas de cada Subestación.

Para cada Subestación de Rectificación existe un cable de alimentación independiente y todas ellas se encuentran alimentando a las barras guías.

En las ampliaciones de las líneas 1, 2 y 3 y a partir de la construcción de la línea 4 en adelante se cuenta con Subestaciones de 4000 KW pero con tensión y alimentación de 23 KV.

Cada Subestación de Rectificación de 4000 KW es alimentada mediante dos cables de 23 KV uno preferente y el segundo emergente, independientes uno del otro, a través de cables monofásicos, en caso de falla de alimentación del lado preferente, se pasa a través de un interruptor de transferencia automática, al alimentador emergente

La Función de las Subestaciones de Rectificación es la de reducir y rectificar la tensión de 15 ó 23 KVC.A. a 750 VCC que es la tensión nominal de trabajo de los trenes. Su ubicación se definió en base a varios parámetros, entre ellos la caída de tensión máxima permisible, considerando que la puesta en fuera de servicio de una de ellas no afecte el nivel de tensión requerida para el desplazamiento de los trenes, ya que las dos adyacentes podrán con su capacidad absorber la sobrecarga existente. La distancia entre las Subestaciones de Rectificación es variable para cada una de las Líneas.

PRINCIPIO DE ALIMENTACION ELECTRICA PARA LAS LINEAS 4, 5, 6, 7 Y 9

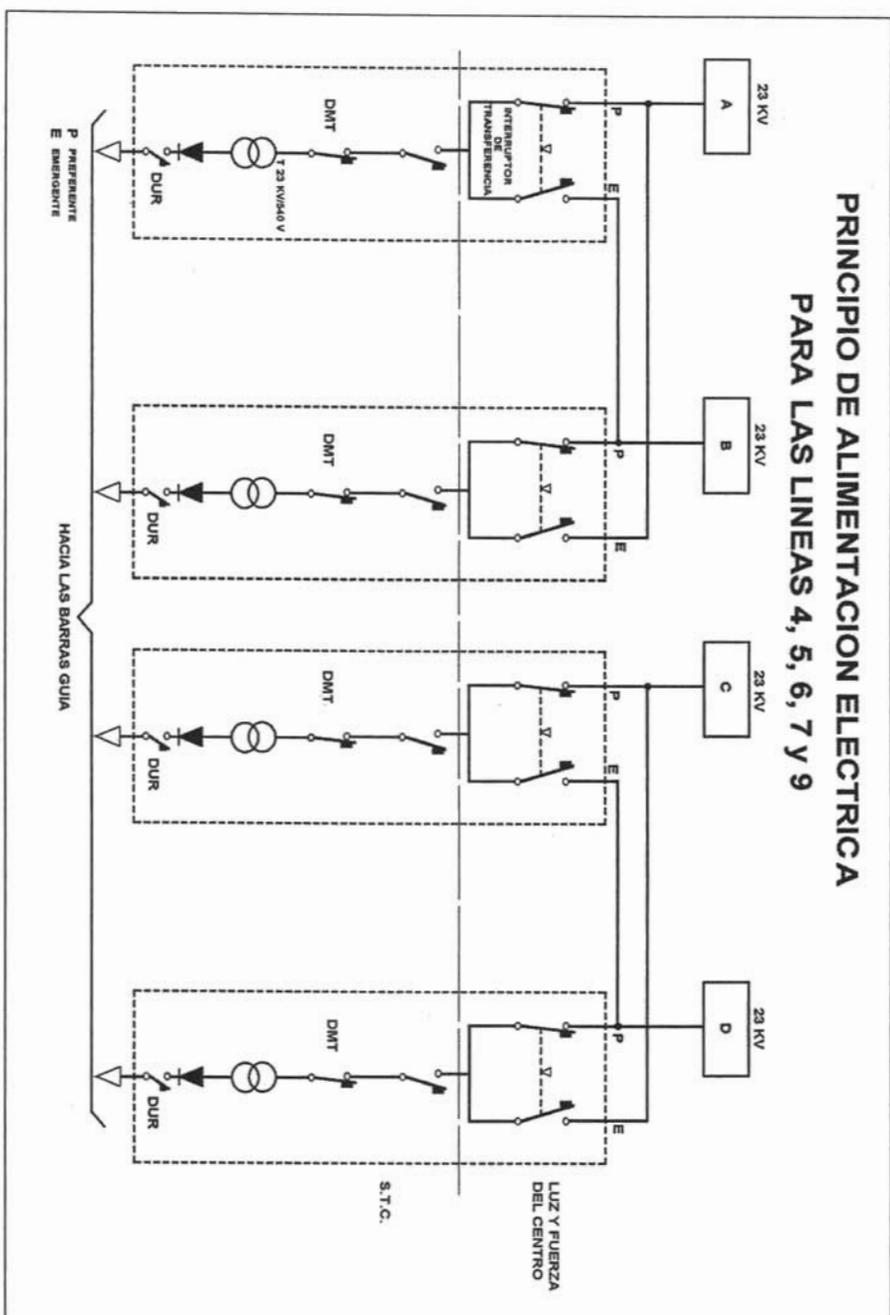


Figura III-2

DISTRIBUCION DE 23 KV PARA LAS ESTACIONES DE LAS LINEAS 4, 5, 6, 7 Y 9 EN ALUMBRADO Y FUERZA

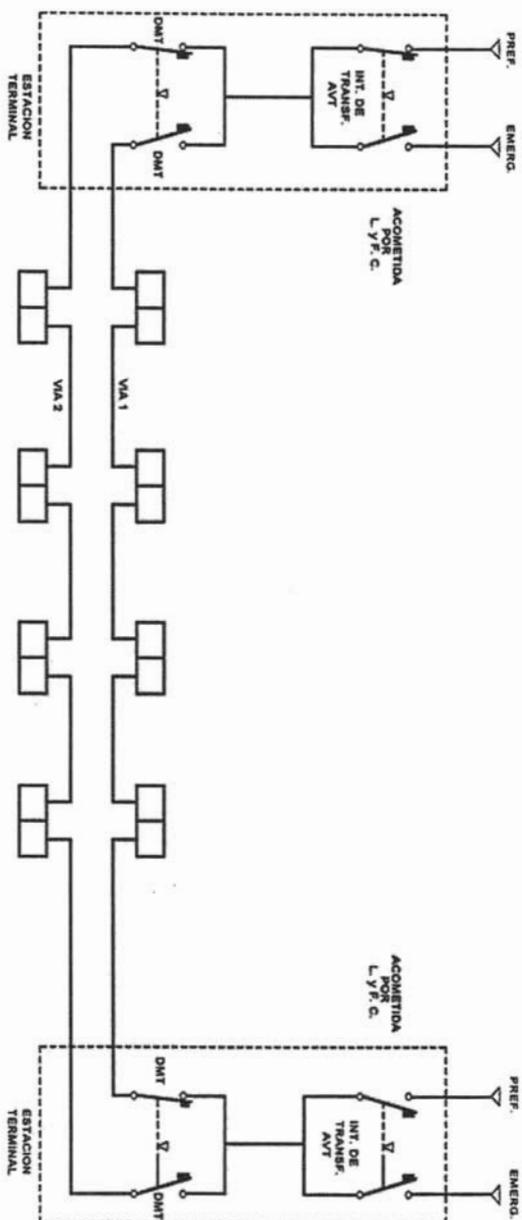


Figura III-3

Las Subestaciones de Rectificación alimentan a las barras guía (+) a través de Seccionadores de operación manual sin carga. El retorno de corriente (-) a las subestaciones de rectificación se efectúa por las pistas de rodamiento y los rieles de seguridad

En las Subestaciones de Rectificación que se encuentran en frontera de zona, se localiza un Contactor de Seccionamiento C.S.

SUBESTACIONES DE RECTIFICACIÓN (SR) EXISTENTES

LÍNEA	1	2	3	4	5	6	7	9
Nº DE S.R.	17	19	19	8	13	10	15	12

SUBESTACIONES DE RECTIFICACION EN TALLERES.

S.R.	PLATAFORMA DE PRUEBAS ZARAGOZA
S.R.	TALLERES TASQUEÑA
S.R.	PLATAFORMA DE PRUEBAS TICOMAN
S.R.	TALLERES EL ROSARIO

III.1.5.- Distribución de corriente de tracción en 750 vcc

La distribución de la energía de tracción en Línea se efectúa con tensión de 750 VCC aplicada a las barras guía, que son alimentadas en paralelo.

Una Línea se encuentra dividida eléctricamente en Zonas y éstas a su vez en Secciones; en situación normal las secciones, y por consecuencia las zonas, están en continuidad eléctrica a lo largo de la Línea. Esta continuidad, es realizada entre las zonas por los Contactores de Seccionamiento (C.S.) y entre las secciones, por los Seccionadores de aislamiento telemandado (S.I.T.)

A continuación se describe la división en zonas y secciones excepto las Líneas 8, A y B

LÍNEA	Nº DE ZONAS	Nº DE SECCIONES
1	6	9
2	7	13
3	9	14
4	4	6
5	7	13
6	5	10
7	7	10
9	6	9

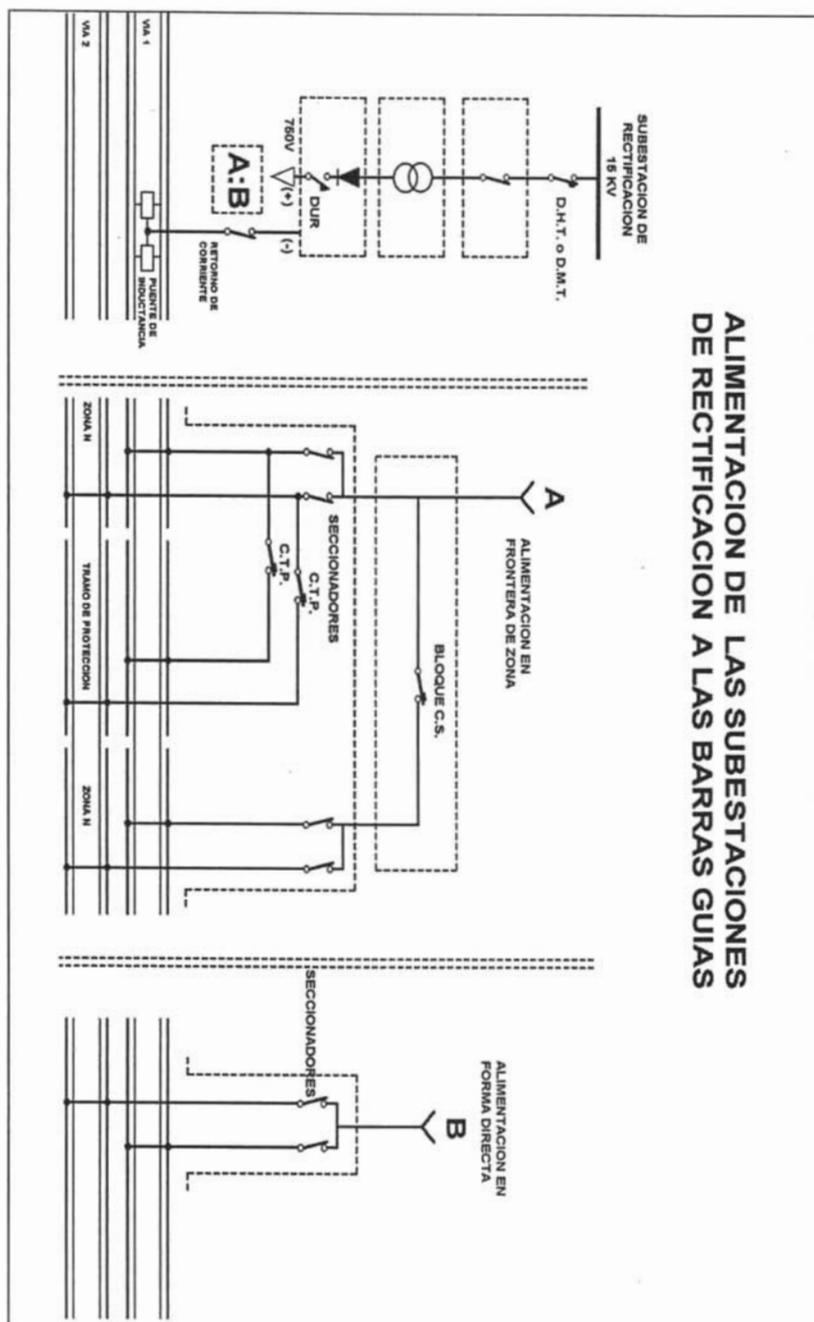


Figura III-4

III.1.6.- Contactor de seccionamiento (C.S.)

El contactor de seccionamiento es un contactor automático que permite la continuidad eléctrica entre las zonas de una Línea. Opera con un voltaje aplicado de 750 VCC y se encuentra ubicado dentro de las subestaciones de Rectificación de la frontera de zonas.

C.S. EXISTENTES

LINEA	1	2	3	4	5	6	7	9
N° DE C. S.	5	6	7	3	6	4	6	5

III.1.7.- Tramo de protección.

Es el Seccionamiento de 12 m. de longitud en cada barra guía que se encuentra ubicado en las fronteras de zonas y secciones, tiene como finalidad evitar el puenteo por un tren de una zona o sección energizada a una zona o sección desenergizada. En situación normal se encuentra alimentado:

- I. En las frontera de zonas y/o secciones que coinciden con zonas, se alimenta por el contactor del tramo de protección C.T.P. que puede abrir o cerrar con carga y su funcionamiento está supeditado a la apertura o cierre del contactor de Seccionamiento (ver figura II -5).
- II. En la frontera de secciones el tramo de protección se alimenta por una cuchilla seccionadora (S.T.P.) y su funcionamiento está supeditado al accionamiento del seccionador de aislamiento telemandado (S.I.T.) (ver figura II-6).

III.1.7.1.- Contactor de tramo de protección (C.T.P.).

Estos contactores se utilizan en grupos de dos (uno por vía) y permiten la alimentación de los tramos de protección que se encuentran en la frontera de 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, por medio de la zona adyacente que se encuentra energizada, al puentear ambas, por medio de las escobillas positivas de sus carros motores.

Los C.T.P. se encuentran instalados dentro de nichos en el mismo túnel, los cuales está ubicados cerca del lugar donde están instalados los tramos de protección.

C.T.P. EXISTENTES EN LAS LÍNEAS ACTUALES.

LINEA	1	2	3	4	5	6	7	9
N° DE C. S.	8	10	12	5	12	9	9	8

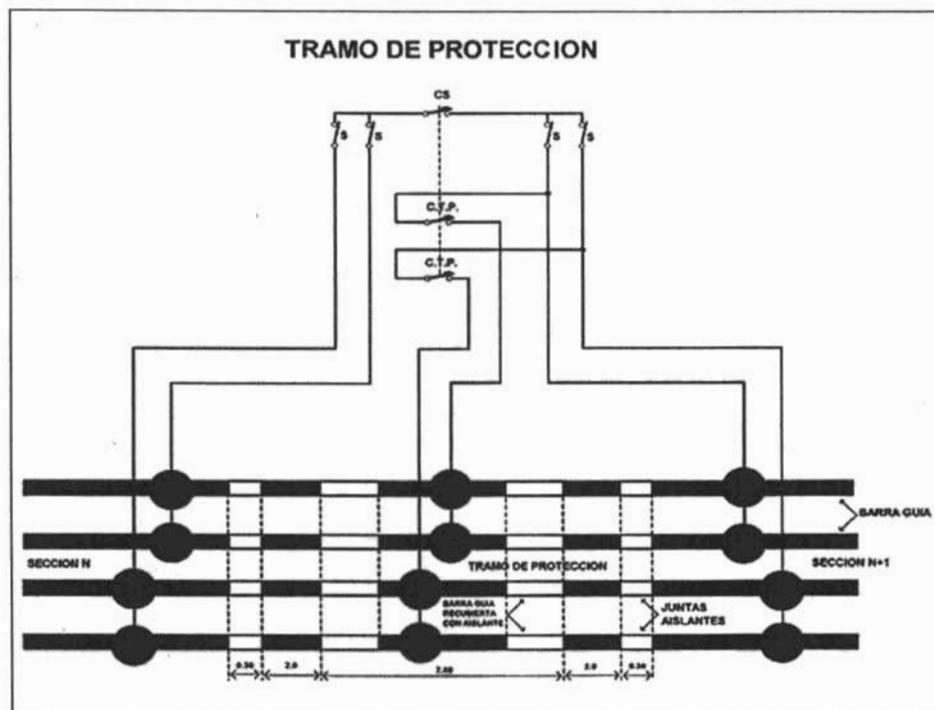


Figura III-5

III.1.8.- EQUIPOS Y APARATOS DE TRACCION 750 VCC

III.1.8.1.- Contactores e interruptores automáticos.

Estos elementos eléctricos permiten alimentar o aislar en corriente de tracción, determinados tramos de vía en forma automática; ya sea en mando local o mando a distancia.

Los interruptores automáticos se encuentran dotados de elementos de protección magnética encargada de desconectarlos en caso de:

- I. Sobre corriente.
- II. Cortocircuito.

En algunas ocasiones los agentes autorizados se ven precisados a "rearmar" los elementos de protección, por lo que es necesario que conozcan las normas de operación para realizar una maniobra de este tipo.

Cuando algún interruptor automático se ha abierto el agente encargado de "rearmar" la protección magnética deberá tomar 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 automáticos puede ser provocada por:

- I. Mando del P.C.C. o el puesto de maniobra.
- II. Mando local.
- III. Sobrecorriente.
- IV. Apertura del circuito del corte de urgencia de la vía considerada.
- V. Por incidente en Línea.
- VI. Por ausencia de tensión.
- VII. Falla en el circuito de control.

En algunos casos los interruptores automáticos son operados por mando a distancia y en caso necesario por falla se pondrá en posición "SOCORRO", que pone el interruptor automático fuera de servicio alimentando igualmente las vías consideradas.

III.1.8.2.- Seccionadores manuales.

Estos elementos permiten efectuar maniobras para alimentar o aislar en corriente de tracción diversos tramos de vías, su operación es manual y deben ser accionados tomando en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- I. Operar los seccionadores sin tensión y sin carga.
- II. De efectuarse la operación con tensión deberá asegurarse la ausencia de carga.

III.1.8.2.1.- Tipos o clasificación.

Existen seccionadores manuales del tipo unipolar y bipolar en tiro sencillo y a doble tiro con cuchilla simple o múltiple.

Los seccionadores manuales están compuestos básicamente de cuatro partes.

- I. Cuchillas.
- II. Eje o articulación.
- III. Mordazas o dedos de contacto.
- IV. Mango o palanca.

Las cuchillas son de cobre, el mismo material empleado en los cables alimentadores y se sujeta 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.

Las mordazas o dedos de contacto suelen estar ranurados para hacerlas más flexibles y para que hagan mejor contacto con las cuchillas del seccionador.

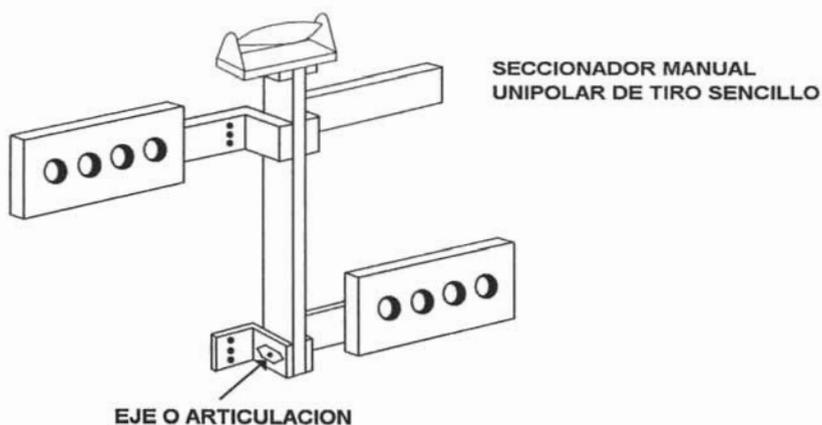


Figura III-6

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

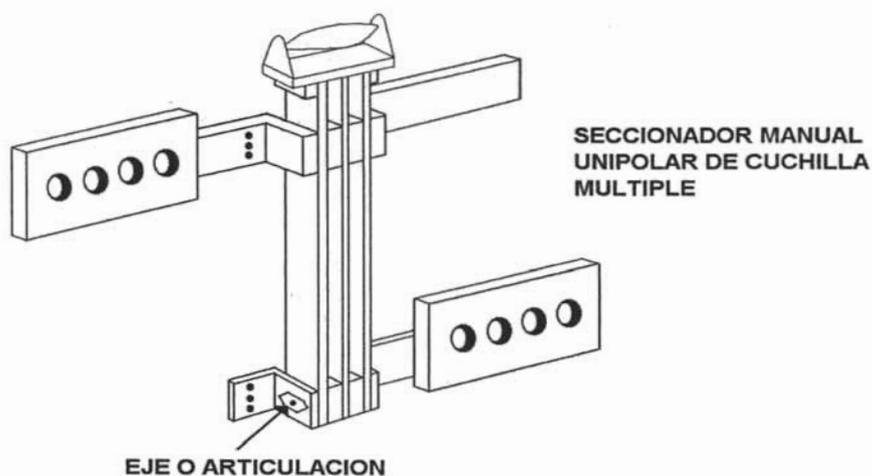


Figura III-7

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

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

La apertura de un seccionador manual en vías principales y en vías secundarias, sólo se debe efectuar, siempre y cuando se tenga la certeza de que la zona o sección donde se ubique el seccionador esté desenergizada, ya que la apertura del aparato con carga provocaría un arco eléctrico de graves consecuencias para el operador y el equipo. Se hace necesario entonces antes de abrir un seccionador manual, cortar la corriente de tracción en la sección o zona considerada, y verificar el corte de corriente con un verificador luminoso (lámpara testigo).

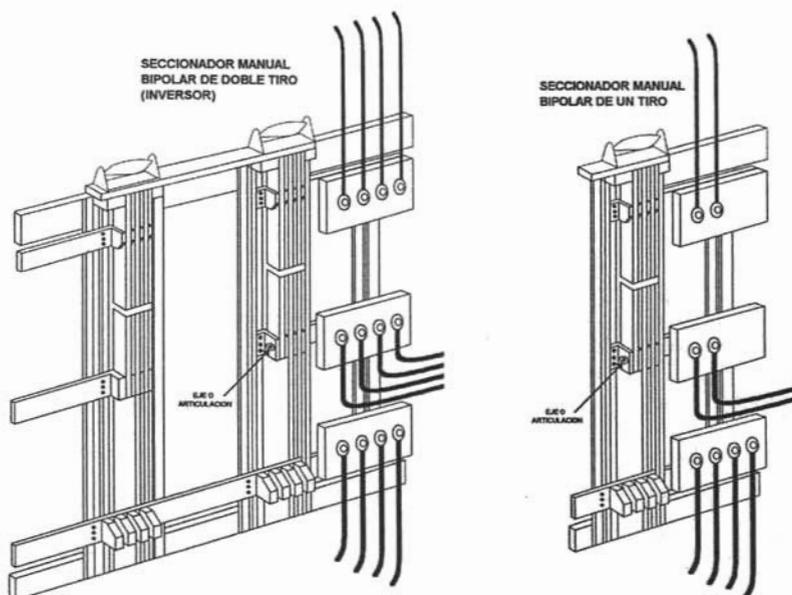


Figura III-8

El cierre de un seccionador manual sólo debe efectuarse cuando se tenga la certeza que la seguridad del personal y de los usuarios no será comprometida, además de certificar que no existe tensión.

En una maniobra de apertura o cierre de un seccionador manual se debe:

- I. Verificar que no haya presencia de tensión por notificación del P.C.C.
- II. Accionar el o los ruptores del nicho del seccionador.
- III. Verificar que la identificación del seccionador sea la del aparato por maniobrar.
- IV. Verificar que el mango o palanca del seccionador esté en buenas condiciones.

Los seccionadores manuales de puesta en "SOCORRO", deben ser operados previa autorización del P.C.C. y en coordinación con el P.D.C. por:

- I. El personal de Baja Tensión.
- II. El personal autorizado de transportes.

III.1.8.3.- Seccionadores de nicho de tracción.

Son aquellos seccionadores conectados en los cables que provienen de las Subestaciones de Rectificación, se encuentran dentro de locales en el mismo túnel y están normalmente cerrados aunque en algunas ocasiones son abiertos por el personal autorizado para realizar trabajos necesarios por el 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 alimenta (Secc. 1, Secc. 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 las mismas precauciones que las de los seccionadores de las vías principales.

III.1.8.4.- Seccionadores inversores

Los 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 con falla. Se tienen dos posiciones:

- I. En la posición NORMAL alimentan las vías a través del interruptor automático.
- II. En la posición "SOCORRO" se alimentan las vías directamente.

III.1.9.- CORTE DE URGENCIA DE ALIMENTACIÓN TRACCIÓN (C.U.A.T.)

El circuito del C.U.A.T. nos 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 que se encuentran instalados en dicha zona (ver figura III-8).

Los ruptores son aparatos de mando en Línea que se encuentran instalados dentro de una caja metálica de color rojo y para operarlo se deberá jalar hacia abajo la palanca de accionamiento, (debiendo retenerla y entregarla al personal de seguridad y/o personal de transportes encargado del incidente, quien restablecerá la palanca en su sitio para normalizar el servicio).

El circuito de C.U.A.T. es alimentado por una fuente de 125 VCC perteneciente al mando centralizado. Los ruptores se encuentran conectados en serie para cada sección. El circuito comprende el siguiente equipo:

- I. Ruptores situados en Línea.
- II. Equipo de mando centralizado situado en P.C.C.

En las estaciones existe un mínimo de tres ruptores por andén:

- I. Un ruptor a la mitad de cada andén, ubicado en el nicho de Emergencia.
- II. Dos ruptores, instalados uno en cada extremo del andén, por cada vía.

Como caso especial, la estación San Antonio Abad cuenta con cinco ruptores: dos en cada extremo del andén y uno en nicho de emergencia. En la estación Deportivo 18 de Marzo Línea 3, se cuenta con siete ruptores, dadas las fronteras de las zonas A y B.

En las terminales que cuentan con tres vías y dos andenes centrales, se tienen nueve ruptores, de los cuales cuatro están en el andén de llegada y cinco en el andén de salida; sólo en las estaciones Chabacano Línea 2 y Chabacano Línea 9, existen tres ruptores en cada extremo de los andenes y dos a la mitad del andén, cada uno de ellos en el nicho de emergencia.

Se cuenta también con ruptores instalados en el túnel, que se encuentran localizados a cada 100 metros sobre cada vía aproximadamente, indicándose su ubicación por medio de una señal luminosa de color azul.

El accionar un ruptor, trae consigo el corte de corriente de tracción en una zona determinada, provocando los efectos siguientes:

Cerca de las fronteras de zona y de secciones, se encuentran localizados dos ruptores en forma adjunta, que deberán ser operados considerando los siguientes motivos:

- I. Cuando se trata de un Seccionamiento localizado en la frontera de zonas, deberán operarse ambos ruptores en caso de incidente en la proximidad del Seccionamiento.
- II. Cuando se trata de un Seccionamiento localizado en frontera de secciones, bastará la operación de un solo ruptor para cortar la corriente de la zona. Este hecho permitirá tener en operación el circuito del C.U.A.T. de la sección adjunta con la posibilidad de energizarse.

Los ruptores del C.U.A.T. deberán ser accionados en los siguientes casos:

- I. Persona en peligro de electrocución.
- II. Corto circuito persistente en el material rodante o en las instalaciones fijas.
- III. Cuando se deba realizar algún trabajo cerca del equipo energizado u operable (siempre y cuando sea autorizado por el P.C.C.).
- IV. Cuando se deba emplear un extintor cerca de un circuito energizado.
- V. Por evacuación de un tren en plena vía.
- VI. Descarrilamiento.
- VII. Necesidad de parar inmediatamente un tren, si ningún otro medio puede emplearse.
- VIII. Por alguna otra causa que pudiera poner en peligro la seguridad de persona(s) y/o equipo(s).

En principio, los ruptores son accionados por los agentes de los trenes, sin embargo, en caso de urgencia, cualquier persona puede accionarlos.

El accionamiento de un ruptor debe ser efectuado con firmeza. La reposición deberá efectuarse y asegurarse de que la palanca se encuentra debidamente colocada cuando la causa haya sido resuelta.

Un ruptor accionado sólo podría reponerse cuando se tenga completa seguridad de que la corriente de tracción se puede restablecer sin peligro. En el caso excepcional, en el que el accionamiento de un ruptor no produjera la interrupción de la corriente de tracción, es necesario solicitar el corte de corriente por cualquier medio a su alcance al P.C.C. o al puesto de maniobras.

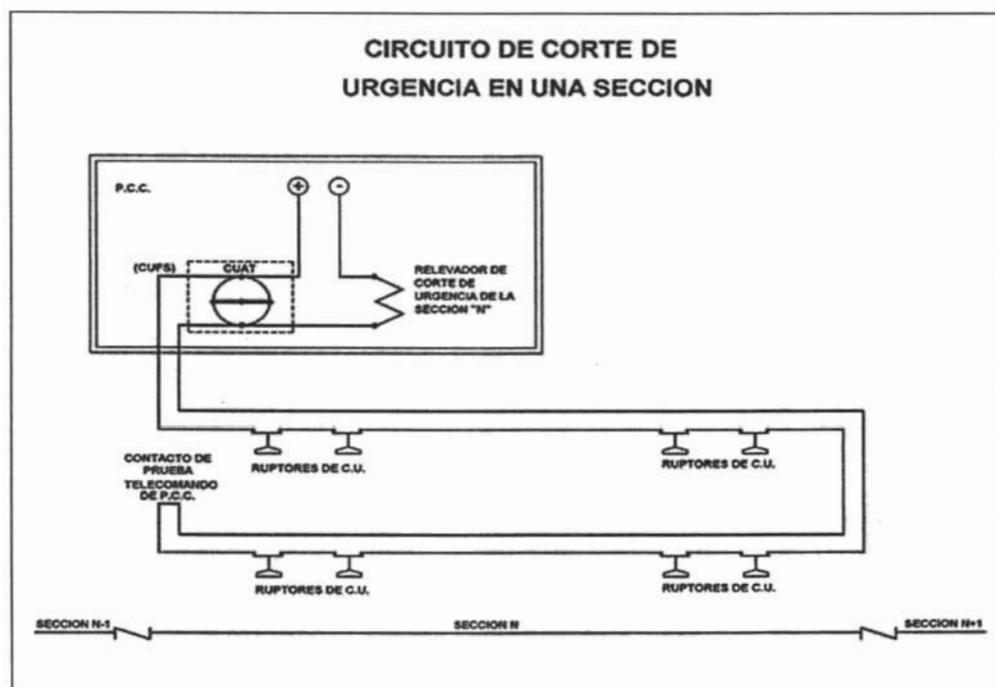


Figura III-9

El accionamiento de un ruptor en las vías secundarias provoca la apertura del interruptor automático que las alimenta y por consiguiente, el corte de la corriente de tracción en esas vías secundarias, una vez repuesto el ruptor, pertenece al Regulador Especializado restablecer la corriente de tracción después de tener la certeza de que esto no ocasiona ningún peligro para el personal, al material rodante o a las instalaciones fijas.

Es obligación del Regulador Especializado del P.C.C. mantener, los circuitos del C.U.A.T. cerrados (botón C.U.F.S. en posición "cerrado"), sin embargo en algunas

tenga que operar una sección con el Corte de Urgencia Fuera de Servicio, para ello el Regulador Especializado del P.C.C. tendrá que sujetarse a los siguientes procedimientos.

El Corte de Urgencia Fuera de Servicio (C.U.F.S.) sólo se utilizará cuando:

- I. Desaparezca injustificadamente un puño de ruptor de C.U.A.T. y no pueda reponerse inmediatamente (el Regulador Especializado deberá constatar con el personal de Línea que no existe peligro alguno al energizar).
- II. A solicitud de Mando Centralizado debido a una falla en los equipos de mando centralizado por lo que se refiere una intervención INAPLAZABLE.
- III. Cuando transcurran más de 5 minutos de haberse accionado un ruptor, que afecta a las vías principales y no se sepa el lugar de accionamiento, ni se tenga comunicación de la falla (el Regulador Especializado deberá certificar con el personal de Línea que no exista peligro alguno para energizar).

El Corte de Urgencia Fuera de Servicio, sólo deberá establecerse el tiempo necesario para solucionar el incidente que motivó su implantación.

Las vías secundarias no alimentadas por interruptores (Ejemplo: Vía Z, Vía Y) son equipadas también con ruptores, los cuales están conectadas con el circuito del C.U.A.T. de las vías principales. Su accionamiento provoca el corte de corriente sobre la totalidad de la zona (vías principales y secundarias).

III.2.- LOS ELEMENTOS DE LA VÍA

A más de 35 años del inicio de su operación, la instalación de vía que integra la Red del STC, se ha visto incrementada tanto en su longitud, como en las características técnicas de los diferentes sistemas y elementos que la constituyen.

En un principio, se utilizó únicamente la instalación de vía fijada sobre durmientes de madera y apoyada sobre balasto; en la actualidad, existen varias alternativas aplicables según el tipo de montaje, como son la instalación sobre durmientes de concreto, sobre losa de concreto y sobre concreto en viaducto, con sus respectivas variantes en el tipo de fijación.

Además del incremento de los elementos de vía debido a los diferentes sistemas de montaje, se ha manifestado una notable evolución en las características de algunos de ellos, como es el caso de los aisladores soporte de barra guía, las juntas de dilatación para barra guía, los cupones neutros, etc.

Es el propósito, el mostrar los diferentes tipos de las instalaciones de vía que existen actualmente, así como la de los principales elementos que la constituyen.

III.2.1.- Descripción funcional del sistema

La vía se define como el conjunto de elementos que sirven para soportar y guiar al material rodante, además de cumplir con funciones secundarias tales como: formar parte del circuito de Alimentación -Tracción, además facilitar y asegurar la circulación de corrientes eléctricas que permiten el buen funcionamiento de los equipos de señalización y telecomunicaciones.

Las vías se clasifican en:

III.2.1.1.- Vías Principales

En donde circulan los trenes con viajeros, y se designan como vía 1 y vía 2.

III.2.1.2.- Vías Secundarias

En donde circulan trenes sin viajeros; tales como las vías de los peines de acceso a talleres, garaje, vías de lavado y enlace entre líneas. A estas vías se les designa con una letra A, B, ..., Z.

III.2.2.- SISTEMAS DE VIA EN VIAS PRINCIPALES

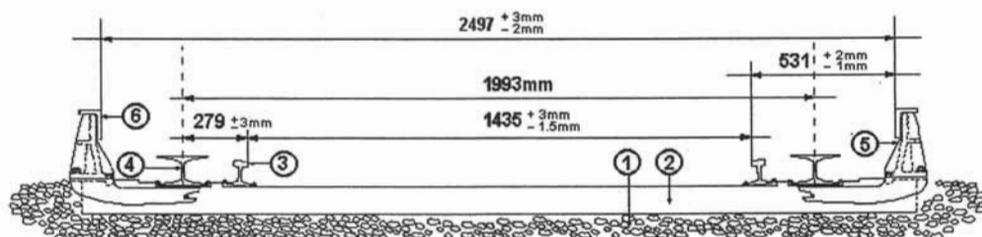
III.2.2.1.- Vía sobre balasto con durmientes de madera.

La vía sobre balasto está constituida principalmente por los siguientes elementos:

	NEUMATICO	FERREO
I)	Balasto.	Balasto.
II)	Durmientes.	Durmientes.
III)	Riel de Seguridad.	Riel.
IV)	Pista de Rodamiento.	Contra Riel.
V)	Barra de Guiado y Toma de Corriente.	
VI)	Aisladores.	
VII)	Aparatos de Cambio de Vía.	Aparatos de Cambio de Vía.
VIII)	Accesorios de Fijación de la Vía.	Accesorios de Fijación de la Vía.
IX)	Plataforma.	Plataforma.

Este tipo de implantación de la vía tiene como elemento de soporte al balasto, el cual es el que recibe las cargas del material rodante a través de los durmientes y las transmite uniformemente a la plataforma de sustentación de vía. Por otra parte, contribuye a proporcionar el peralte necesario en zona de curvas, cumpliendo además con la función de drenar las aguas procedentes de filtraciones o escurrimientos hacia los ductos de drenaje.

SISTEMA DE VIA SOBRE BALASTO CON DURMIENTE DE MADERA



- 1 BALASTO
- 2 DURMIENTE DE MADERA
- 3 RIEL DE SEGURIDAD 80 ASCE
- 4 PISTA METALICA
- 5 AISLADOR
- 6 BARRA GUIA

Figura III-10

PRINCIPIO DE RODAMIENTO (TROCHA)

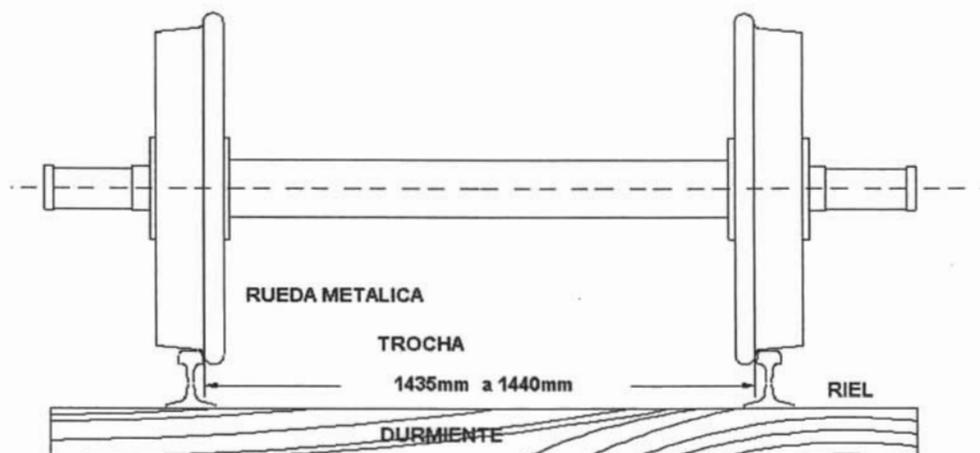


Figura III-11

III.2.2.2.- Vía sobre balasto con durmientes de concreto biblock.

Las características de este sistema de vía son similares a las mencionadas para el sistema anterior. En este caso en particular, los durmientes tipo biblock son elementos mixtos, compuestos por dos bloques de concreto reforzado unidos por un tirante metálico cuyos extremos quedan embebidos en los bloques de concreto, además brindan una mayor y mejor estabilidad a la vía, así como mantener la geometría de ésta en buenas condiciones.

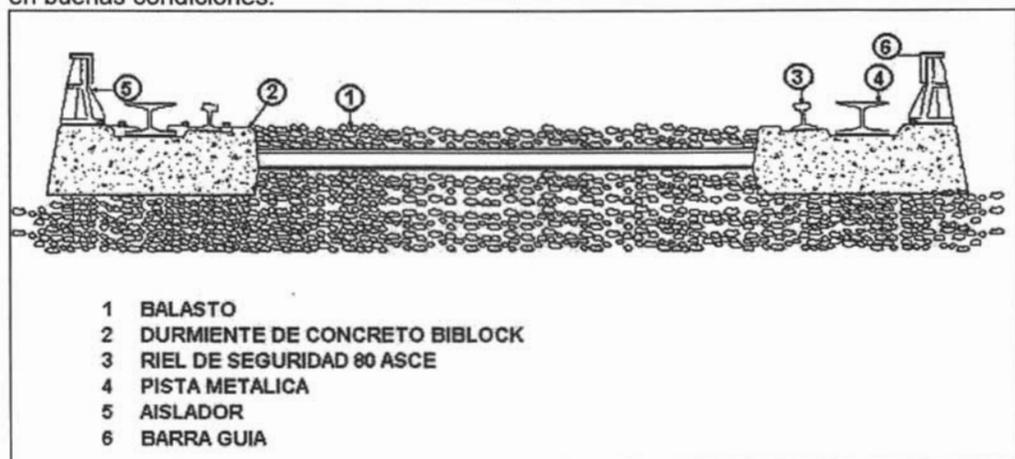
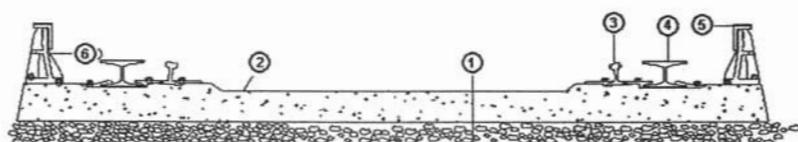


Figura III-12

III.2.2.3.- Vía sobre balasto con durmientes de concreto monoblock.

Las características de este sistema de vía son similares a los del artículo III.2.2.2, con la diferencia de que los durmientes de concreto utilizados para este tipo de instalación son del tipo monoblock.

SISTEMA DE VIA SOBRE BALASTO CON DURMIENTES
DE CONCRETO MONOBLOCK



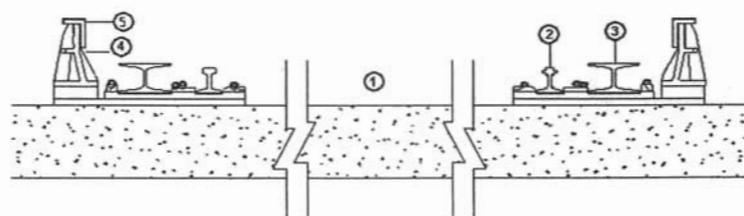
- ① BALASTO
- ② DURMIENTE DE CONCRETO MONOBLOQUE
- ③ RIEL DE SEGURIDAD 80 ASCE
- ④ PISTA METALICA
- ⑤ AISLADOR
- ⑥ BARRA GUIA

Figura III-13

III.2.2.4.-Vía sobre losa de concreto.

Este sistema de vía, tiene como característica principal la sustitución de la capa de balasto y los durmientes por una losa de concreto simple. La vía sobre losa de concreto se coloca en donde el suelo es más estable, esto es con el fin de mantener a la vía en condiciones aceptables de operación, ante la posibilidad de deformaciones del suelo: permitiendo además la transmisión de cargas de manera uniforme.

SISTEMA DE VIA SOBRE LOSA DE CONCRETO



- ① LOSA DE CONCRETO
- ② RIEL DE SEGURIDAD DE 80 ASCE
- ③ PISTA METALICA
- ④ AISLADOR
- ⑤ BARRA GUIA

Figura III-14

III.2.2.5.- Vía sobre concreto en viaducto.

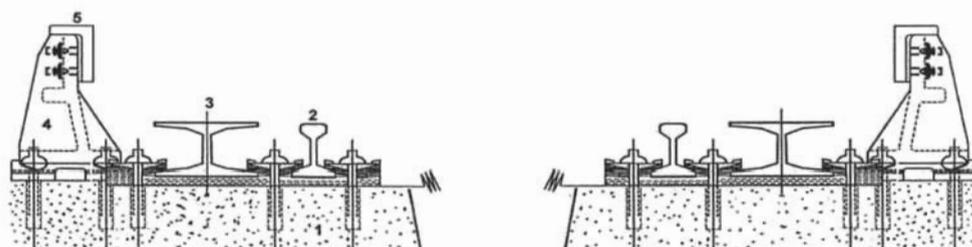
Este tipo de sistema de vía, tanto en las estaciones como en las interestaciones consta de los siguientes elementos principales:

- I. Riel de Seguridad.
- II. Pista de Rodamiento.
- III. Barra de Guiado y Toma de Corriente.
- IV. Aisladores y,
- V. Accesorios de Fijación de la vía.

Todos estos elementos colocados sobre macizos de concreto reforzado (plintos). Los aparatos de vía de la línea sobre viaducto, se encuentran instalados en durmientes de madera sobre balasto.

Figura III-15

SISTEMA DE VIA SOBRE CONCRETO EN VIADUCTO



- 1.- Base de concreto para fijación de vía.
- 2.- Riel de seguridad 80 ASCE.
- 3.- Pista metálica.
- 4.- Aislador.
- 5.- Barra guía.

III.2.2.6.- Vía sobre fosa.

Estas vías pueden encontrarse en las terminales o en talleres. Los elementos de la vía descansan directamente sobre los muros de concreto de la fosa, y están aislados y sujetos por pernos y anclajes empotrados

III.3.- ESFUERZOS SOPORTADOS POR LA VIA

Los esfuerzos soportados por la vía son:

- I. El vertical.- Generado por el peso del material rodante.
- II. Los esfuerzos longitudinales.- Desarrollados durante la aceleración o desaceleración y durante la circulación a velocidad constante.
- III. Los esfuerzos transversales.- Que resultan de diversas reacciones del material rodante durante su movimiento y de la fuerza centrífuga provocada por la circulación sobre tramos de vía en curva.

La fuerza centrífuga provocada por la circulación del material rodante sobre una vía en curva aumenta cuando el radio de la curva disminuye o cuando la velocidad se incrementa. Para compensar parcialmente la acción de la fuerza centrífuga, el riel de la fila de radio mayor, se ubica en una posición más alta que el riel de la fila de radio menor.

El desnivel entre los rieles de una misma vía se llama "Peralte".

La velocidad máxima de los trenes está fijada de tal manera, que el esfuerzo lateral transmitido a la barra guía es el resultado de la acción combinada de la fuerza centrífuga y de la gravedad, tomando en cuenta que el peralte no sobrepase cierto límite.

III.4.-ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA VIA

III.4.1.- El balasto

El balasto es el producto de la selección y trituración de rocas sanas y duras como Pórfido, Granito, Basalto, Cuarzo, etc. obtenidas de bancos de material, que se coloca para soportar las vías del Metro Neumático y Férreo. Las funciones principales del balasto son las siguientes:

- I. Asegurar la repartición de las cargas que transmiten los durmientes, hacia la losa o plataforma de sustentación del sistema de vía.
- II. Impedir el desplazamiento de los elementos de la vía.
- III. Asegurar el fácil drenaje de las aguas infiltradas.
- IV. Amortiguar las vibraciones producidas por el paso de los trenes.
- V. Permitir la rápida renivelación de la vía.

El balasto como material de construcción de las vías se utiliza en las Líneas en las cuales el trazo de la Línea, se ubica en la zona de lago y que debido al proceso de consolidación de los materiales del subsuelo se tenga la necesidad de realizar nivelaciones periódicas de la vía, ya que este elemento permite restablecer las condiciones originales de trazo y perfil de la vía.

III.4.2.- Los durmientes

Se define como durmiente al elemento de madera o concreto que se dispone horizontalmente sobre el balasto en dirección transversal al eje de la vía, sobre los que se colocan y fijan los rieles y constituyen a través de la fijación el elemento de unión entre el riel y el balasto, formando el armado de la estructura de la vía.

El durmiente tiene los siguientes objetivos:

- I. Servir de soporte a los perfiles (riel, pista metálica y barra guía), fijando y asegurando la posición del riel en lo referente a la trocha e inclinación (de 1/20).
- II. Recibir las cargas verticales y horizontales, transmitidas por los rieles y repartirlas sobre el balasto a través de su superficie de apoyo.

- III. Mantener la estabilidad de la vía en el plano horizontal (longitudinal y transversalmente) y en el vertical, frente a los esfuerzos estáticos procedentes del propio peso y las variaciones de temperatura, así como frente a los esfuerzos dinámicos generados al paso del material rodante.
- IV. Mantener siempre que sea posible por sí mismo y sin ayuda de elementos específicos incorporados a la fijación, el aislamiento eléctrico entre las dos filas del riel cuando la Línea esta dotada de circuitos de señalización.

El durmiente deberá ofrecer características aislantes con objeto de evitar puentes eléctricos no deseables.

III.4.2.- Los durmientes de madera.

Destinados a equipar las vías; se caracterizan por soportar, además del riel de seguridad, la pista de rodamiento, así como el zoclo que soporta el aislador de la barra guía y/o de toma de corriente (ver figura III-16).

Los durmientes de madera pueden ser de tres tipos:

- I. Durmientes ordinarios (tipo "O").- Que soportan además de los rieles, las pistas de rodamiento.
- II. Durmientes soportes de aislador (tipo "S").- En cuyos extremos se fijan los aisladores, además de los rieles y las pistas de rodamiento.
- III. Durmientes especiales.- Se destinan para fijar crucetas y para condiciones especiales de las vías.



Figura III-16

III.4.3.- Los durmientes de concreto tipo biblock.

Son elementos de sección transversal rectangular o trapezoidal uniforme o variable a lo largo de éstos; están compuestos por dos bloques de concreto reforzado unidos mediante un tirante metálico cuyos extremos quedan embebidos en dichos bloques de concreto. Son utilizados para equipar las vías, pueden ser de los tipos "O", "S" y "SO".

DURMIENTE DE CONCRETO TIPO BIBLOCK

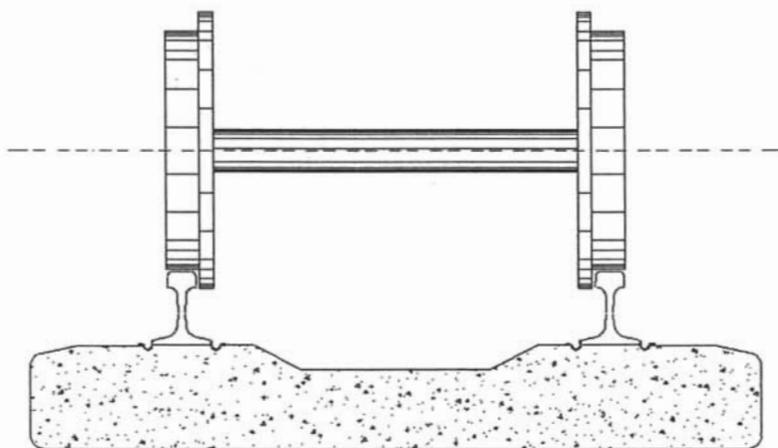


DURMIENTE DE CONCRETO

Figura III-17

III.4.4.- Durmientes de concreto tipo monoblock.

Son elementos de sección transversal rectangular ó trapezoidal uniforme ó variable, están compuestos por un solo bloque de concreto preesforzado, pueden ser de los tipos "O", "S" y "SO".



DURMIENTE DE CONCRETO

Figura III-18

PERFIL DEL RIEL 115 R.E. (115 lb/yd)

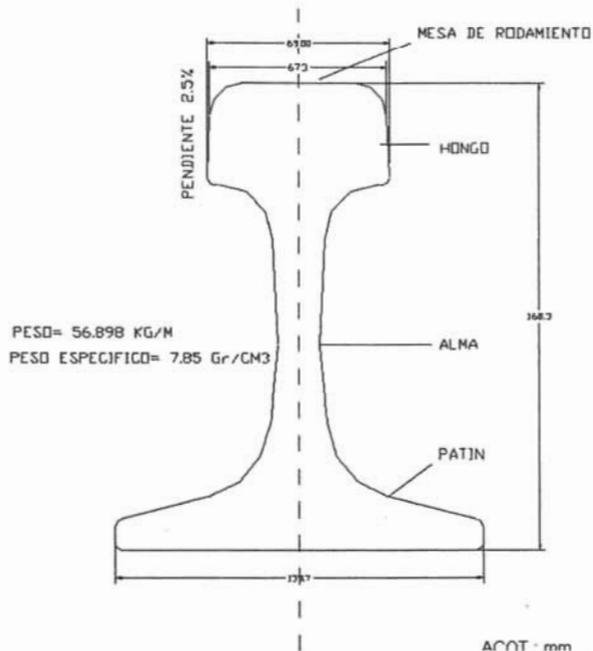


Figura III-19

III.4.5.- El riel de seguridad

Los rieles de seguridad son perfiles metálicos laminados de geometría especial y están constituidos por tramos de 18 metros soldados entre sí, por medio del procedimiento aluminio-térmico y se encuentran fijados a los durmientes. Las longitudes de los tramos soldados varían de 36 a 108 metros (2 a 6 tramos de 18 metros) según el tipo de implantación de vía.

La parte superior del riel se denomina "Hongo", la parte intermedia "Alma" y la inferior "Patín".

Normalmente se utilizan dos tipos de riel: 80 ASCE (80 libras por yarda igual a 39.807 kilogramos por metro) y 100 RE (100 libras por yarda igual a 50.391 kilogramos por metro).

En tramos de vía normal, en terminales y talleres, el riel utilizado es del tipo 80 ASCE. En cambio, en los aparatos de vía sólo se utiliza el riel del tipo 100 RE, para absorber las diferencias de alturas del riel de 80 ASCE con las piezas moldeadas de altura superior. La unión entre ambos tipos de rieles se realiza por medio de un riel de enlace mixto de 80/100, emplanchuelado del lado del aparato de vía y soldado del lado de la vía normal.

El riel del tipo 100 RE, requiere de un maquinado especial en los durmientes que lo soportan.

Las funciones principales del Riel son:

- I. Circulación del tren Férreo.
- II. Asegurar el retorno de corriente eléctrica de tracción.
- III. Circulación de los vehículos de mantenimiento.
- IV. Funcionamiento de la señalización
- V. Riel de seguridad, en caso de una ponchadura del neumático.

III.4.6.-La pista de rodamiento

Las pistas de rodamiento, son perfiles metálicos de 18 metros de longitud, de laminado especial en forma de "I" de alas anchas; su peso es de 68.334 kilogramos por metro lineal, soldados entre sí por el procedimiento aluminio-térmico y fijado a los durmientes. Las longitudes de los tramos soldados varían entre 36 y 108 metros (2 a 6 tramos de 18 metros) según el tipo de implantación de la vía.

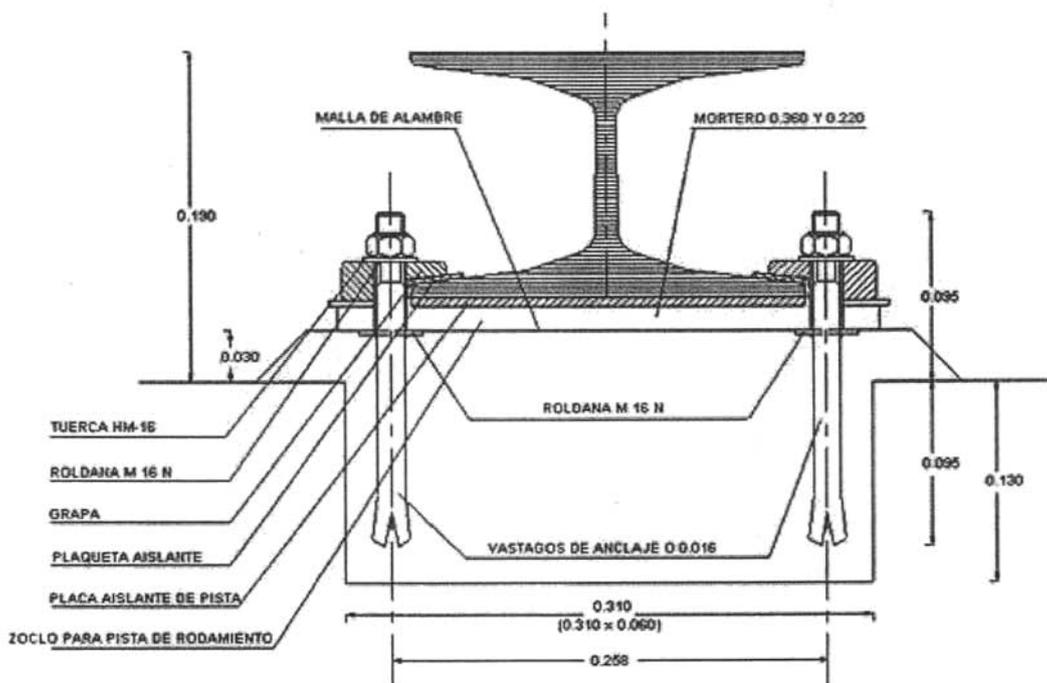


Figura III-20

Sus funciones principales son:

- I. Retorno de la corriente eléctrica de tracción.
- II. Funcionamiento de la señalización (forma parte de ésta).
- III. Circulación y soporte del Material Rodante con rodadura neumática.

III.4.7.- La barra de guiado y de toma de corriente

La barra guía es un perfil metálico en forma de ángulo con alas desiguales, que sirve para asegurar el doble guiado de los trenes y suministrar la corriente de tracción, forma parte de la telefonía de trenes, a excepción de Línea 8 y Línea "A", funciona como apoyo mecánico del programa de Pilotaje Automático (135 Khz.) y soporta los esfuerzos laterales provocados por la circulación de los trenes.

Las dimensiones de sus alas son:

- I. De origen francés.- Ala vertical 152 mm ala horizontal 100 mm espesor 25 mm peso de 44.36 Kg./m.
- II. De origen nacional, cara vertical 152.4 mm cara horizontal 101.6 mm espesor 25.4 mm peso 45.7 Kg./m

La barra guía se apoya en los aisladores, a los cuales se fija mediante pernos auto soldables y tuercas auto frenadas en el interior de la cara vertical de la barra guía.

El tapiz de Pilotaje Automático (135KHz) se instala en el plano horizontal de la barra guía, ya sea en la fila derecha o izquierda dependiendo de las necesidades propias de dicho sistema.

Cuando la barra guía se interrumpe en la zona de un aparato de vía, la extremidad de la barra se remata en forma de cruceta doblándola hacia afuera, para permitir que las escobillas positivas de los carros motores entren y salgan libremente.

III.4.8.- Los aisladores

El aislador está constituido por un bloque aislante homogéneo que presenta un aislamiento eléctrico perfecto y permanente en el tiempo, a pesar de los esfuerzos mecánicos a que está sometido en servicio y las condiciones físicas reinantes o aquellas que pudieran presentarse ocasionalmente (aislador mojado por aguas de infiltración cargadas de sales, inicio de cortocircuito en las proximidades inmediatas). Los aisladores pueden ser de dos tipos:

- I. Tipo Túnel, con orificios circulares para la fijación de la barra guía en vías en subterráneo.
- II. Tipo Superficial, con orificios ovalados a instalar en vías sometidas a la intemperie.

En las vías principales, en los tramos rectos y en las curvas de radio superior a 360 metros y en las vías secundarias la distancia entre los ejes de los aisladores es de 3 metros.

En curvas con radio inferior a 360 metros, la distancia entre los ejes de los aisladores se reduce a 1.80 metros.

Tienen como finalidad dar aislamiento eléctrico, apoyo y fijar a la barra de guiado y están montados en los extremos de los durmientes tipo "S" y "SO".

III.4.9.- Las fijaciones.

Se conoce como fijaciones a los elementos de la vía que permiten la fijación de los rieles y pistas a los durmientes, evitando los desplazamientos de la vía en su conjunto. Los principales elementos son:

- I. Tirafondo.
- II. Perno tirafondo y
- III. Grapa.

Las principales funciones que realizan los elementos de fijación del riel y pista son las siguientes:

- I. Fijar los rieles y pistas a los durmientes.
- II. Asegurar la conservación de la trocha o escantillón de la vía.
- III. Facilitar la transferencia a la estructura de la vía, de los esfuerzos estáticos y dinámicos ejercidos por el material rodante sobre la vía.

III.4.9.1.- Fijaciones rígidas.

Están constituidas por los tirafondos que sujetan a los rieles, únicamente con la cabeza, se emplea en las vías sobre durmientes de madera tanto en vía principal como en vía secundaria.

III.4.9.2.- Fijaciones elásticas.

Se utilizan en vías principales y en aquellas vías secundarias de uso frecuente, están constituidas por pernos tirafondo y grapas, estas últimas son el elemento elástico y existen diversas clases.

III.5.- EQUIPOS DE VIA

Los equipos de vía constituyen una combinación de varios elementos, los cuales ensamblados debidamente entre sí, cumplen con una función determinada en algún punto de la instalación de vía. Al igual que en el capítulo anterior, se hará una descripción de los equipos con mayor representatividad en dicha instalación de vía.

III.5.1.- Los aparatos de cambio de vía

Los aparatos de cambio de vía en el Metro, son un conjunto de piezas moldeadas de acero al manganeso, ensambladas debidamente entre sí, que permiten el paso del material rodante de una vía a otra. Únicamente deben ser instalados en tramos de línea recta y sin pendiente, excepcionalmente se instalan en otras condiciones.

Un aparato de vía, se denomina por la tangente del ángulo formado por la intersección de los ejes de las dos vías que están unidas por dicho aparato.

Existen dos tipos de aparato de vía:

- I. El Tangente 0.13.- Utilizados en las vías principales, vías secundarias (X, Y y U) y en las terminales.
- II. El Tangente 0.20.- Utilizados en las vías de los peines de acceso a los talleres y garajes.

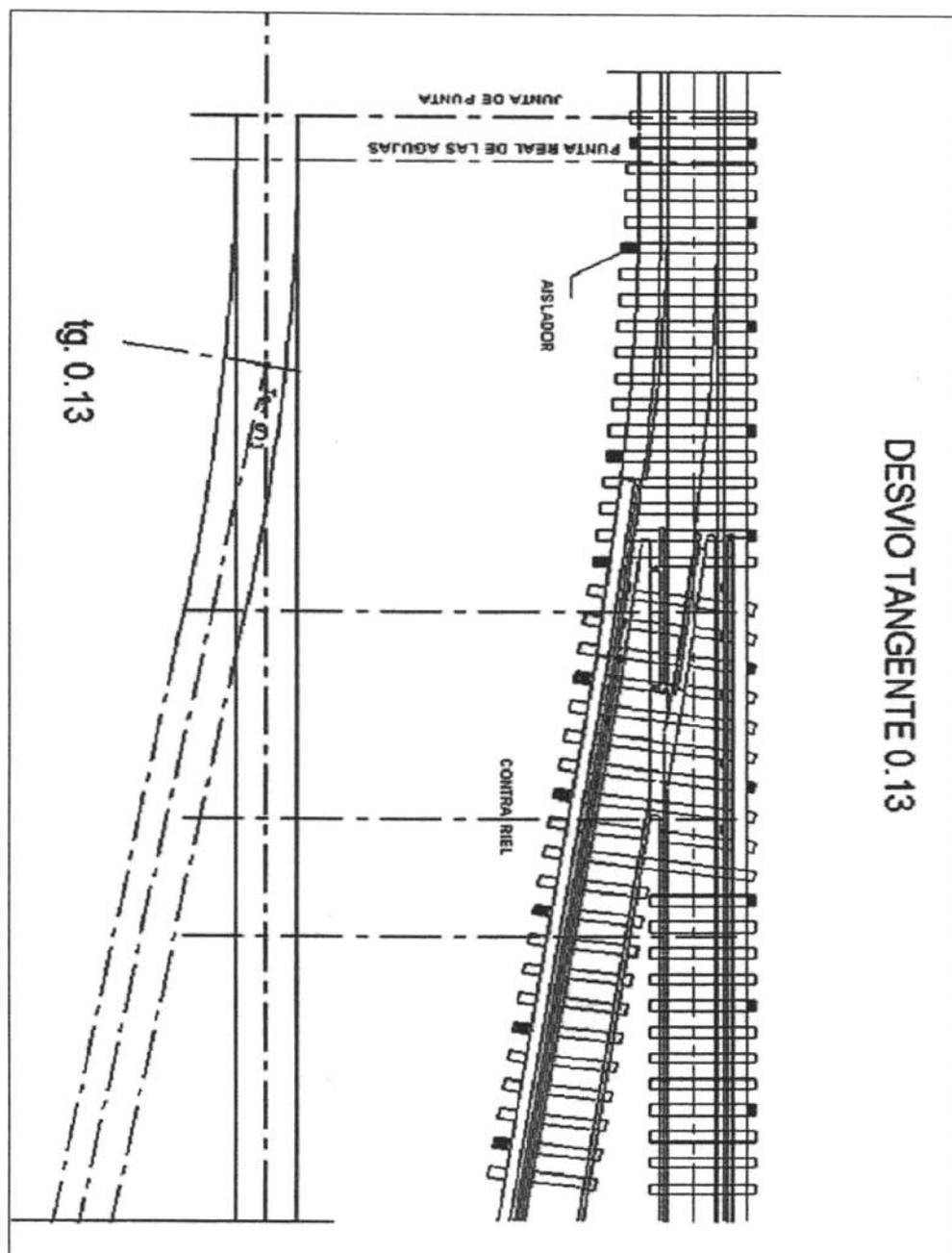


Figura III-21

DESVIO TANGENTE 20

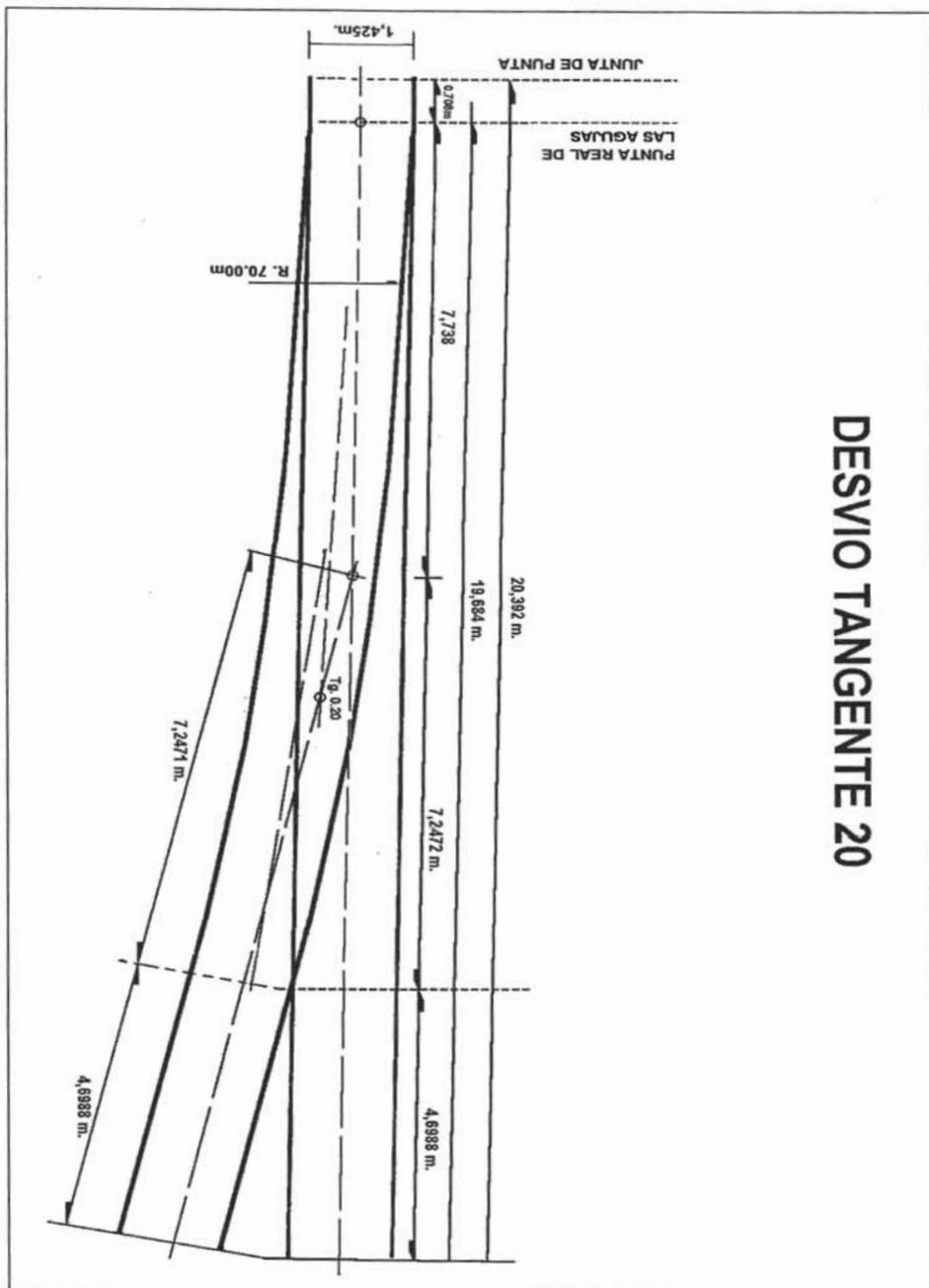


Figura III-22

Los elementos característicos de los aparatos de cambio de vía, son los siguientes:

- I. Piezas moldeadas,
- II. Agujas,
- III. Juntas (punta, talón y corazón),
- IV. Rieles de enlace,
- V. Contrarrieles, y accesorios de fijación.

Los aparatos tangente 0.13 tienen agujas flexibles, es decir, que el talón de la aguja está fijado a los durmientes y su desplazamiento se obtiene por flexión. Los aparatos tangente 0.20 tienen agujas articuladas. Los dos extremos de la aguja se unen cerca de la punta, por tirantes de agujas que le dan solidez en su desplazamiento.

Las agujas están en posición derecha, cuando el observador se coloca frente a la punta de la aguja, mirando hacia los talones y el aparato está dispuesto para comunicar a la vía de la derecha (aguja derecha separada del riel y la izquierda pegada al riel).

Las agujas están en posición izquierda, cuando observándolo de la misma manera, el aparato está dispuesto para comunicar a la vía de la izquierda (aguja derecha pegada del riel y la izquierda separada al riel).

Las agujas se encuentran entreabiertas, cuando ninguna de las dos puntas está apoyada contra la pieza moldeada correspondiente.

Se llama "comunicación" al conjunto de aparatos de vía que permiten a un tren pasar de una vía a otra adyacente. Existen también las llamadas "comunicaciones de plena vía", ubicadas en la proximidad de las estaciones equipadas para efectuar "Servicios Provisionales".

Cuando un tren franquea un aparato de vía circulando de la punta hacia el talón; se dice que la aguja está tomada por la punta.

Cuando el tren circula del talón hacia la punta del aparato de vía, se dice que la aguja está tomada por el talón.

Según el tipo de dispositivo de mando, los aparatos de vía se clasifican en dos categorías:

- I. Aparatos "NO TALONABLES".
- II. Aparatos "TALONABLES".

Los aparatos "NO TALONABLES" pueden tomarse por el talón, a condición de que el aparato esté bien dispuesto para la vía de circulación. En el caso de que el aparato no se encontrara bien dispuesto, el tren causaría daños al cerrojo y a las agujas, por tal motivo ya no podría ser tomada posteriormente por la punta.

Los aparatos de vía "TALONABLES" pueden tomarse por los talones, sin tener deterioros, cualquiera que sea su posición.

III.5.2.- Los cerrojos de agujas

La seguridad exige que el aparato de vía dispuesto en una posición dada se mantenga inmóvil en la posición elegida durante el paso del tren. Para tal efecto, los aparatos de vía en la Línea y en las Terminales disponen de cerrojos que inmovilizan las agujas, por lo tanto, si un aparato tiene cerrojo, es "NO TALONABLE".

Existen dos tipos de cerrojos:

- I. Cerrojo Axial y
- II. Cerrojo Individual.

El cerrojo Axial se instala en los aparatos de vía principal tomados en talón, o en aparatos de vías secundarias tomados a velocidad reducida.

Este tipo de cerrojo se compone de un seguro doble en forma de balancín, montado en un eje al centro de los tirantes de las agujas el cual al accionarse desplaza a éstas hacia un extremo.

Este eje se desliza sobre una corredera fija, el balancín ó seguro se inclina y se apoya en un tope sólido, de este modo inmoviliza a los tirantes y a las agujas del aparato.

La acción del motor sobre la barra de maniobra de las agujas, obliga al seguro a salir de su tope y desplaza a las agujas para efectuar el cambio de vía. El seguro contrario se traba.

El cerrojo Individual se utiliza en los aparatos de vía principal tomados por la punta a velocidad de operación. En cada aguja se coloca una pieza metálica que forma parte del cerrojo y a la que inmoviliza al estar en posición cerrada.

III.5.3.- Los motores de los aparato de cambio de vía

En las vías principales y secundarias de la Línea y en ciertas vías de los Talleres, los aparatos de vía están accionados por un motor eléctrico situado cerca de la punta de las agujas. (ver figura. III-5).

Se designa por "MOTOR DE AGUJA", al conjunto del dispositivo situado dentro de una caja metálica hermética que comprende: el motor eléctrico propiamente dicho y el equipo electromecánico auxiliar.

El funcionamiento del motor, se controla normalmente desde la sala del puesto de maniobras correspondiente a la zona de maniobras de la cual dependa el aparato de vía. Esta sala recibe las ordenes, ya sea por telemando (desde P.C.C., P.C.L.) o localmente (desde el Puesto de Maniobras Local o desde botones en la proximidad de las señales).

El funcionamiento de un motor sólo es posible si ciertas condiciones de seguridad, controladas por la sala de relevadores, están satisfechas.

Sin embargo, en algunos casos definidos en los Documentos Técnicos, será necesario utilizar maniobras de socorro que permitan hacer funcionar el motor de la aguja.

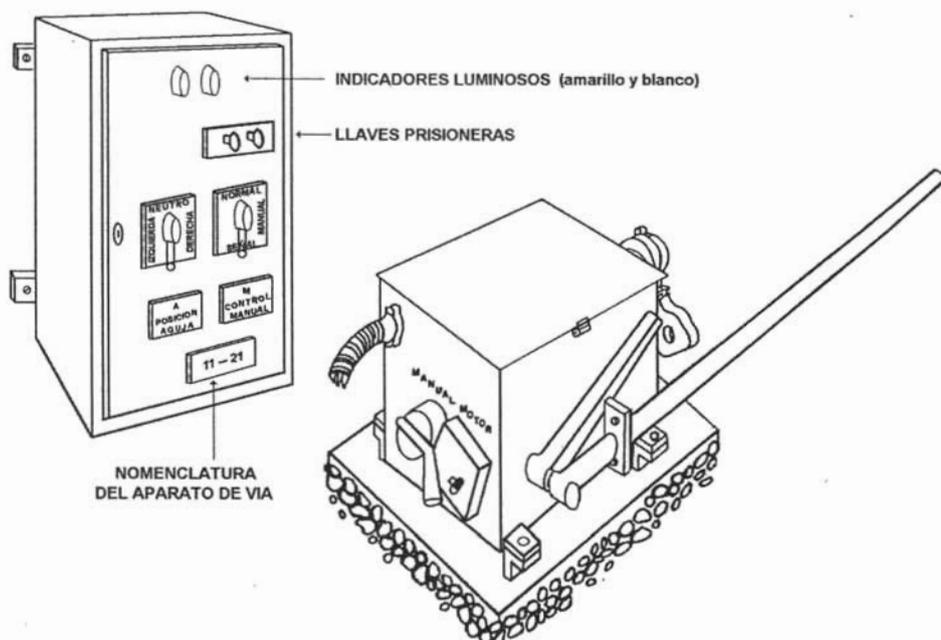


Figura III-24

En ciertos casos, está previsto utilizar la maniobra de Socorro Eléctrico, mediante el conmutador de socorro situado en la proximidad de los aparatos de vía, en vías principales y secundarias en Terminal.

El agente encargado de la maniobra, después de tomar las disposiciones previstas por los Documentos Técnicos para estos casos, podrá obtener el funcionamiento del motor mediante la acción del conmutador.

En el caso de que el funcionamiento del motor no sea posible, el agente podrá, mediante una llave especial retirada del conmutador de socorro, desbloquear la palanca de Mando Manual incorporada en la caja del motor y obtener así el movimiento de las agujas (ver Documento Técnico N° 9 Señalización).

Existen varios tipos de motores de aguja:

- I. El motor T66-14 que se emplea para accionar los aparatos de vía con cerrojo.
- II. El motor T57-03 que se utiliza para accionar los aparatos de vía sin cerrojo. Contiene un dispositivo de protección contra el talonaje que neutraliza la biela de maniobra del mecanismo del motor. Después de un talonaje se debe efectuar una maniobra inversa con el fin de reenganchar el mecanismo.
- III. ALSTHOM T-72 para aparatos de Línea y Terminales
- IV. ASTER TR-44 para aparatos de Talleres

III.5.4.- Dos mecanismos de mando manual

- I. Palanca de maniobras "SAXBY".
- II. Palanca de maniobras "SECTOR".

PALANCA DE MANIOBRAS "SAXBY".

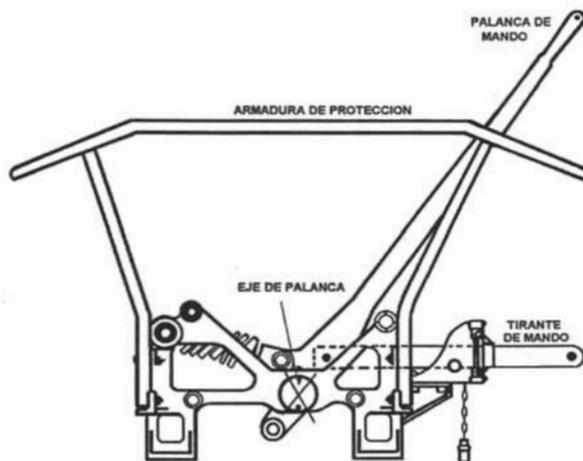


Figura III-25

En la zona de los Talleres, algunos aparatos de vía "TALONABLES", se accionan manualmente por medio de una palanca de mando del tipo SAXBY.

Cuando un tren toma por el talón un aparato de vía no dispuesto para la vía prevista, las agujas se abren por la presión de la ceja de una de las ruedas metálicas del primer eje y por la acción de un resorte el aparato se dispone para la nueva dirección.

La palanca se encuentra ubicada paralelamente a la vía. El movimiento del tirante de accionamiento es transmitido al tirante de las barras de mando de las agujas por medio de una escuadra.

Como medida de seguridad para el personal, la palanca se desplaza en su operación a lo largo de un espacio protegido por una barandilla.

PALANCA DE MANIOBRAS "SECTOR".

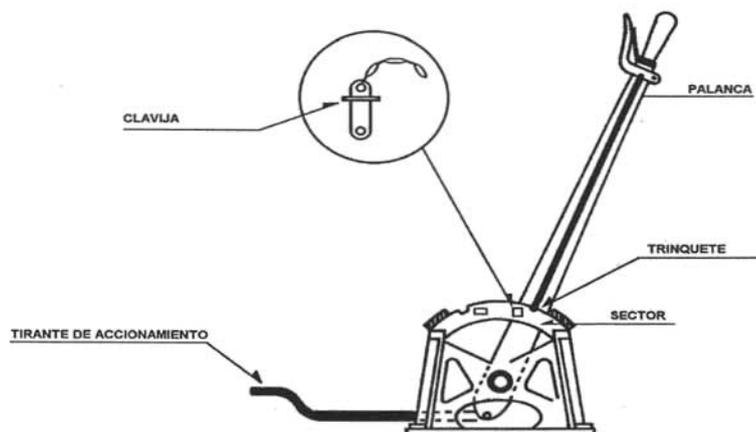


Figura III-26

En la zona de Talleres, ciertos aparatos de vía no talonables se operan manualmente por medio de una palanca del tipo "SECTOR". Esta palanca puede ser asegurada en una posición determinada; su ubicación es igualmente paralela a la vía y actúa también sobre las barras de mando de las agujas por medio de una escuadra.

En Línea, los aparatos de vía con motor, en ocasiones se presentan fallas que imposibilitan el movimiento de las agujas, por lo que es necesario accionarlas mediante un equipo llamado "cofre de socorro" para los motores ALSTHOM, o mediante una llave especial para los ASTER.

III.5.5.- Las juntas de dilatación

Para absorber las variaciones de longitud, ocasionadas por los cambios de temperatura y asegurar la continuidad de las características mecánicas con la menor perturbación posible para el material rodante, en los perfiles metálicos que equipan las vías superficiales ó elevadas del Metro se instalan las juntas de dilatación, con las aberturas máximas siguientes:

- I. Barra guía.- La abertura máxima permitida en éste perfil con un corte diagonal de 20° es de 100 ± 1 mm.
- II. Pista metálica y Riel 80 ASCE.- La abertura máxima permitida en estos perfiles con un corte a 90° en "V" es de 60 ± 1 mm.

El suministro de estas juntas se efectúa en tramos de perfiles de 9 metros de longitud, a excepción de las juntas especiales de mayor longitud, las cuales deberán ser definidas específicamente.

III.5.5.1.- Las juntas aislantes

Para un tramo de vía y en cada una de las filas, existe una junta aislante de riel y otra de pista de rodamiento. Los rieles y las pistas de rodamiento pertenecientes a los circuitos de vía adyacentes, están separados entre sí por un separador aislante (End Post) y se encuentran unidos por planchuelas especiales que aseguran la rigidez mecánica y el aislamiento eléctrico. Esta parte de la vía se denomina junta aislante ó de señalización.

III.5.5.2 Junta aislante pegada.

Son juntas especiales que se colocan en la frontera de los circuitos de vía (CDV) para evitar el paso de la corriente eléctrica, entre los CDV las juntas aislante pegadas básicamente están constituidas por los mismos elementos que las junta aislante emplanchuelada, pero existe una diferencia importante que consiste en que en las primeras se introduce un pegamento (cola) dieléctrico que rellena todos los huecos existentes entre los elementos metálicos y aislantes, formando una junta homogénea y compacta, cuya rapidez mecánica permite incluirla en una vía construida con largo riel soldado, sin recurrir a aparatos de dilatación para proteger la junta.

III.5.5.3.- Las juntas mecánicas

Para absorber las variaciones de longitud, ocasionadas por los cambios de temperatura, en los perfiles metálicos que equipan las vías superficiales ó elevadas del Metro, se utilizan las juntas mecánicas. Dichas juntas se encuentran en los perfiles metálicos con una longitud no mayor a 36 metros, y su abertura máxima tanto en el caso del riel como de la pista de rodamiento, es de 20 más menos 1 mm..

Otra aplicación de las juntas mecánicas, es en la zona de aparatos de cambio de vía, en donde son utilizadas para ensamblar las diferentes piezas de que constan estos aparatos, también se instalan en las vías secundarias de los peines de acceso a garaje.

III.5.6.- Los cupones neutros

Las zonas neutras, llamados también "cupones neutros", son dispositivos instalados en la barra guía y de alimentación eléctrica que cumplen con lo siguiente: (ver figura. III-11a, III-11b, III-11c).

- I. Seccionar eléctricamente la barra de guiado y de toma de corriente, para separar eléctricamente un tramo de vía de otro.
- II. Asegurar la continuidad de las barras guía.
- III. Impedir la realimentación de la sección sin corriente, mediante cualquiera de los frotadores de un mismo carro, en una situación de alimentación degradada (corte de la corriente en una de las secciones contiguas a la zona neutra).

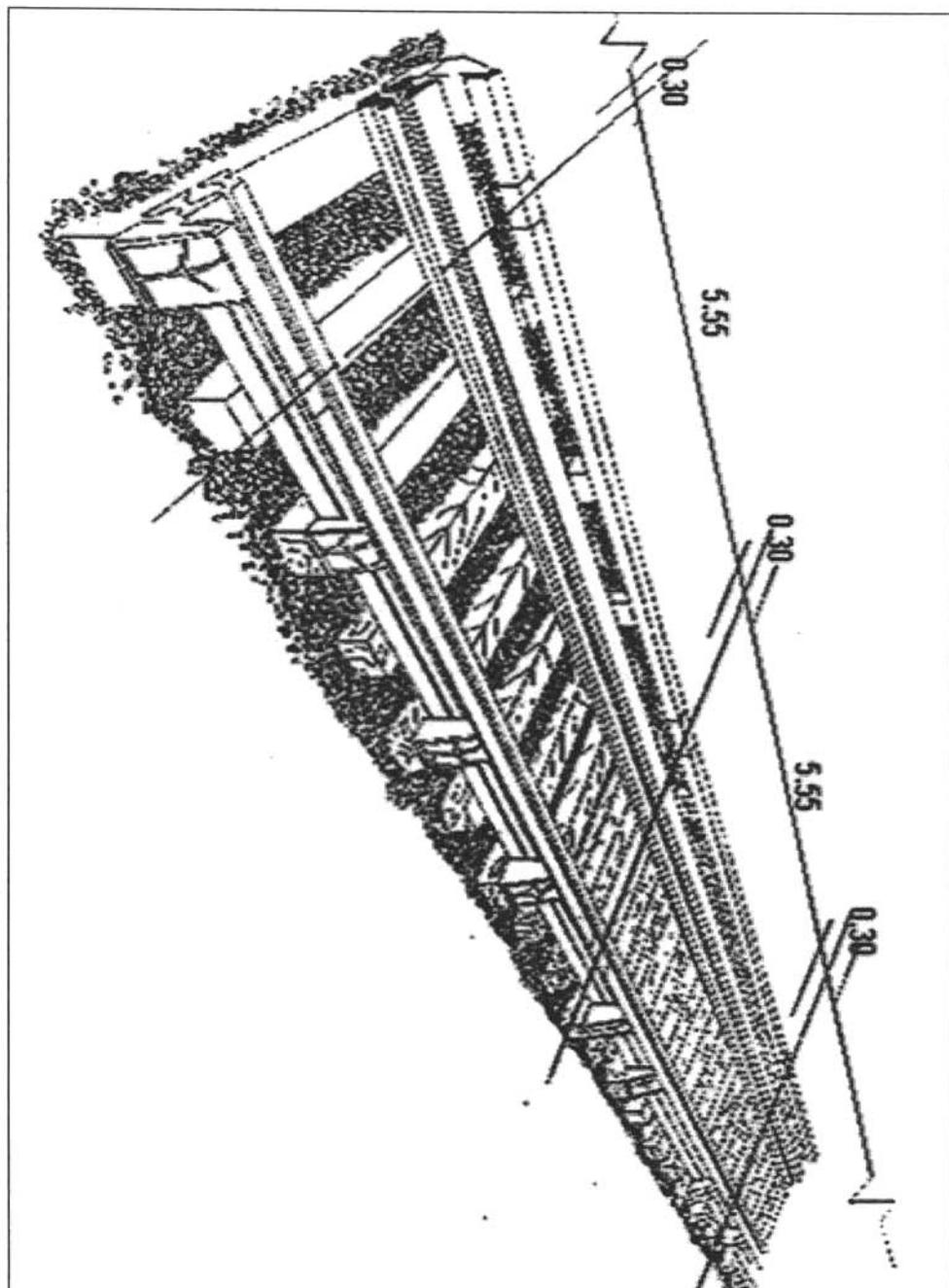


Figura III-27

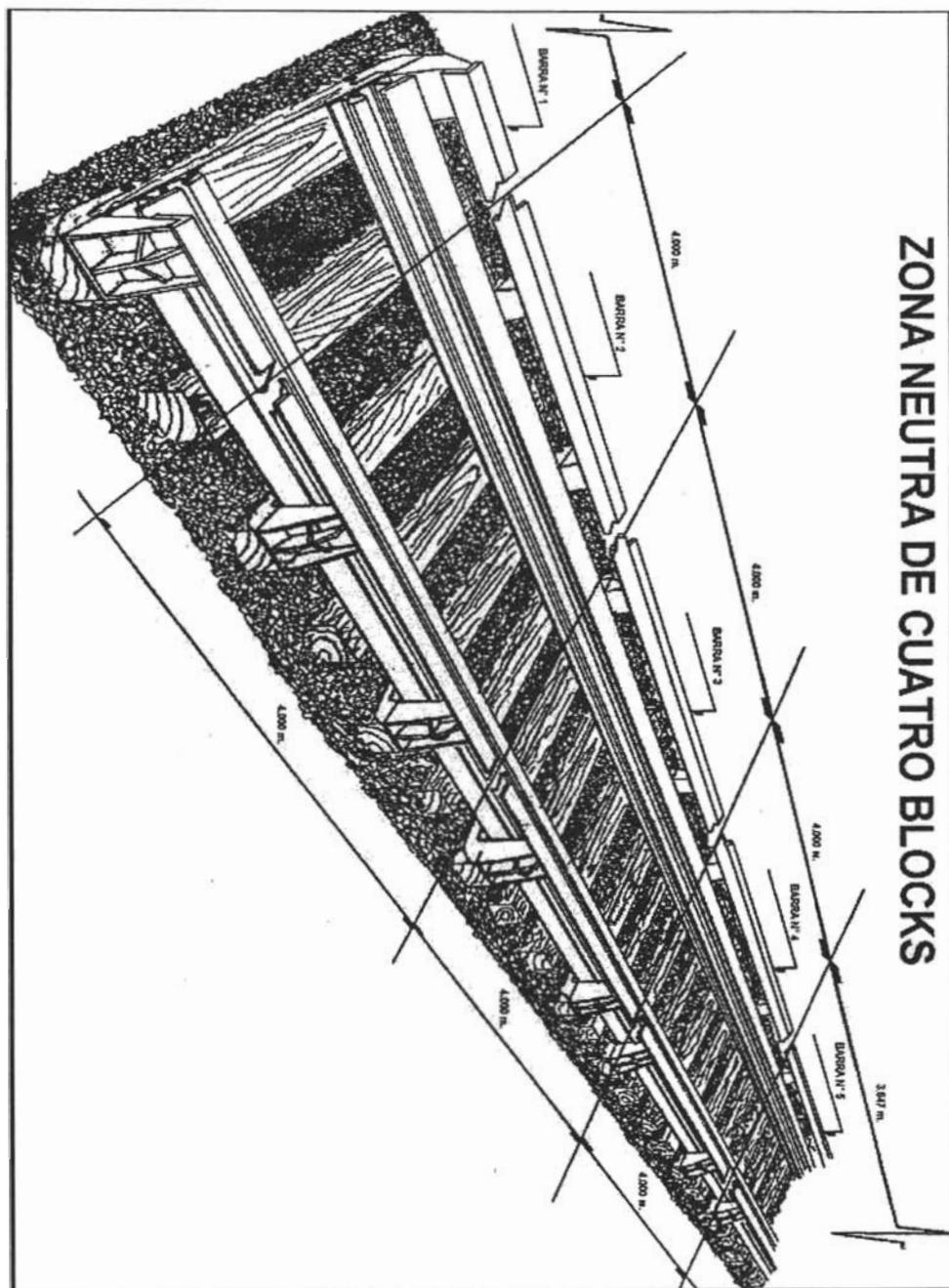


Figura III-29

III.5.7.- Los topes de fin de vía

Los topes de fin de vía impiden que en un momento dado los trenes salgan del fin de la vía; existen tres tipos de topes de fin de vía que son los siguientes:

1. Los topes de arena, están constituidos por un cajón de concreto armado, arena y costales rellenos de arena. La extremidad de la vía penetra en los topes colocados al final de ésta; este dispositivo permite a un tren, lanzado a poca velocidad, detenerse sin que la parte delantera del carro y de la carretilla sufran gran deterioro y se instalan normalmente en la extremidad de las vías de garaje, vías secundarias, vías de pruebas y vías "Y" y "Z".
- I. Los topes de madera; son construidos en los muretes de concreto armado, los cuales soportan los tramos de madera dispuestos horizontalmente; estos topes se instalan en el extremo de una vía sobre fosa en los Talleres.

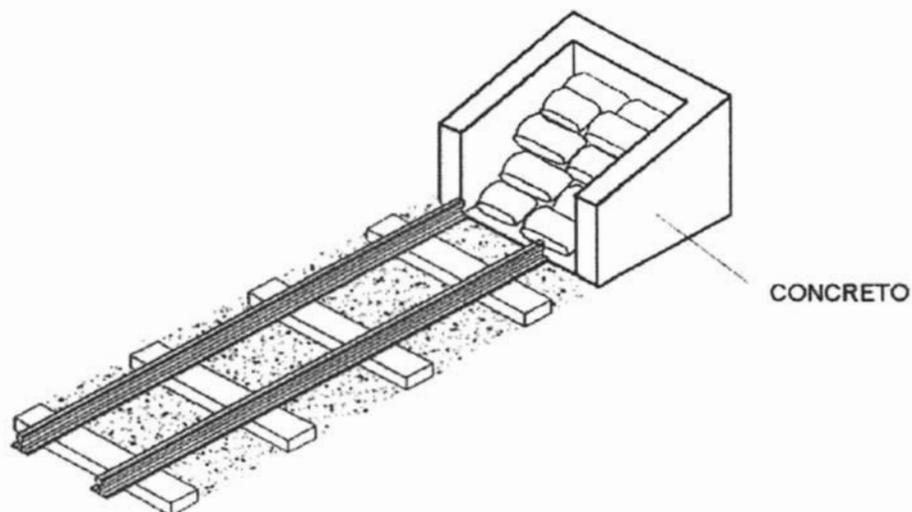


Figura III-30

- II. Los topes mecánicos; están constituidos por una estructura soporte de impacto triangular con nervaduras laterales de refuerzo y una base de neopreno de amortiguamiento, para recibir el impacto del tren. Además, consta de pares de zapatas de fricción, dos instaladas en la base de la estructura soporte y 11 pares en el ensamble articulado que se encuentra instalado en la parte posterior de la estructura soporte, este mecanismo articulado se comprime al impacto del tren en el tope, entrando en operación las zapatas de fricción; el par de apriete para estas zapatas es de aproximadamente 50-60 lb-ft; finalmente estos sistemas son instalados en vías de prueba y zonas en donde se circula baja velocidad y sin usuarios. Utilizándose este dispositivo para llevar el tren de una velocidad máxima de 25 km/h, a una velocidad cero o de paro total, en una distancia máxima de 50 metros.

VISTA SUPERIOR DE CONJUNTO

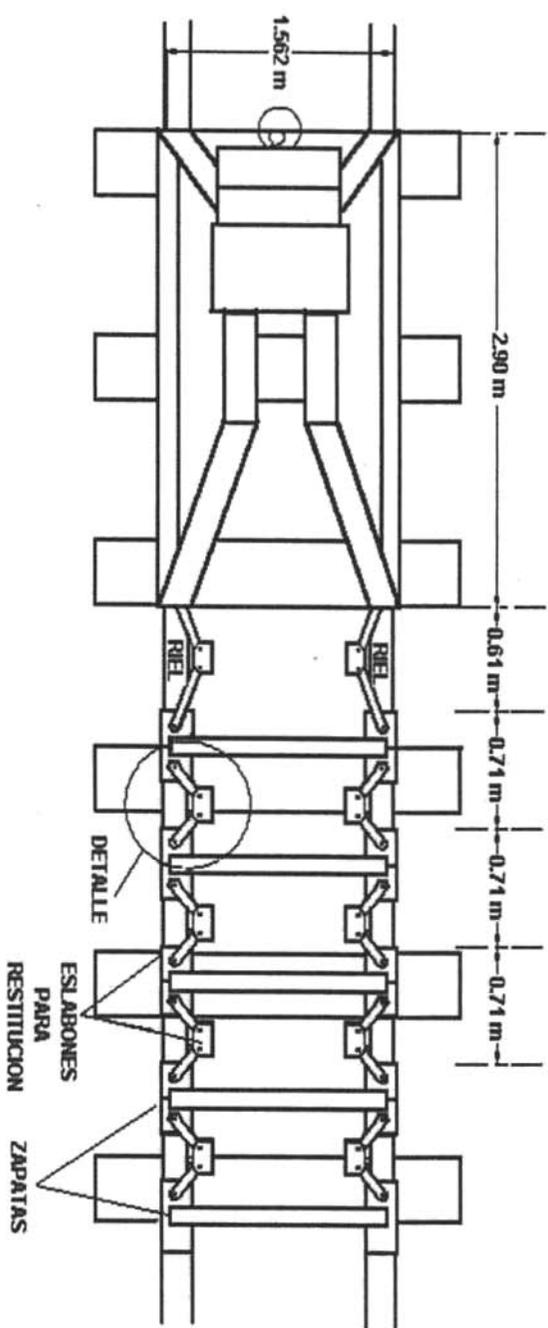


Figura III-31

IV.- LOS SISTEMAS DE CONTROL

IV.1.- EL PILOTAJE AUTOMÁTICO

IV.1.1-Diseño de un sistema de pilotaje automático

Para el desarrollo y diseño de un equipo, las especificaciones técnicas juegan un papel muy importante, la información que en este documento se encuentra ayuda y da una idea de las necesidades que el cliente tiene. Es pues en esta parte en donde se establece lo que se espera del equipo y cómo funciona, datos que son muy importantes y se deben considerar como lo son entre otros:

- EL NÚMERO DE CARROS
- FLUJO DE PASAJEROS
- TIEMPO DE SERVICIO QUE SE REQUIERE
- ACCESO A MANTENIMIENTO CUANDO UN TREN SE AVERÍA
- CANTIDAD DE TRENES POR LÍNEA
- TIPOS DE CONDUCCIÓN (NORMAL O DEGRADADA)
- VELOCIDAD COMERCIAL
- INTERVALO

DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PILOTAJE AUTOMÁTICO



Figura IV-1

También como el tipo de transporte en un tren eléctrico, es evidente que el tren que circula en las vías (material rodante) dispone de varias características propias del material con que fue construido; es decir, en el caso de los motores tienen cierta capacidad y una aceleración llamada tracción, de la misma forma que el sistema de

frenado, puede ser que disponga de varios niveles de frenado, un frenado de emergencia, un frenado eléctrico o bien, un frenado neumático. Estos datos también son considerados para el diseño; por último existe una serie de factores que pudieran considerarse como variables, ya que son casos particulares, aunque se encuentran a lo largo de toda la línea estos son las especificaciones de la línea tales como, pendientes, puntos kilométricos (PK), radios de curvatura; y el tipo de señalización empleada (lateral a sección tapón, en cabina, con circuito de vía, etc.), dan como resultado la estructura de un equipo que cumple con las necesidades planteadas. La siguiente figura muestra en forma resumida lo antes expuesto.

Ahora bien, la función que realiza el sistema de PA es la de permitir una uniformidad en la marcha de trenes de forma automática por medio de un programa. Se le instala al tren y se elimina la decisión del conductor acerca del nivel de velocidad. Así se obtiene una optimización en la explotación de la línea, respetando los límites físicos de los materiales y normas de seguridad. Además, asegura la buena marcha de los trenes, no importando la carga y verifica que las condiciones de seguridad sean cumplidas.

El Pilotaje Automático depende de las condiciones de señalización, teniendo también una relación con el tráfico, ya que el equipo puede variar la marcha del tren dependiendo de qué tan saturada esté la línea Las marchas disponibles son:

- ACELERADAS I y II
- NORMAL
- LENTAS I y II
- TIEMPO LLUVIA

Por otra parte es un equipo perfeccionado y en su construcción se emplean: Microprocesadores y Elementos discretos para funciones de seguridad.

Su principio de funcionamiento es el de generar una señal o programa consistente en una señal portadora de alta frecuencia que se modula por otras señales de baja frecuencia las cuales serán información discreta que representarán las órdenes que conducirán al tren de una estación a otra; todas ellas de seguridad. Esta señal modulada se envía a la línea por medio de cables conductores que constituyen una línea de transmisión localizándose encima de la barra guía.

Lo que a simple vista se observa es el soporte y el tapete que sirven para sujetar y proteger los cables conductores. La corriente que circula por la línea de transmisión genera un campo magnético característico de cada punto del terreno.

El tren recibe la información del campo magnético mediante captosres que se encuentran en el remolque central llamado remolque pilotaje (RP). El equipo bordo del tren procesa las señales captadas y las transforma en acciones para su funcionamiento (tracción, frenado, apertura de puertas, establecimiento del Frenado de Urgencia. etc.).

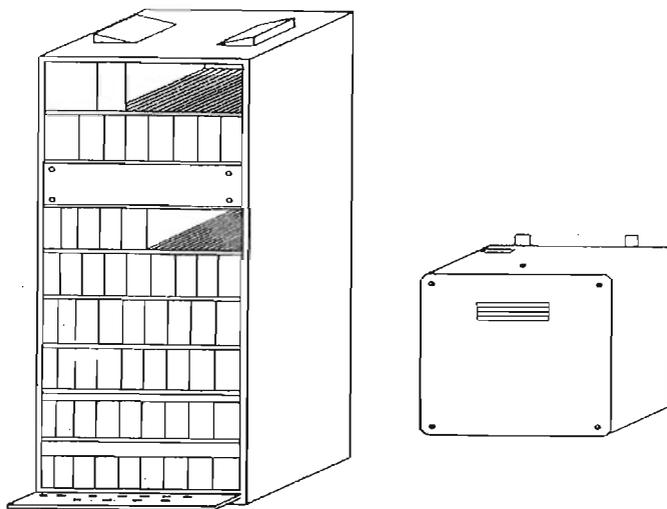
Ahora bien; los módulos que se encargan de generar las señales necesarias para ser enviadas a la línea de transmisión, cajas de conexión y cables empleados para enlaces,

constituyen el equipo fijo, el cual permanece en un local técnico en cada una de las estaciones de la línea; Los dispositivos que se encuentran abordo del tren (captore, cajones, rueda fónica, ALD's y block RL) forman el equipo embarcado o móvil.

IV.1.2.- Localización de los equipos del sistema de pilotaje automático

IV.1.2.1.- Local técnico

La parte más importante del equipo fijo es la en cargada de generar los programas tomando en cuenta las condiciones de señalización, mandos de PCC y la elaboración de una lógica para estar seguros que las informaciones necesarias están presentes de esta manera, en el local técnico se localizan instalados armarios que contienen circuitos electrónicos dispuestos en forma de módulos los cuales se encargarán de elaborar los programas. También está en el local técnico la fuente de alimentación Que da el voltaje necesario para la función de los circuitos.



**EQUIPO INTALADO EN EL LOCAL TÉCNICO
(ARMARIO Y FUENTE DE ALIMENTACIÓN)**

Figura IV-2

Los equipos de señalización y mando centralizado tienen relación con el armario de Pilotaje Automático, aunque en el primero esta relación se hace aún más estrecha, debido a que las informaciones de seguridad que se necesitan para la elaboración de programas son tomadas de dicho sistema.

IV.1.2.2.- Línea (Estación e Interestación)

Después de que el armario en el local técnico ha generado los programas, se instalan en la línea, tanto en la estación como en la interestación, por medio de cables conductores. Para llevar a cabo esta distribución de programa, es necesario contar con cajas de conexión, de distribución y paso, asignándole a cada una de ellas un nombre especial que se verá más adelante. En la figura se muestra la disposición de los programas de Pilotaje Automático.

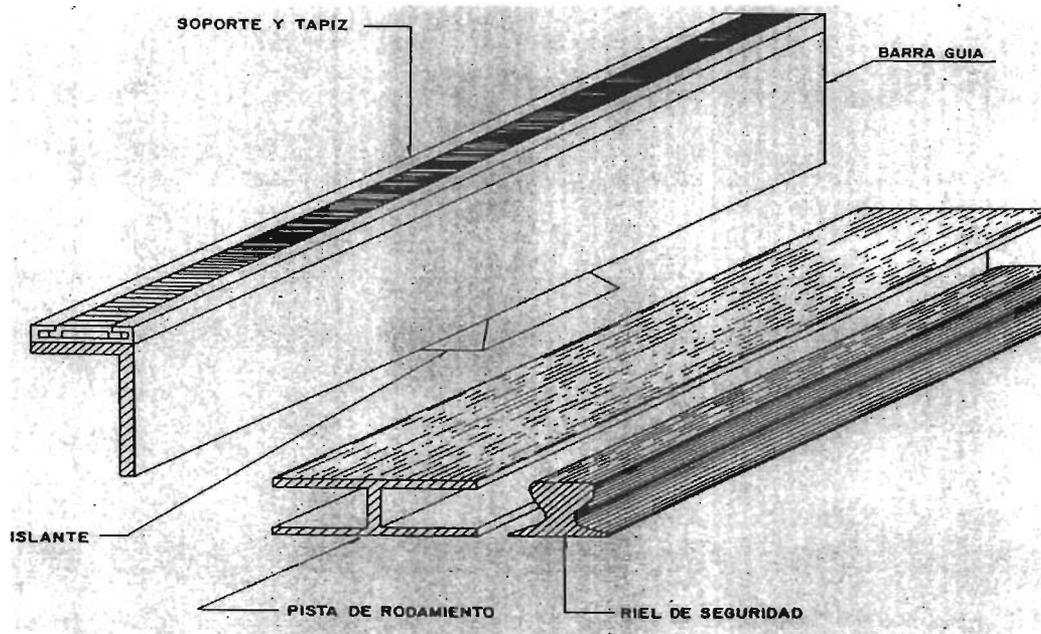


Figura IV-3

INSTALACIÓN DE LOS PROGRAMAS EN LINEA

IV.1.2.3.- Tren

El programa que se encuentra en el tapiz es detectado por los captore del tren, los cuales envían su información al equipo de Pilotaje Automático encargado de interpretar y transformar en señales de frenado y tracción. Así en el tren está instalado el equipo embarcado con algunos sistemas auxiliares que le servirán para un mejor funcionamiento.

Como puede observarse, para cumplir el objetivo de mover los trenes de manera automatizada ha sido necesario desarrollar un sistema compuesto por dos equipos íntimamente relacionados los cuales son el equipo instalado a nivel vías (equipo fijo) y el equipo que se encuentra en el tren (equipo embarcado).

La función del equipo embarcado es la de recibir e interpretar las informaciones provenientes del equipo fijo, y así poder efectuar automáticamente las funciones que deban realizar los trenes (salida, parada del tren ante señales y en estación, respetar las velocidades establecidas, etc.).

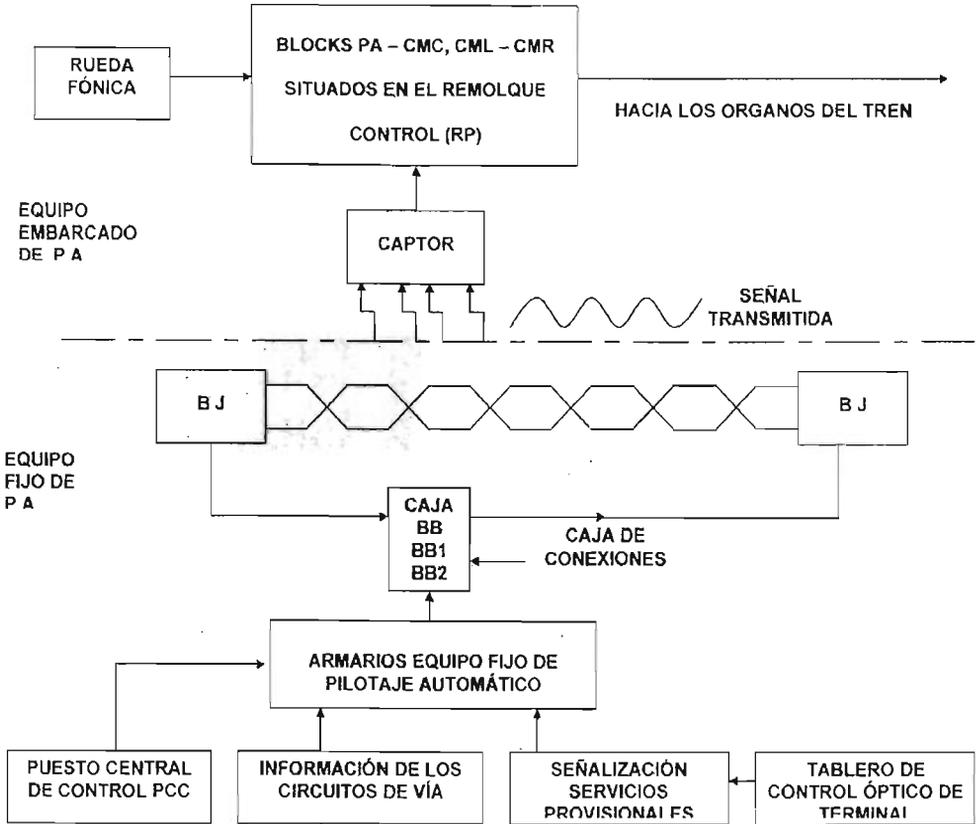


Figura IV-4

IV.1.3.- FUNCIÓN DEL PILOTAJE AUTOMÁTICO (EQUIPO FIJO Y EMBARCADO)

La función más importante del sistema de pilotaje automático es incrementar la seguridad en la circulación de los trenes, automatizándola cuando el máximo de condiciones de seguridad son reunidas, además de proporcionar un modo de conducción automático, confiando en los equipos y dispositivos del tren la ejecución de funciones repetitivas.

Está constituido principalmente por un programa de marcha inscrito en la vía y por un dispositivo electrónico dentro del tren, el cual mantiene su velocidad al valor ordenado por el programa, actuando sobre los equipos de tracción y frenado propios del tren;

permite además controlar la velocidad del tren sobre el valor requerido, evitándose de esta forma la influencia de la carga sobre el tren en el confort y precisión del frenado en el punto normal de paro en andenes y señales al alto espaciamento.

El Sistema de Pilotaje Automático debe de cumplir en forma segura a partir de las informaciones del programa las siguientes funciones:

- I. Salida del tren en Estación.
- II. Circulación en Interestaciones respetando las limitaciones de velocidad y señalización establecidas por las condiciones locales de operación.
- III. Arribo y parada del tren en las Estaciones.
- IV. Maniobras de cambio de vía de las Terminales y Servicios Provisionales.
- V. Autorización de apertura de puertas.

IV.1.4.- ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL EQUIPO EMBARCADO

IV.1.4.1.- Block PA - CMC

Es el encargado de realizar todas las funciones necesarias para los modos de conducción PA y CMC está compuesto de los siguientes cajones cada uno de ellos contiene diferentes módulos para su funcionamiento, y son los siguientes:

IV.1.4.1. a.- Cajón 1 alimentación PA - CMC

Está compuesto por los siguientes módulos:

1. **Cartas de alimentación 1 y alimentación 2.** Su función es la de elaborar las tensiones continuas de + 24V necesarios para el funcionamiento de los circuitos de Pilotaje.
2. **Carta de alimentación 3.** Su función es la de convertir +24V provenientes de la alimentación 2, en voltajes de + 8V, + 12V y -24Volts.
3. **Carta Rele SAS.** Tiene como función:
 - La secuencia del funcionamiento de los vibradores en el modo SAS y
 - La elaboración de los límites de sobre velocidad, sirviendo de referencia las cadenas de seguridad.
4. **Alimentación 4.**
 - Elabora a partir de +24V provenientes de la alimentación 2 y 3 los voltajes de +15V de seguridad, de prueba y + 5 Volts.
5. **Carta circuitos anexos** tiene como función:
 - La impulsión T2 necesaria para la salida en la cronometría,
 - La elaboración de la seguridad binaria (SB) y
 - El mando de los indicadores Programa no alimentado y Piloto no disponible
6. **Carta ecuación de salida,** tiene como función:
 - La salida del tren, siempre y cuando se den las condiciones de seguridad;
 - La fabricación bajo ciertas condiciones de la información EPF (ecuación puertas cerradas)
 - La validación de las interfases de salida.

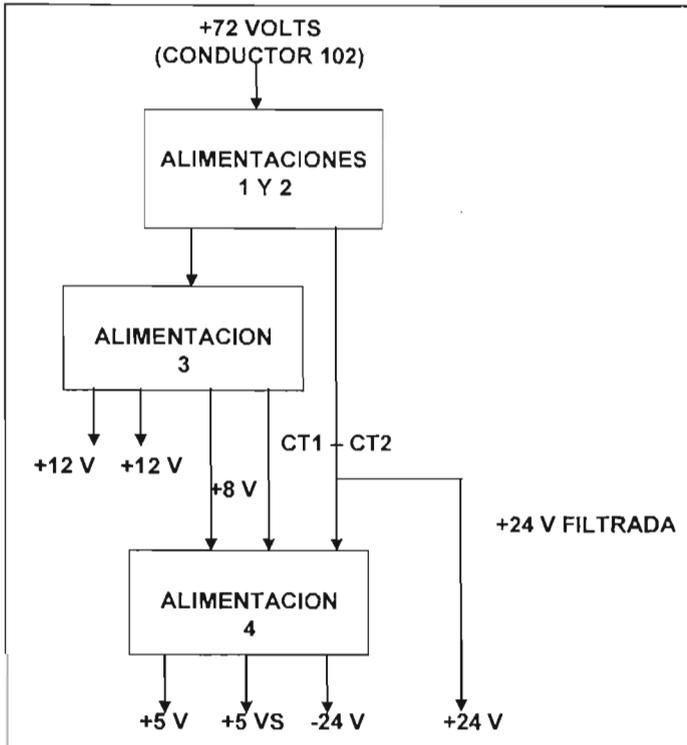


Figura IV-5 Alimentaciones 1, 2, 3 y 4 del block PA - CMC

IV.1.4.1.b.- Cajón 2 seguridades PA-CMC

Está compuesto por los siguientes módulos:

1. Cartas interfases Reloj PA e interfase Reloj CMC

Su función es el control del pulso SD (seguridad dinámica), procedente de la carta detección sincrona y la elaboración de las frecuencias del reloj y las puestas a cero para el funcionamiento de las cartas de seguridad dinámica numérica tanto para PA como para la CMC. Estas dos cartas son idénticas

2. Cartas SD1 - SD2 PA y SD1 - SD2 CMC, tiene como función:

- El de recuento (SD1) Que permite el control de los tiempos que determinan los impulsos en PA y CMC.
- Una función de control de sobre velocidad (SD2) en PA y CMC.
- Estas dos cartas son idénticas.
- Cartas SD3 PA y SD3 CMC; su función es la de sintetizar las salidas de las cartas SD1-SD2, y controla el que SD1-1 y SD1-2 estén en oposición de fase al igual que la SD2-1 y SD2-2.

Estas dos cartas son idénticas.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

3. **Carta SSD PA-CMC**; tiene como función:

- La generación de los 23Khz de mando de los ALD's y los 24V SSD PA;
- Elaboración de la autorización de salida del tren.
- La detección de cualquier falla de una de las cadenas de SD.

4. **Carta Mando de Marchas Reducidas**; su función es la de elaborar los mandos de marcha tiempo-lluvia, "marcha serie", y "marcha reducida"

5. **Carta Anexo IC**; tiene como función:

- Comparar la sobre velocidad, 197m/s y 255 m/s para el mando de cadena SD.
- Generar la Energía cable CMC;
- Comparar las informaciones de validación de las cadenas de detección sincrona
- La puesta en forma de la información rueda fónica (gamma 1).

6. **Carta Anexo 2C**; tiene como función:

- Elaborar una información de desfrenado ADF;
- Conmutar la información SSD3 PA y de la cadena SD en conducción PA o CMC.

IV.1.4.1.c.- Cajón 3 energía cable PA-CMC

Está compuesto por los siguientes módulos:

1. **Carta demodulador**. Cambio de velocidad; tiene como función:

- Extraer información de bajas frecuencias provenientes de las instalaciones fijas;
- Conmutar la información SSD3 PA y de la cadena SD
- La medida de la frecuencia portadora HF 135 Khz. (regulación de velocidad)

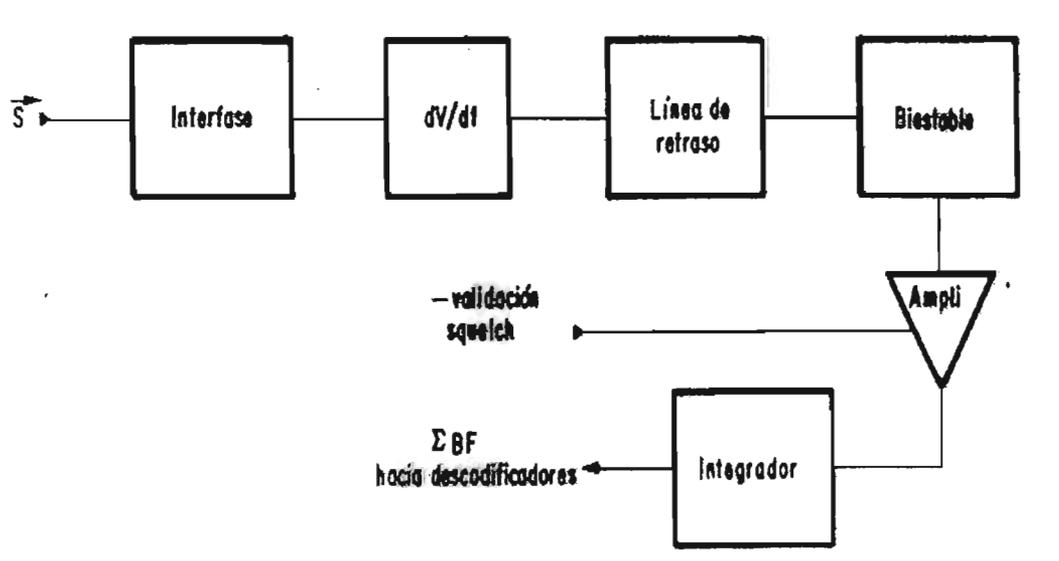


Figura IV-6 Principio Del Módulo Del Demodulador

2. **Cartas decodificadores 1, 2, 3 y 4**, tienen la misma finalidad, que es la de detectar la presencia de la baja frecuencia correspondiente a la frecuencia del diapason entre las 12 frecuencias se decodifican y se ponen en forma.

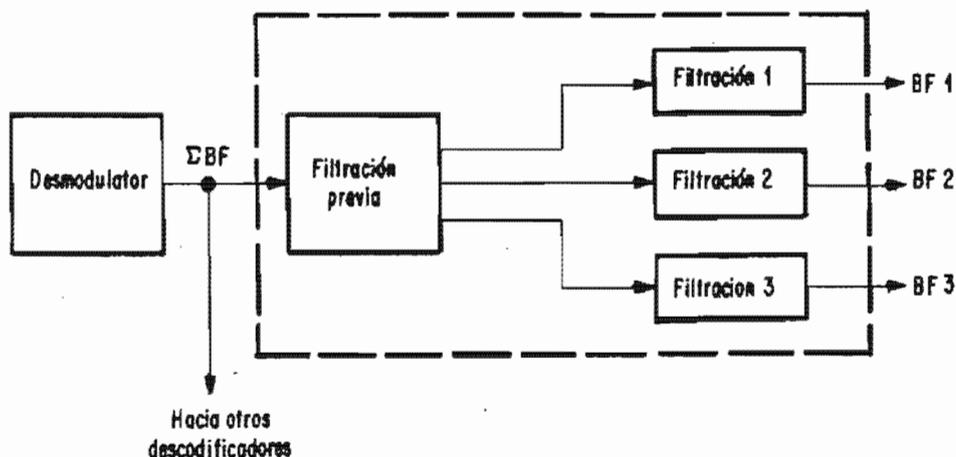


Figura IV-7 Principio Del Módulo Decodificador

3. **Carta Amplificador 2.5 Watts**; su función es la de transformar una baja frecuencia de 0.25 watts a 2.5 watts

4. **Carta Gamma 1**; tiene como función; a partir de la señal emitida por la rueda fónica:

- la velocidad y la desaceleración real del tren.
- Las informaciones de rueda libre y de frenado, de las tensiones de referencia o consignas indicadas por el PA.

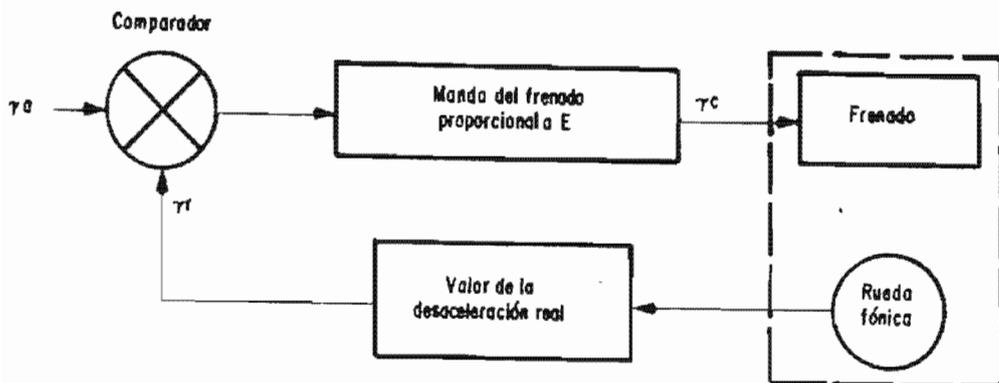


Figura IV-8 Principio Del Módulo Gamma1

5. Carta Gamma 2; tiene como función, a partir de las informaciones emitidas por la gamma 1:

- la modulación de la portadora 23 Khz de alimentación de los circuitos de frenado del tren (sólo en PA) y
- A partir de la tensión, velocidad emitida por la gamma 1, las tensiones de umbral de velocidad QVA1, QVA2 necesarias para las ecuaciones del equipo de PA.

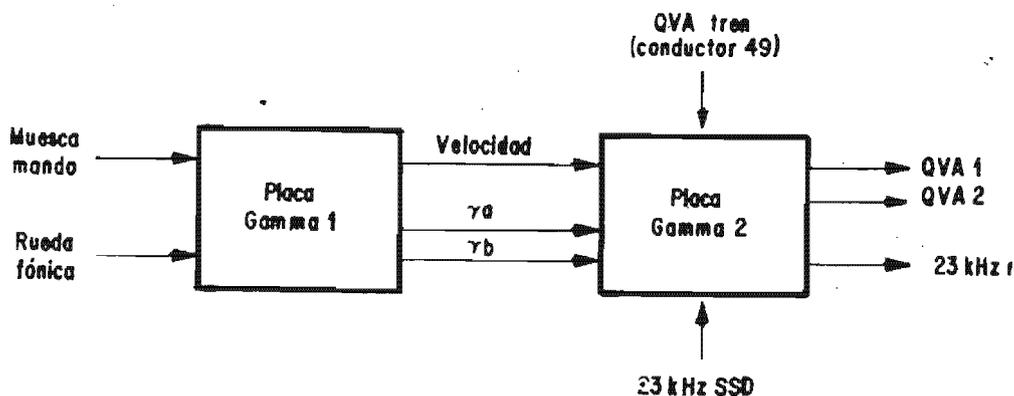


Figura IV-9 Principio De Los Módulos Gamma1 y Gamma 2

6. Carta Energía Cable; tiene como función:

- La producción a partir de las informaciones de bajas frecuencias OD u OG y la seguridad binaria (SB), de la energía cable del desfrenado CST (ecuación característica de estación).
- La elaboración de la energía cable 100 Khz. a partir de la información de baja frecuencia ZR (en estación) o de la baja frecuencia AM (en interestación) y a condición de tener +12V squelch PA.

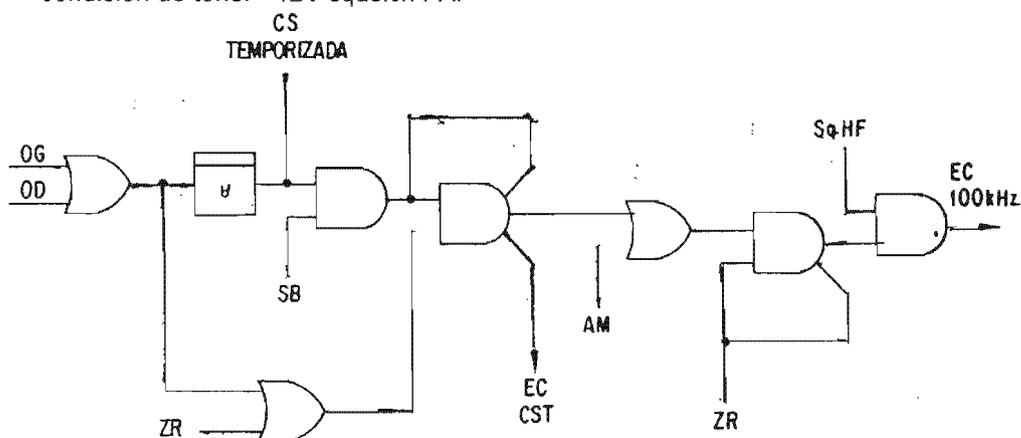


Figura IV-10 Diagrama Del Módulo Energía Cable

IV.1.4.1.d.- Cajón 4 captación PA-CMC

Está compuesto por los siguientes módulos:

1. Cartas captación PA y CMC

Su función es la de procesar las señales provenientes de los captadores HF derechos o izquierdos y controla el nivel de la señal suma vector S.

Los captadores delanteros son utilizados para el PA y los traseros para la CMC y una carta captación se activa para el PA y la otra para la CMC.

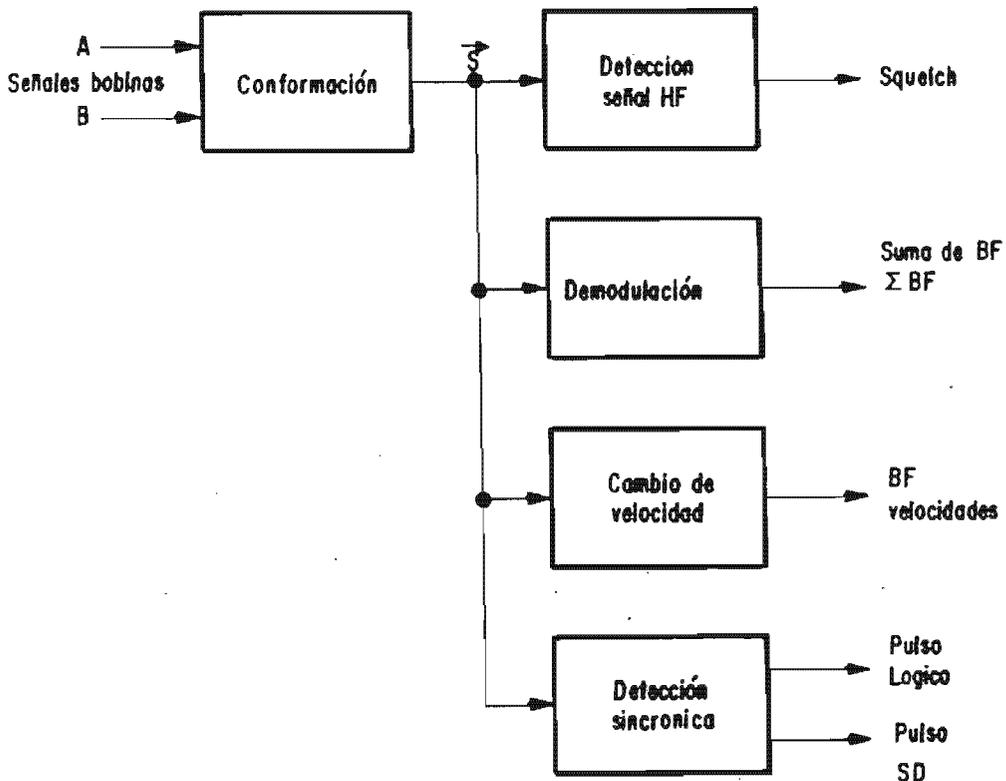


Figura IV-11 Módulo De Captación PA – CMC

2. Carta Detección Sincrona PA y CMC; son dos cartas idénticas, una para el PA y la otra para la CMC. Su función es la de elaborar los pulsos SD y lógico a partir de las informaciones dadas por la carta captación correspondiente a PA o CMC.

3. Carta Cronometría (microprocesador); su finalidad es la de dar la velocidad, frenado o tipo de marcha que requiera el tren impuesta por las señales provenientes de las instalaciones fijas.

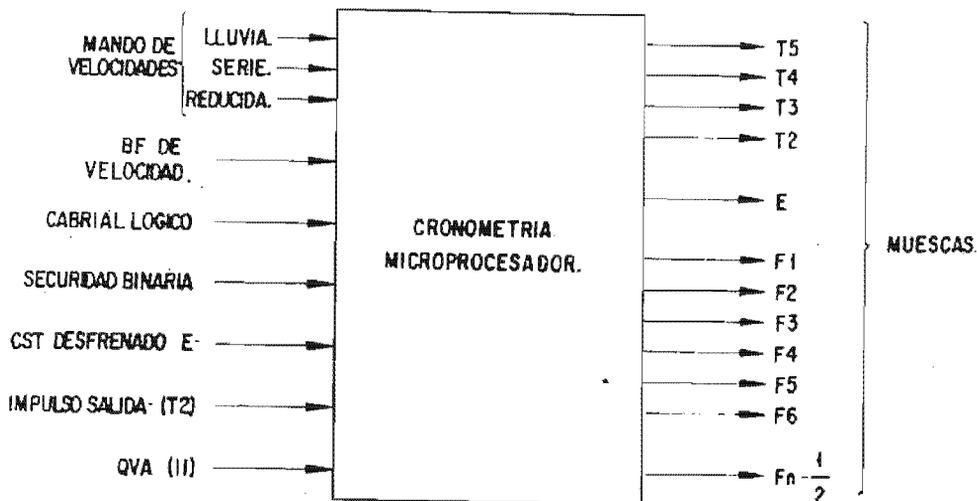


Figura IV-12 Módulo De La Cronometría

4. **Carta Mando de Reles;** su función es la de asegurar la interfase entre la cronometría y los reles de mando de la carta Reles de Salida, al igual que entre la cronometría y la gamma 2.

5. **Carta Reles de Salida;** asegura la interfase entre el mando de PA liberando muescas de tracción y frenado y las líneas de tren

6. **Carta Validación Captor;** Suministra a la carta conmutación captores las informaciones que le permiten realizar los cambios adecuados entre los captores y las cartas captación

7. **Carta Conmutación Captores;** realiza en función del sentido de la marcha del tren, los cambios adecuados entre los captores y las cartas captación. Además conmuta distintamente los captores en el momento del rearme.

IV.1.4.2.- BLOCK CML - CMR

Son los encargados de realizar todas las funciones necesarias para los modos de conducción CML y CMR. Además va a servir de interfase entre los captores y el block PA - CMC, ya que en este block se encuentran las cartas interfase captores delanteros y traseros utilizados por la conmutación captores de PA y CMC. Está compuesto por los siguientes cajones y cada uno de ellos contiene diferentes módulos.

IV.1.4.2.a.- Cajón alimentación CML-CMR

Está compuesto por los siguientes módulos

1. **Cartas alimentación 1 y alimentación 2;** su función es la de elaborar las tensiones continuas de +24V para el funcionamiento de los circuitos del equipo de CML-CMR. Es idéntica a la del cajón PA -CMC.

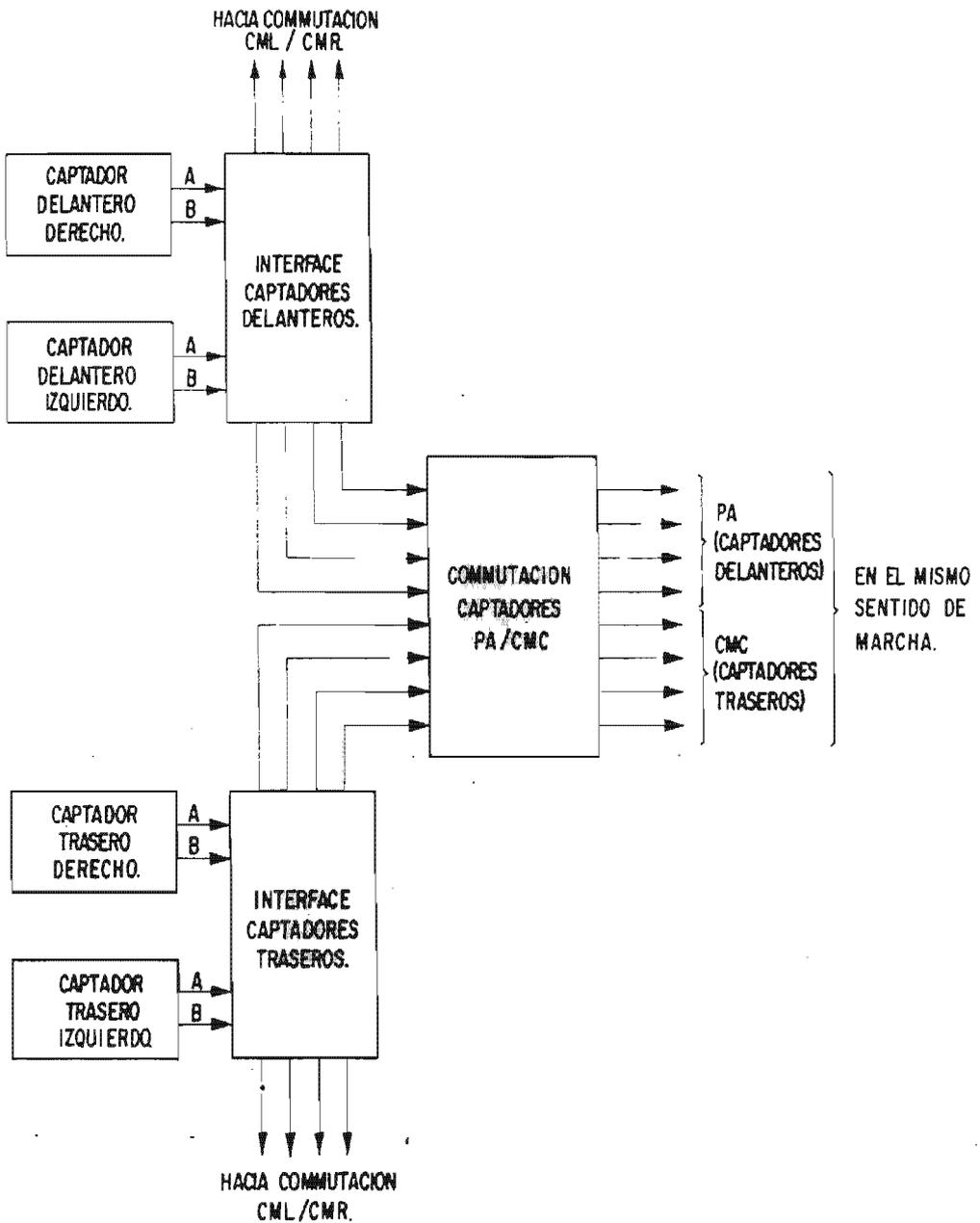


Figura IV-13 Principio De La Conmutación De Los Captores

2. **Carta alimentación 3;** a partir de los +24V provenientes de la Alimentación 2, elaborar voltajes de +8 V, + 12 V es idéntica a la del cajón PA-CMC.
3. **Carta alimentación 4;** Suministra las tensiones de -24V y +5 volts a los equipos CML-CMR.
4. **Carta conmutación captore;** hace los cambios adecuados entre los captore y las cartas captación. Es idéntica a la del cajón PA-CMC.
5. **Carta interfase captore delanteros e izquierdos;** su función es la de multiplicar por dos sin modificación de las características de las señales, las salidas de los captore para satisfacer los distintos modos de conducción (PA, CMC, CML, CMR).

IV1.4.2.b.-CAJÓN 2 SEGURIDADES CML-CMR

Está compuesto por los siguientes módulos:

1. **Carta validación captore.** Suministra a la carta conmutación captore las informaciones que le permiten realizar los cambios adecuados entre los captore y la carta captación Es idéntica a la del cajón PA-CMC.
2. **Cartas captación delantera y trasera.** Procesa las señales provenientes de los captore HF. Es idéntica a la del cajón PA-CMC.
3. **Carta demodulación 4.8 khz.** Tiene como función:
 - La extracción de la señal de baja frecuencia compuesta por la ZR y la VM.
 - La decodificación de la frecuencia de 4.8 Khz. inducido en el captor BF, en las zonas equipadas para esta frecuencia (garaje, talleres).
4. **Carta decodificador ZR-VM;** Realiza el filtrado y la amplificación de las bajas frecuencias ZR y VM, entregadas por el demodulador 4.8 Khz.
5. **Carta anexo lógico.** Tiene como función:
 - Realizar los umbrales de sobre velocidad destinados a la carta SD1 analógica CML-CMR. Elabora la información energía cable, destinada a la carta SSD CML-CMR.
 - Conmuta los 23 Khz. (CML-CMR) o (PA-CMC).
 - Conmuta la línea de tren B1.
6. **Carta interfase TMH;** Tiene como función:
 - Elaborar a partir del dispositivo del tren TMH una información de velocidad llamada impulsión TMH.
 - A partir de las informaciones de la velocidad emitidas por el tren (QVA) Señales de velocidad propias del block CML-CMR.
 - Asegurar a partir de las informaciones de velocidad y de seguridad dinámica la prueba de disponibilidad CML-CMR mientras se conduce en PA o CMC.
7. **Carta SD1 CML-CMR;** Elabora el punto "A" TMH si la sobre velocidad es alcanzada.
8. **Carta SD2 CML-CMR;** Realiza la temporización a la caída de la cadena SD al producirse una sobre velocidad.
9. **Carta SSD CML-CMR;** tiene como función:
 - Elaborar los 23 Khz. que autoriza el desfrenado del tren en CML-CMR.
 - Elaborar los +15V SSD que valida la cadena de seguridad dinámica (SD).

IV.1.4.6.- Rueda fónica y captor COTEP

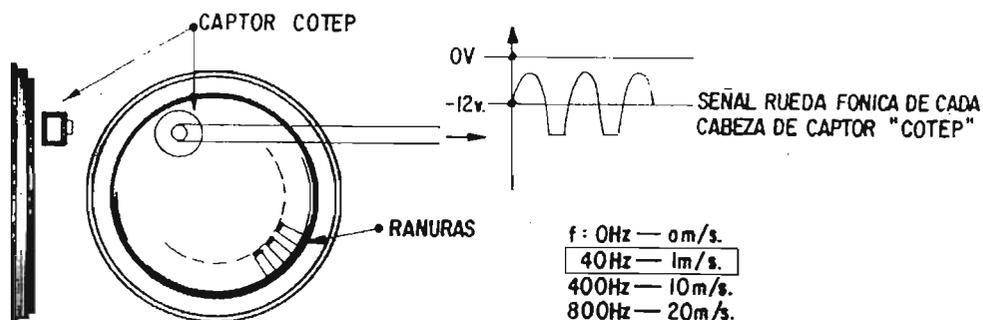
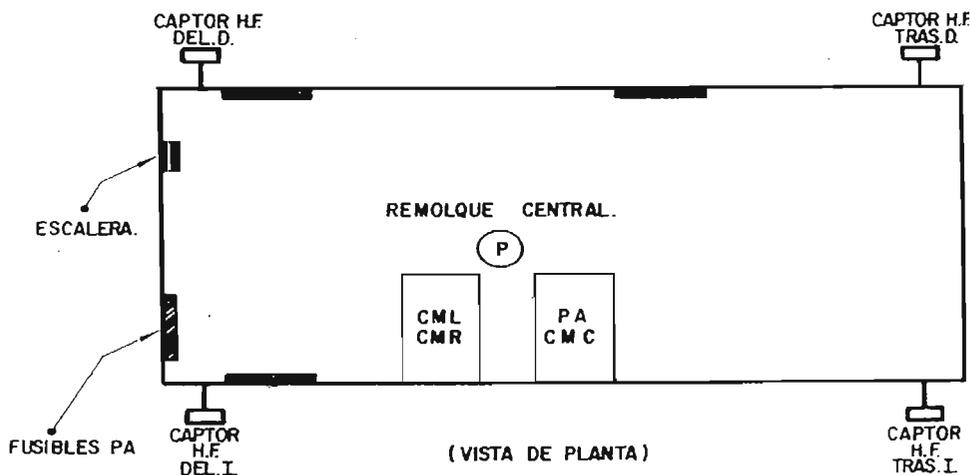
DETALLE : RUEDA FONICA.

Figura IV-15 Rueda Fónica Y Captor COTEP

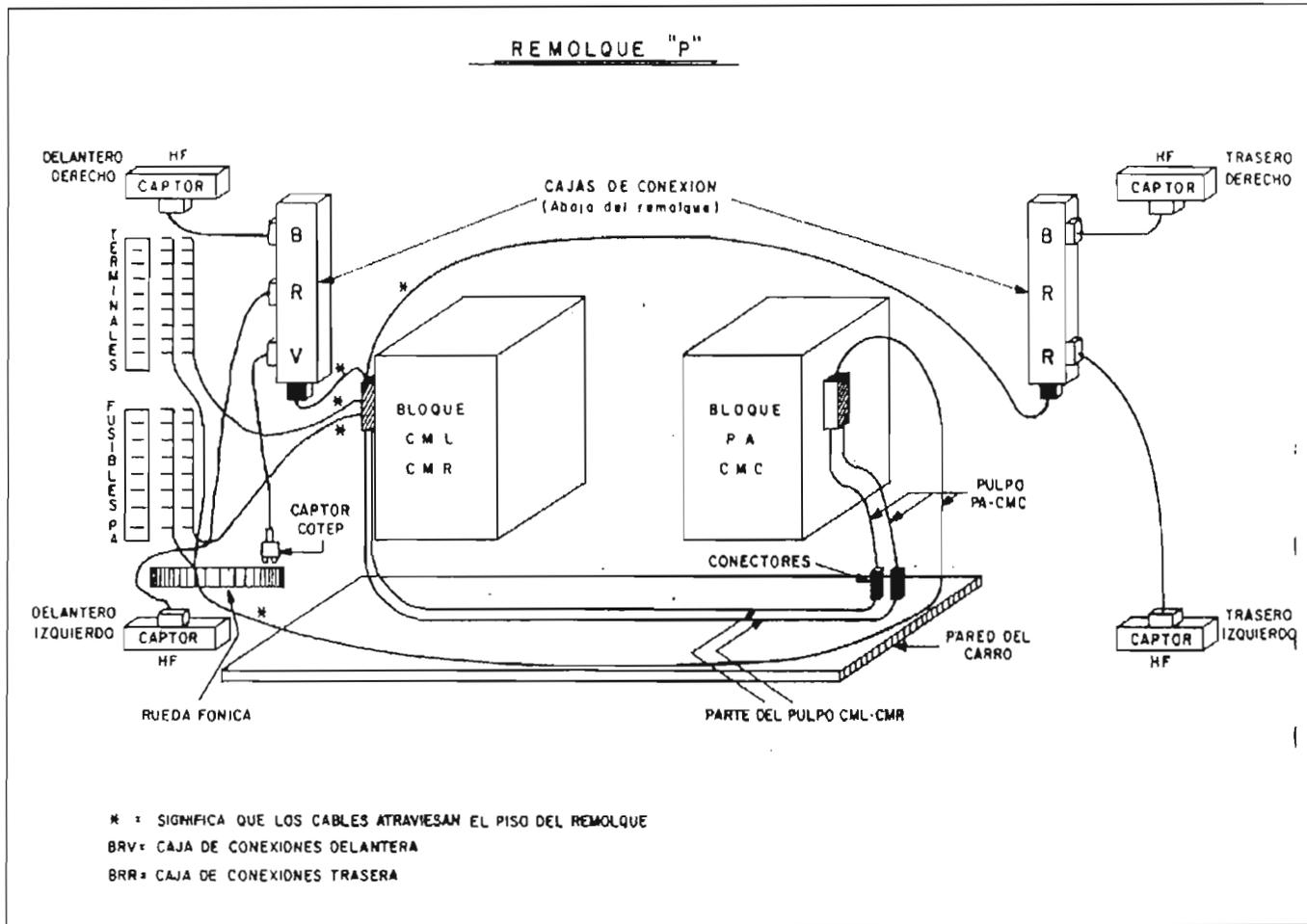
La rueda fónica se encuentra en el remolque de Pilotaje Automático (RP) y es un eje libre que proporciona la velocidad real del tren. Se presenta en forma de disco metálico con muescas regulares en su periferia. Estas muescas pasan delante de un dispositivo fijo de captación magnético (captor COTEP), formándose variaciones senoidales. La frecuencia de la señal formada es proporcional a la velocidad de rotación de la rueda fónica y en consecuencia de la velocidad real del tren.

En la figura se muestran los 4 captosres HF y los blocks PA-CMC y CML-CMR del remolque central.



13.15 MTS.

Figura IV-16 Disposición De Los Bloques y Captosres del P. A. Embarcado



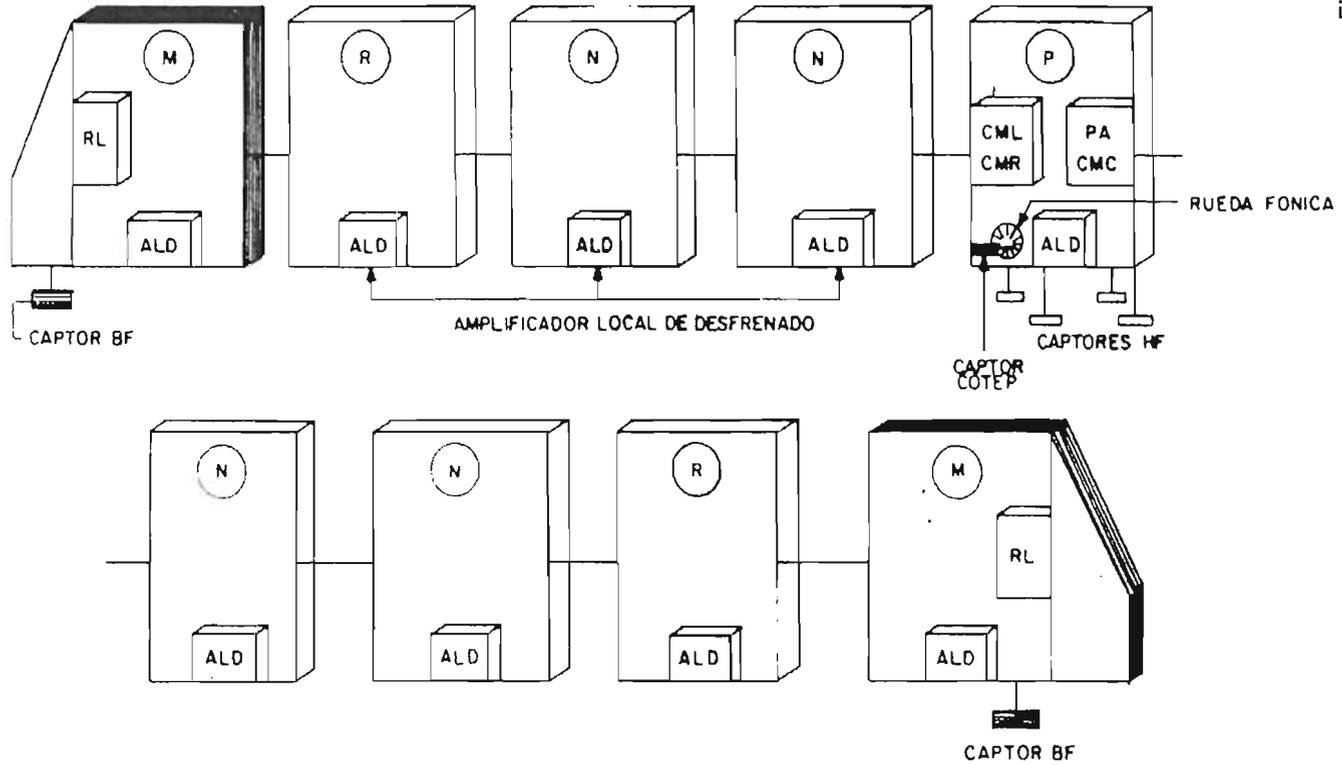


Figura IV-18

IV.1.5.- ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL EQUIPO FIJO DEL SISTEMA DE PILOTAJE AUTOMATICO

IV.1.5.1.- Descripción del equipo fijo

El equipo Fijo es aquel que se localiza a lo largo de las vías y en los locales técnicos de cada una de las estaciones. Para entender el funcionamiento y la ubicación de dicho equipo será necesario saber que el sentido de marcha de los trenes en las líneas se les ha denominado vía 1 cuando el tren se dirige de la terminal de origen hacia la terminal de destino y vía 2 a la inversa; por ejemplo en la línea 1, a la vía por la que circulan los trenes de Pantitlán a Observatorio se le denomina Vía 1 y a la vía por la que circulan los trenes de Observatorio a Pantitlán se le denomina Vía 2. De la misma manera se les enumera a las demás líneas.

En el local técnico se pueden encontrar dos tipos de armarios; el de bloque y el de maniobra o de servicio provisional (SP), que se encargarán de elaborar todas las informaciones lógicas y analógicas necesarias para alimentar un programa. Esta se enviará el equipo instalado en las vías (andén, túnel o interestación) para así poder transmitir las informaciones al equipo embarcado en los trenes para su procesamiento. Además en el local técnico se encuentra una fuente de alimentación encargada de alimentar los armarios de PA para su funcionamiento.

En un local técnico se encuentran dos armarios, uno que alimenta de la salida de la estación **A**, al andén de vía 1 de la estación **B**; y el otro de la salida de la estación **C**, al andén de vía 2 de la estación **B**; para un mejor entendimiento se explicará con un ejemplo. Suponiendo que los armarios se encuentran en el local técnico de la estación Sevilla. A un armario se le denominará Armario Sevilla Vía 1 y alimentará del inicio de la interestación de Insurgentes hasta el andén de Sevilla Vía 1 y al otro se le denominará Armario Sevilla Vía 2 y alimentará del inicio de la interestación de Chapultepec hasta el andén de Sevilla Vía 2.

NOTA: Se le denomina interestación al tramo comprendido entre una estación y otra.

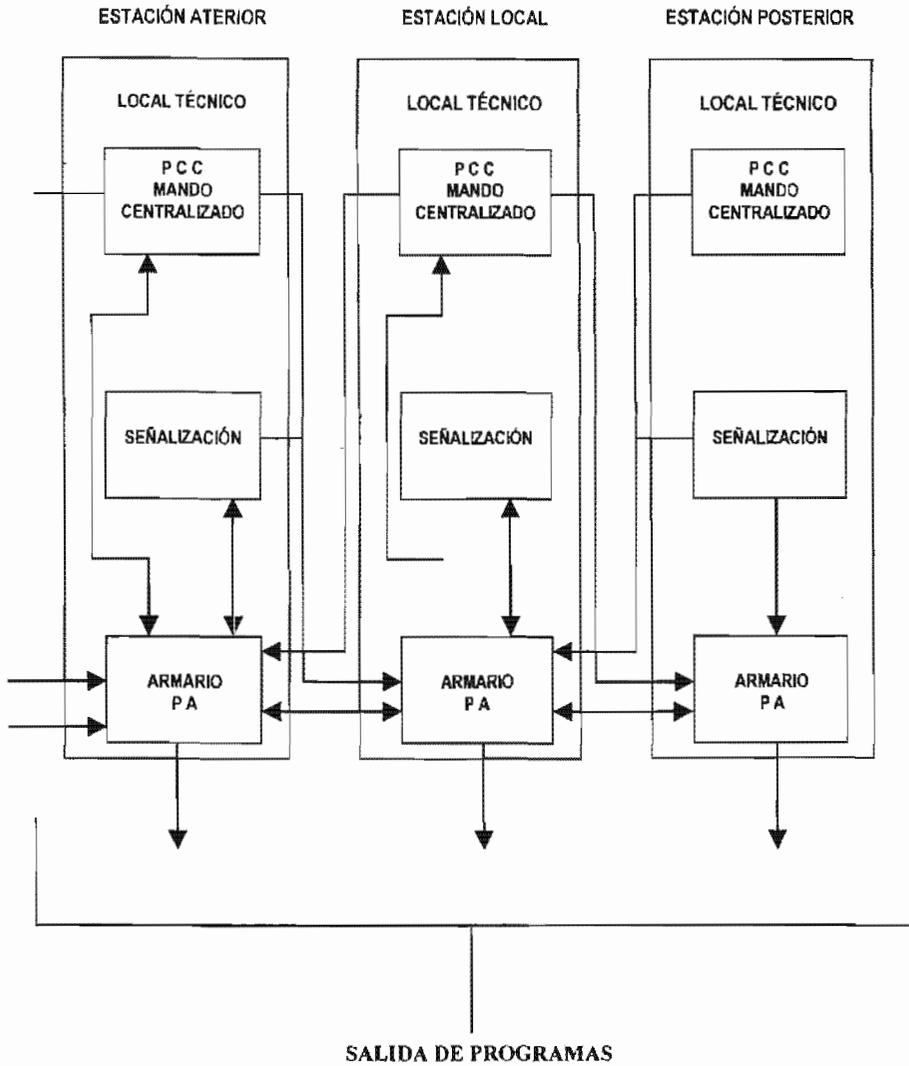
Para la elaboración de la cadena lógica y analógica de un armario de PA, es necesario que dichos armarios reciban información:

- De otros armarios que se encuentren en el local técnico de una estación anterior o una estación posterior a la de referencia.
- De los armarios de señalización.
- Del puesto Central de Control (PCC) a través de los armarios de Mando Centralizado.

En el local técnico los equipos de PA que se encuentran son:

- I. Armario de Bloque.
- II. Armario de Maniobra o Servicio Provisional.
- III. Fuente de Alimentación.

Todo esto se puede apreciar en la siguiente figura.



INTERCONEXIONES DE LOS ARMARIOS DE PA ENTRE SI Y CON OTROS EQUIPOS

Figura IV-19

Estas informaciones son:

- Entre armarios se mandan informaciones de 127Vca a 400 Hz. si se encuentran en diferente local técnico,
- Informaciones de 24 V c. d. si se encuentran en el mismo local técnico.

De los armarios de señalización se reciben las informaciones

- De las señales verdes, rojas o amarillas (KO'S) en 127 V c.a.
- Circuitos de vía (CDV) en 127 V c.a,
- Itinerarios (iti) en 127 V c. a., y
- Control de agujas (Kag) en 127 V c. a.

Todas estas informaciones son necesarias para la elaboración de la cadena lógica. Las informaciones recibidas del PCC son mando de marchas para el cambio de velocidad de un tren, autorización para inicializar las validaciones de los circuitos de vía al inicio del servicio, y la información despacho bajo orden (DBO). Estas informaciones se mandan en 24V c.d. y son necesarias para la elaboración de la cadena lógica y analógica, como se observa a continuación.

NOTA: El DBO es una lámpara con tres focos que al intermitir le prohíbe al conductor del tren su salida no importando el estado de la señal (verde o rojo). Al apagarse este, el tren podrá salir. Esta lámpara se encuentra a la salida de cada una de las estaciones, y su función es la de regular automáticamente la circulación de trenes.

Como se mencionó anteriormente, en un local técnico generalmente se encuentran dos armarios uno por Vía 1 y otro por Vía 2. Sin embargo, habrá estaciones en las que se encuentren mas de dos armarios en el local técnico que pueden ser uno o más por una sola vía 0 uno por vía y uno de fondo terminal (caso de las estaciones en terminal).

Los armarios de un mismo tipo (zona de bloque) pueden poseer un equipo diferente de acuerdo a la complejidad de la zona en la que estén implantados. Por lo general, un armario tipo comprende nueve cajones (tiróir en francés) electrónicos numerados de arriba hacia abajo (de 1 a 9) enfriados mediante un conjunto de ventilación, uno arriba del cajón 1 y el otro insertado entre los cajones 8 y 9.

Su alimentación se efectúa mediante la red trifásica de 220 V c. a. a 60Hz. Eléctricamente va conectado con el PCC, los armarios de señalización, los armarios de PA encuadrantes (estación anterior y posterior) y los equipos de transmisión a la vía.

Una matriz de visualización y recopia permite verificar si la alimentación de los programas administrados por el armario es correcta. Además cuenta con una matriz de programación de bajas frecuencias para elaborar la suma de éstas, para modular la portadora de alta frecuencia de 135 KHZ como se pudo observar en la figura anterior.

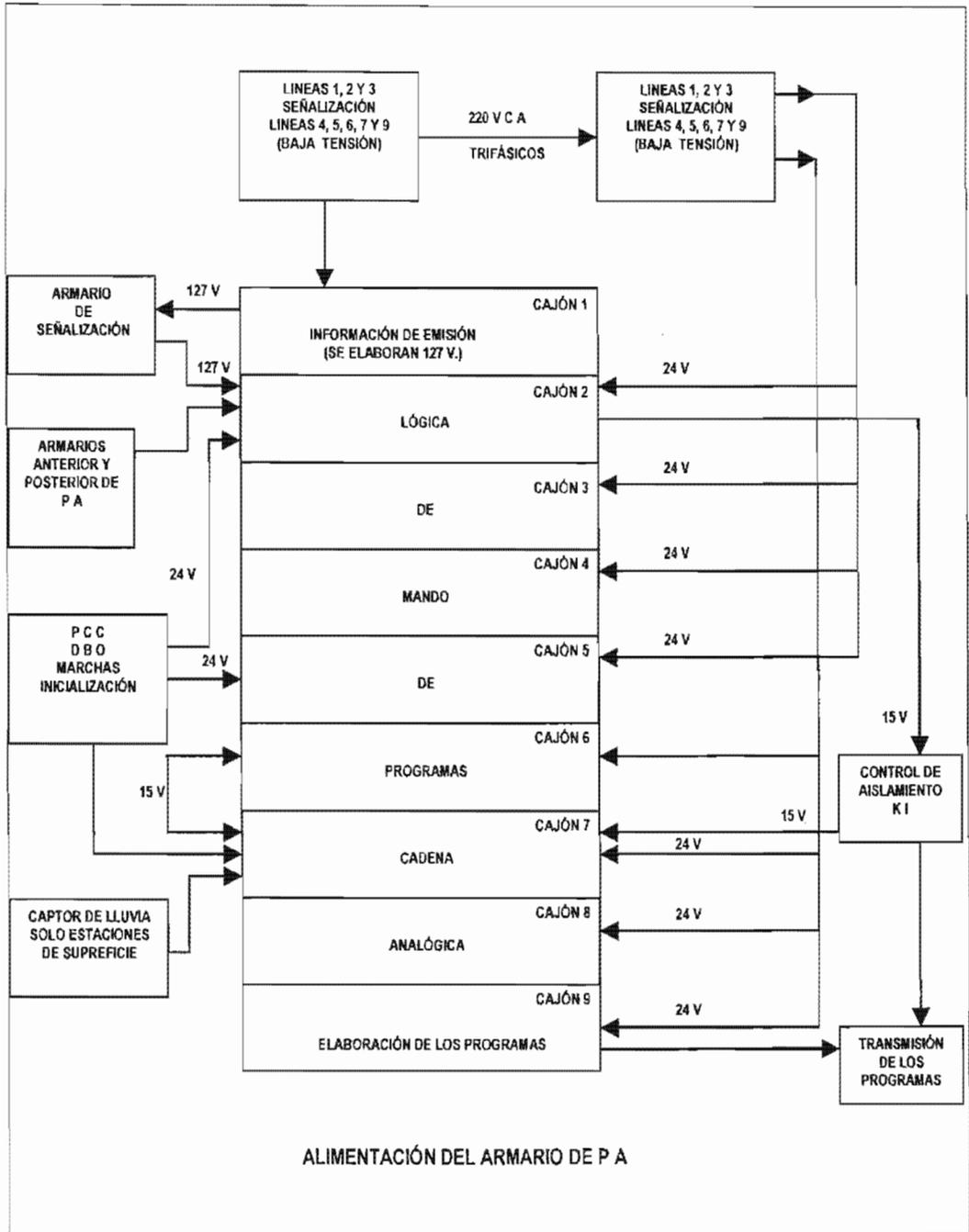


Figura IV-20

1).- Descripción general del armario de bloque

- **Cajón 3** desocupado
- **Cajones 1, 2 y 6**; realizan las funciones de alimentación, inicialización, control de dispositivos en la vía de transferencia de datos
- **Cajones 4 y 5** sus funciones son la de validación y mando lógico de programas
- **Cajones 7, 8 y 9** se ocupan de señales de programas o cadena lógica
- **Visualización y recopia**, control de alimentación de programas
- **Programa bajas frecuencias (BF)** suma bajas frecuencias y sus conmutaciones

2).- Composición y función de los módulos por cajón.

- **Cajón 1** (tiroir I).- Posee módulos 1E/12sal (1 entrada-12 salidas) alimentados con 220V 60Hz. Las 12 salidas son flotantes y permite alimentar 12 circuitos de la señalización que representan los datos necesarios para la lógica.
- **Cajón 2** (tiroir II).- Se encuentran los siguientes módulos: convertidor. se encarga de alimentar los módulos que utilizan voltajes de -24, +12, -12, +8V etc.; expansores con salida en corriente directa o alterna (c. d. o c. a.); una información la multiplica N número de veces; comando de inicialización lógica comando de inicialización que nos sirven para inicializar los programas interfases 127-24, 24-127V encargados de transformar las informaciones en voltaje de c. a. a c. d. o a la inversa).
- **Cajón 4** (tiroir IV).- Se encuentran los siguientes módulos: 2ET, inversor complementario y validación, encargados de realizar el control de puenteado (validación de CDV's).
- **Cajón 5** (tiroir V).- Se encuentran los siguientes módulos: 2ET, multiplage, temporizador 10-60 seg. condición de recopia, utilizados en la cadena lógica
- **Cajón 6** (tiroir VI).- Se encuentran los siguientes módulos:
 - Transferencia BF recepción o emisión transmiten o reciben las bajas frecuencias de un armario a otro;
 - **Bouclage armario y anexo** acoplan la impedancia de los programas a la vía.
- **Cajón 7** (tiroir VII).- Se encuentran los siguientes módulos:
 - **Carta HF** elabora los portadores de HF 135 Khz.;
 - **Mando de marchas** comanda las marchas A2. A1. N. R comandados por PCC.
 - **Carta +15 VHF** proporciona las alimentaciones para generar la HF de 135 KHZ.
 - **Sumadores de BF** suma y amplifica las bajas frecuencias; anexo IC 2C se utiliza para la conmutación de bajas frecuencias y la demodulación de un programa;
 - **Osciladores BF1, BF2, BF3** elaboran las diferentes bajas frecuencias.
- **Cajón 8** (tiroir VIII).- Contiene los siguientes módulos:
 - **Modulador** se encarga de modular la portadora HF con las bajas frecuencias;
 - **Relevador estático de HF** conmuta el paso del programa dependiendo de la condición lógica
- **Cajón 9** (tiroir IX).- Solo contiene el módulo amplificador de 135 Khz. el que se encarga de amplificar el programa
- **Matriz de programación de bajas frecuencias.** Se encarga de la programación de las bajas frecuencias y de la conmutación de éstas.
- **Matriz de visualización y recopia.** Controla la alimentación de los programas (recopias) y muestra ópticamente el estado del armario.

- **Cartas Madres.** Efectúan las interconexiones entre los módulos. y son utilizadas entre los cajones 4 y 5 referentes al mando lógico y los cajones 7, 8 Y 9 referentes al mando analógico de las señales programas.

IV.1.5.2.b.- Armario de maniobra o servicio provisional

Estos armarios se encuentran en los locales técnicos de las estaciones terminales (armario de maniobra) y en las estaciones donde hay servicio provisional como Pino Suárez L1, L2, etc. (armario de servicio provisional). Su estructura es idéntica a la de los armarios de bloque al igual que su funcionamiento. Su única diferencia radica en que el de maniobra utiliza el cajón 3 y una carta madre anexa al cajón 3 y los demás cajones tienen las mismas funciones que el armario de bloque como se puede apreciar en la en la siguiente figura

INTERCONEXION ENTRE CAJONES	VENTILACIÓN						CAJON TIROIR	
CABLEADO	DAM	TRANSFORMADOR 1E/125		INTERFASES 24 - 127V. ; 127 - 24V		TEMPORIZADOR	1	
CABLEADO	CONVERTIDOR	EXPANSOR EN C D	CONTROL K I	MANDO DE INICIALIZACIÓN	INTERFASE 127 - 24 V	INTERFASE 127 - 24 V	LÓGICA DE MANDO DE INICIALIZACIÓN	2
CABLEADO Y CARTA MADRE	2 ET Y OTRAS CARTAS EVENTUALES			2 ET Y OTRAS CARTAS EVENTUALES			3	
CABLEADO Y CARTA MADRE	2 E T		VALIDACIONES		INVERSOR COMPLEMENTARIO		4	
CABLEADO Y CARTA MADRE	2 E T		EXPANSOR C D	MULTIPLAGE (EXPANSOR EN CA)	CONDICIÓN RECOPIA		5	
CABLEADO	TRANFERENCIA BF EMISIÓN	2 E T		EXPANSOR CD	INTERFASES 24 - 127 V 127 - 24 V	BOUCLAGE ARMARIO	BOUCLAGE ANEXO ARMARIO	6
CARTA MADRE	H F	MANDO DEMARCHAS	+ 15 V H F	SUMADORES	ANEXO 1 C	ANEXO 2 C	OSCILADORES BF1, BF2, BF 3	7
	MATRIZ DE PROGRAMACIÓN DE BAJAS FRECUENCIAS						8	
CARTA MADRE	MODULADORES			RELEVADORES ESTÁTICOS DE H F			9	
	VENTILACIÓN							
	AMPLIFICADORES DE 135 KHZ.							
	MATRIZ DE VISUALIZACIÓN Y RECOPIA							

Figura IV-22 Armario De Maniobra O Servicio Provisional (SP)

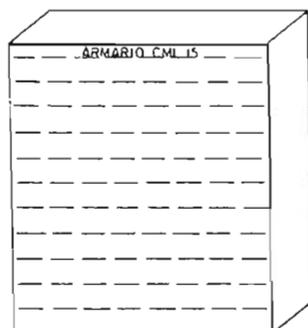
IV.1.5.2. c.- Otro tipo de armarios.

Además de estos armarios existen otros tipos de armarios, los cuales son:

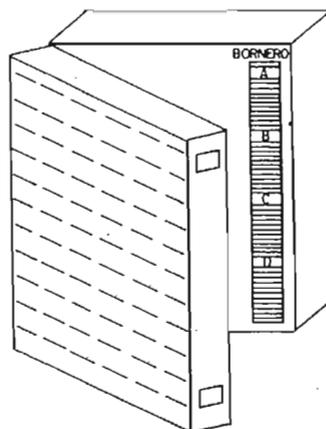
- **Armario CML 15.** De este armario hay dos tipos en su estructura diferente, pero

en funcionamiento y elaboración de programas es el mismo y son utilizados en las zonas de garaje y talleres, donde está equipado para la CML a 15Km/hr. un tipo es idéntico en la estructura de los armarios de PA (bloque o maniobra) pero diseñados para elaborar programas de CML 15. Estos armarios se encuentran en todos los talleres y garaje que existen en el METRO.

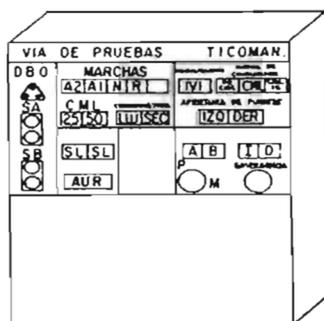
- **Armario de Vía de Pruebas** Son armarios especiales localizados en los locales de los talleres y son utilizados para elaborar programas de PA, de CML-15, etc.. Alimentan un pequeño tramo llamado vía de pruebas, en donde se prueban los trenes en todos sus modos de conducción al salir del taller.



ARMARIO CML 15 USADO EN TALLERES Y GARAGE
EXCEPTO
TASQUEÑA Y ZARAGOZA.



ARMARIO CML 15 USADO EN TALLERES Y GARAGE
DE
ZARAGOZA Y TASQUEÑA



ARMARIO VIA DE PRUEBAS.

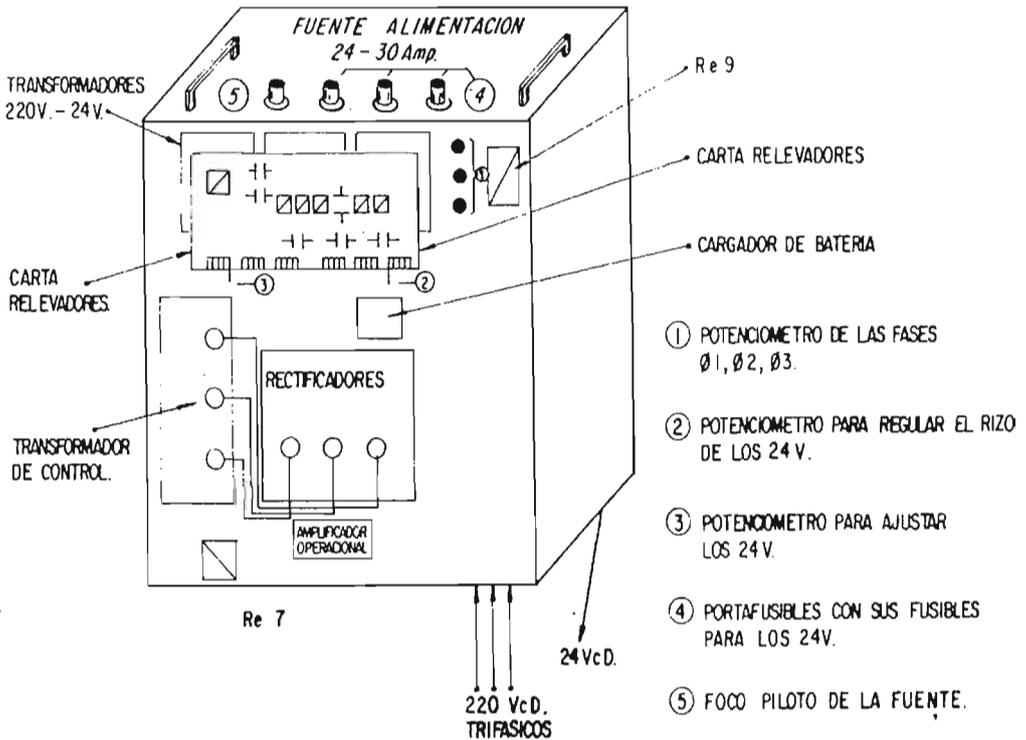
(OTROS TIPOS DE ARMARIOS.)

IV.1.5.2.d.- Fuente de alimentación.

La explicación del funcionamiento de la fuente de alimentación será breve, ya que se verá en más detalle en el anexo 3 al final de este instructivo.

La fuente de alimentación es la encargada de alimentar los armarios de PA en 24 V. c. d. con una corriente de 30 ó 50 amperes, dependiendo del número de armarios por local técnico 2 armarios utilizan una fuente de 24 V. c. d., 30 A (caso general) 3 o 4 armarios utilizan una de 24V c. d. a 50 A y más de 4 utilizan 2 fuentes de alimentación.

La elaboración de los +24V se lleva a cabo partiendo de 220V-60Hz trifásicos provenientes de baja tensión en las líneas 4, 5, 6, 7 y 9 y del armarios de señalización las líneas 1, 2 Y 3. Como se observa en la siguiente figura



FUENTE DE ALIMENTACION

Figura IV-24

IV.1.6.- EL EQUIPO DE LA VÍA

El equipo de la vía esta constituido por:

- I. Cajas de Distribución.
- II. Línea B2 que incluye 2 cartas:
 - a) Carta de acoplamiento
 - b) Carta de cierre de circuito).
- III. Varios tipos de cables.

Con el objeto de asegurar una buena disponibilidad y facilitar el mantenimiento del equipo fijo, éste se encuentra instalado de tal manera que cada interestación constituye un conjunto independiente de las Estaciones adyacentes.

El equipo fijo instalado en las Vías Principales, Servicios Provisionales y Maniobras "V" y "O" de las Terminales, está constituido por un programa de marcha inscrito en ellas, por medio de un dispositivo emisor colocado dentro de una canaleta de Leucoleno fijada normalmente sobre la barra guía derecha, y en ocasiones sobre la barra guía izquierda.

En los puntos donde no existe barra guía ni a la derecha ni a la izquierda, caso de algunos aparatos de vía, el programa de marcha está colocado paralelamente y a la altura de la pista de rodamiento en soportes de madera sobre los durmientes y en forma subterránea en el caso de los aparatos de vía.

El programa de marcha transmite en cada punto las condiciones correspondientes a una posición del tren, que en relación a la cabina delantera se localiza a 67 metros atrás de ella, ya que los Captore para circular en Vías Principales, Servicios Provisionales y Maniobra "V" y "O" de las Terminales, se encuentran instalados en el carro remolque central denominado "PR" (Piloto).

El programa de marcha se subdivide en secciones de acuerdo a las necesidades del Sistema de Pilotaje Automático y a las condiciones locales de operación.

El dispositivo emisor mencionado está constituido por un cable autocruzado, el cual presenta entre su hebra de ida y hebra de vuelta, transposiciones perpendiculares denominadas Cruzamientos. La distancia entre dos cruzamientos sucesivos se denomina "Segmento" y es el indicativo de la velocidad que se desea tenga el tren cuando su cabina delantera esté a 67 metros adelante de dicho segmento. La velocidad indicada por cada segmento de longitud "L" está dada por la siguiente relación:

$$V = \frac{L}{0.3 \text{ m/seg.}}$$

Donde:

L = Longitud del Segmento, entre 0.3 y 7 metros.

0.3 = Tiempo de referencia en segundos.

El cable autocruzado es alimentado por una corriente alterna de 80 mA eficaces de una frecuencia que puede variar entre 135 KHz y 135.5 KHz que se denomina "Frecuencia Portadora" la cual puede ser modulada a su vez por unas bajas frecuencias comprendidas en el rango de 1104 a 2352 Hz.

El equipo fijo del Sistema de Pilotaje Automático instalado en los locales técnicos de las Estaciones, está constituido por un conjunto de armarios con dispositivos electrónicos en donde separados por cada vía y zona de maniobra, se reciben las informaciones de las teletransmisión del P.C.C. y del estado que guarda la señalización, emitiéndose a su vez la alimentación al programa de marcha correspondiente.

En todas las líneas del METRO se encuentran instalados equipo y cableado de PA para transmitir las señales programas, a través del tapiz programa. Además de esto, se tienen unas cajas de distribución y diferentes tipos de cables utilizados para la alimentación de los programas como se describen a continuación.

IV.1.6.1.- Cajas de distribución

Son utilizadas para distribuir los diferentes programas que alimentan una interestación, cabe mencionar que estos programas son elaborados por el armario antes mencionado. Estas cajas son:

Caja B; se encuentran en el muro del túnel o de superficie. En su interior tienen una regleta (bornero) por donde pasan todos los programas que se van a distribuir según le corresponda en la interestación. Además cuenta con dos tipos de cartas llamadas Bouclage y couplage. Se pueden observar varias cajas distribuidas en la interestación y son identificadas por números (Bn, Bn+1, Bn+2, etc.).

- **Caja BQ;** están localizadas abajo del andén de una estación y como máximo puede haber 2 cajas de este tipo y realizan la misma función que las cajas B.
- **Caja BB;** estas cajas también se encuentran localizadas en el muro del túnel y solamente contienen cartas bouclage.
- **Caja BJ;** estas cajas se encuentran localizadas por fuera de la barra guía y sirven de enlace entre las cajas (B, BQ y BE), así como entre el tapiz programa y el tapiz madera.

Estas cajas se encontrarán en la interestación por una, vía y por la otra, dependiendo del armario que las alimenta. Se pueden observar en la figura.

Carta de acoplamiento (couplage). Su finalidad es la de acoplar la impedancia de 300 del programa que proviene del armario y que va al tapiz programa. Esta carta se encuentra en las cajas B y BQ

IV.1.6.2.- La línea B2

La línea B2 está compuesta por los cruzamientos de los programas y dos cartas, una de acoplamiento la otra de cierre de circuitos, y el tapiz con sus soportes, que a continuación se describen:

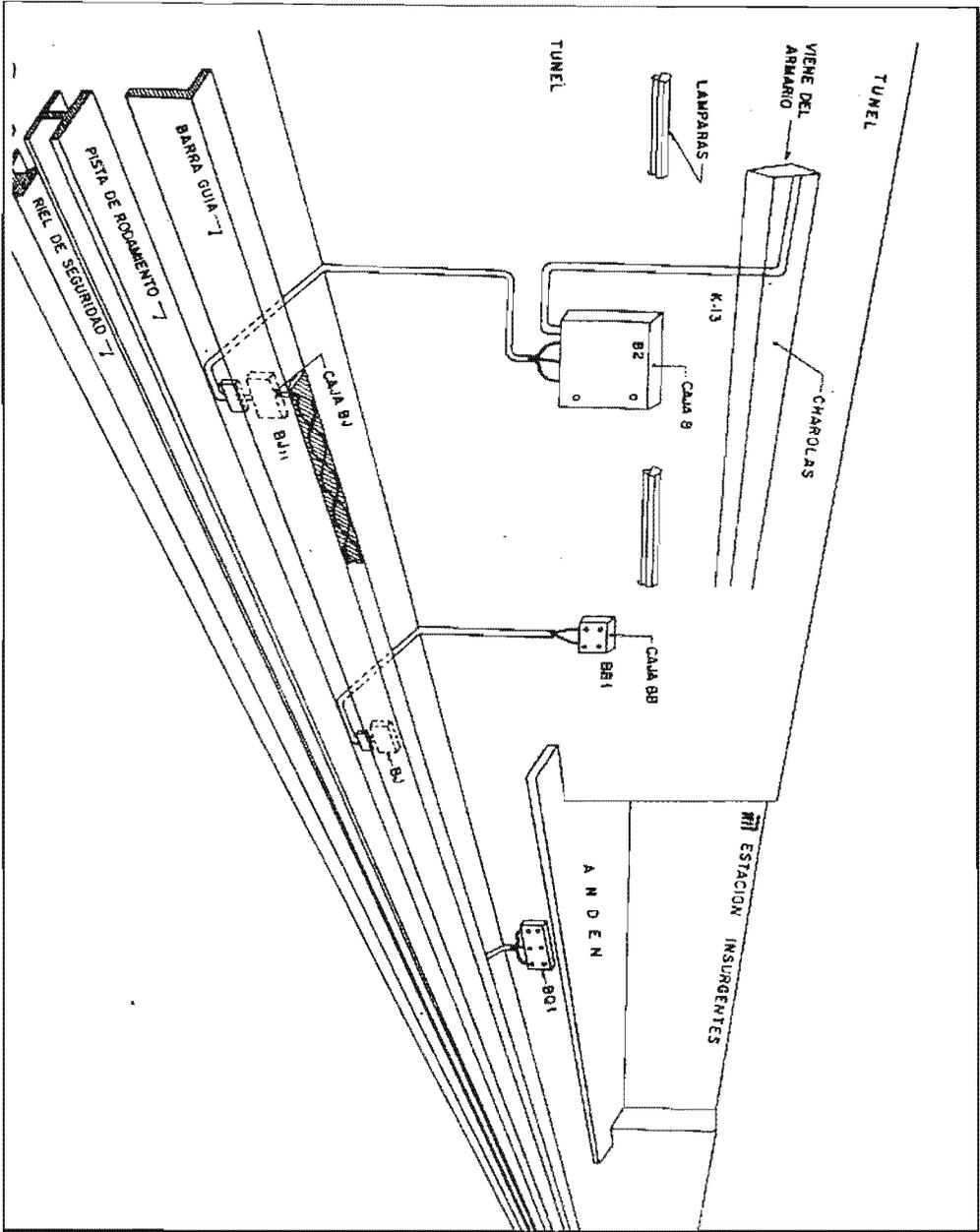


Figura IV-25

Carta de cierre de circuito (bouclage). Su finalidad es la de cerrar el circuito del programa inscrito en el tapiz. También se encuentra en las cajas B, BB, BQ.

Los chevronees están constituidos por un cable inductor con discontinuidades geométricas que delimitan los cruzamientos; la variación de la longitud de un cruzamiento le impondrá al tren la velocidad requerida en determinada zona. Estos cruzamientos están recorridos por una señal alterna de intensidad de 80 mA y de una frecuencia de 135KHZ modulada en fase por las bajas frecuencias. La HF permite una transmisión segura de las informaciones discretas hacia el tren.

La longitud de un cruzamiento se hace con base en un tiempo de referencia que es de 300 milisegundos; éste tiempo de referencia lo da el equipo embarcado; si el tiempo de recorrido es superior al tiempo de referencia (300ms) nos indica que el tren va lento y deberá acelerar si el tiempo de recorrido es menor al tiempo de referencia (300ms) nos indica que el tren va rápido y deberá frenar.

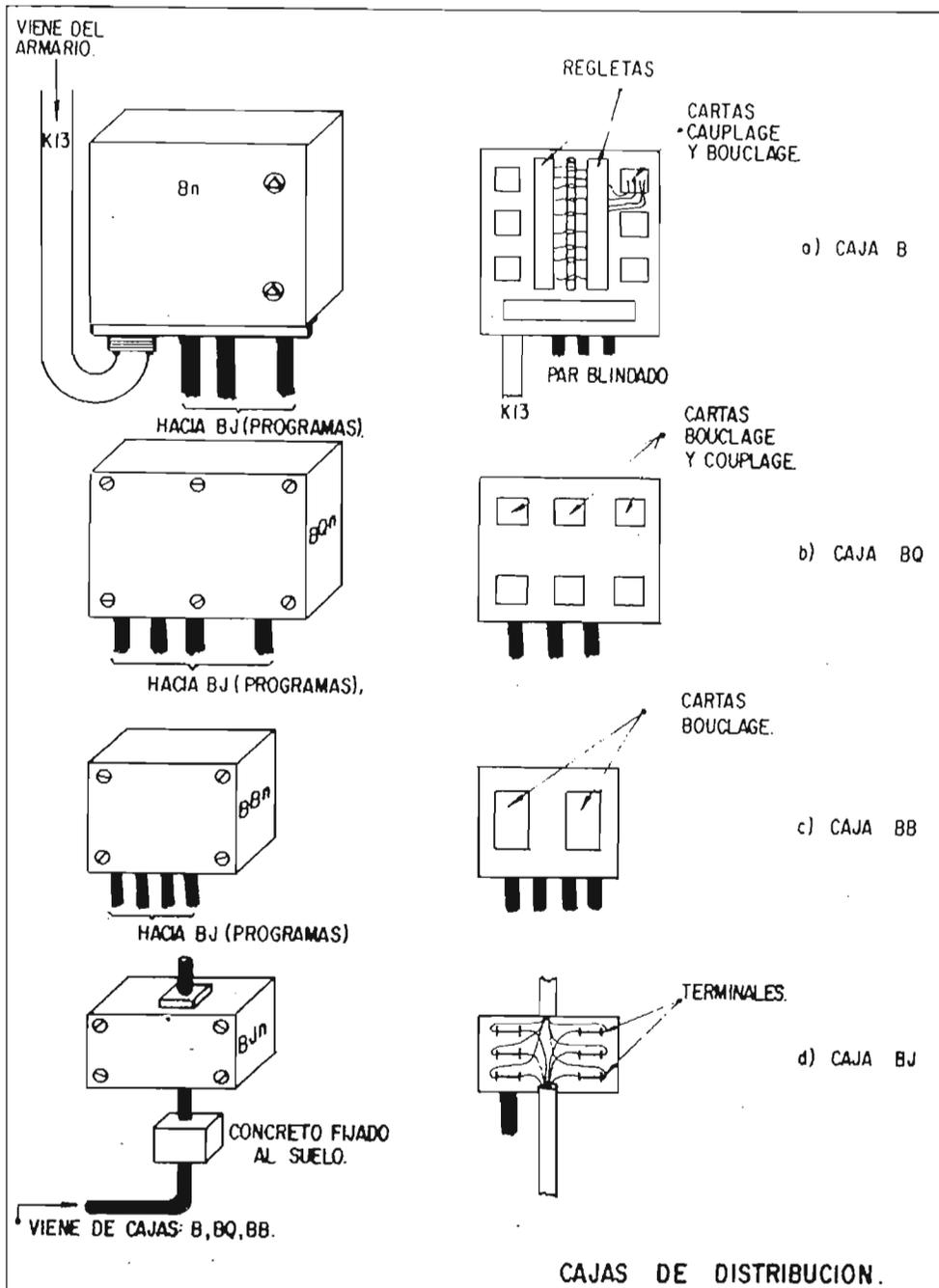


Figura IV-26

En la figura IV-27 se muestra un programa con sus cruzamientos y sus cartas bouclage.

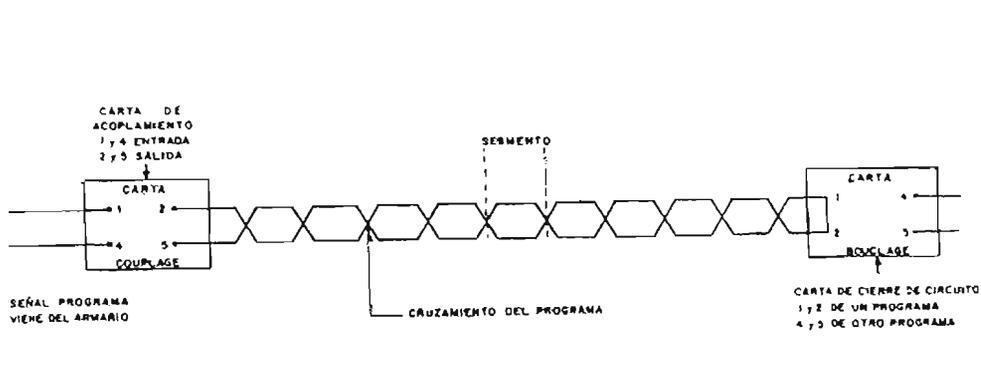


Figura IV-27

y la figura IV-28 muestra los cruzamientos de un programa verde y un programa rojo.

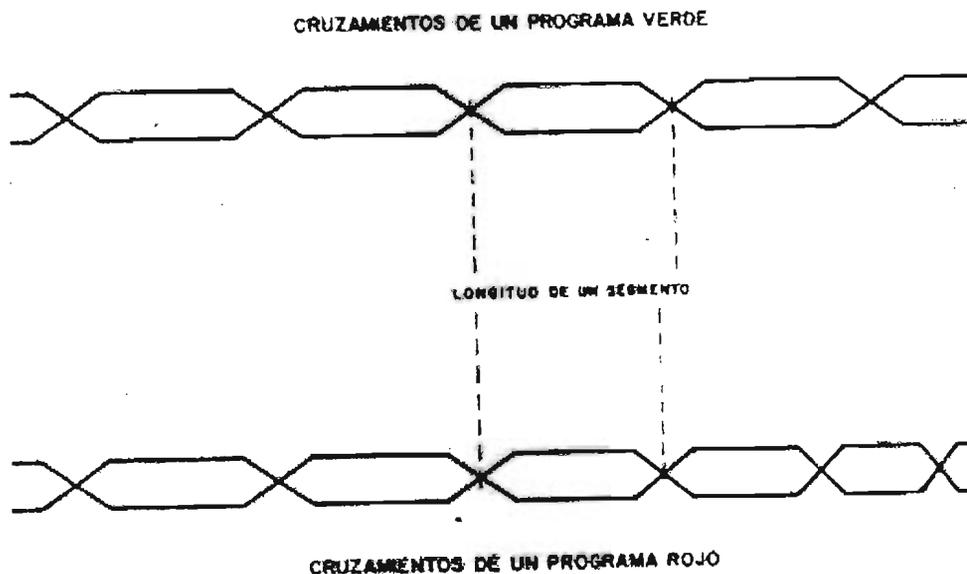


Figura IV-28

La longitud de los segmentos puede variar de 7 metros el máximo hasta 0.32 metros el mínimo pero siempre estarán expuestas al tiempo de base de 300 milisegundos para poder así indicarle al tren su velocidad y si debe de acelerar o frenar según sea el caso. A continuación se desarrollará un ejemplo para calcular la longitud de un segmento:

EJEMPLO:

$t_{pa} = 300 \text{ ms.}$ (tiempo de referencia)
 $V_0 = 8 \text{ m/s}$ (velocidad del tren al final del segmento no)
 $a = 2 \text{ m/s}^2$ (aceleración requerida)

$.300s$	$.300s$	$.300s$	
N0	V0	N1	V1
		N2	V2

Utilizando la fórmula
se despeja la distancia

$$V = d/t$$

$$d = Vt.$$

Tenemos

$$\text{si } d = n$$

$N0 = V0 \times t_{pa}$ substituyendo valores

$$\text{longitud } N0 = 8\text{m/s} \times .300s = 2.4 \text{ metros.}$$

$$\mathbf{N0 = 2.4 \text{ mt s.}}$$

La velocidad final en N 1 va a ser V1

$$V1 = V_0 + a \cdot t_{pa} \text{ substituyendo valores}$$

$$V1 = 8\text{m/s} + (2\text{m/s}^2 \times .300s) = 8.6 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{V1 = 8.6\text{m/s}}$$

La longitud de N1 es

$$N1 = V1 \times t_{pa} \text{ substituyendo}$$

$$N1 = 8.6\text{m/s} \times .300s = 2.58$$

$$\mathbf{N1 = 2.58 \text{ mts}}$$

La velocidad final en N2 va a ser V2

Como se puede observar en la figura, el tiempo que se ha recorrido en N0 + N1 va a ser de .600s, entonces V2 será:

$$V2 = V_0 + a \cdot 2t_{pa} \text{ substituyendo}$$

$$V2 = 8\text{m/s} + (2\text{m/s}^2 \times .600s) = 9.2 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{V2 = 9.2 \text{ mts}}$$

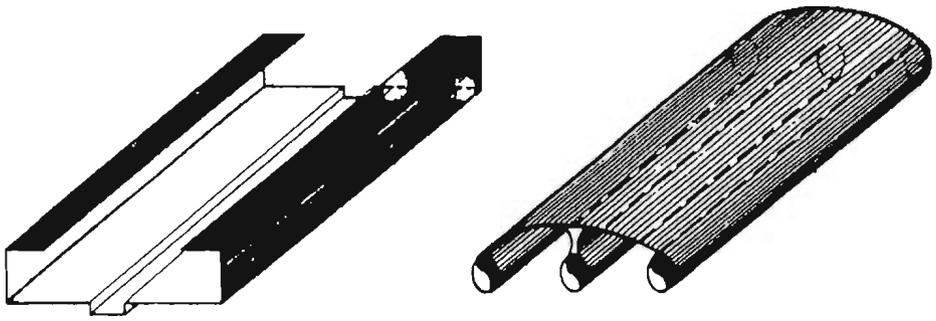
La longitud de N2 será

$$N2 = V2 \times t_{pa} \text{ substituyendo}$$

$$N2 = 9.2 \text{ m/s} \times .300s = 2.76 \text{ mts}$$

$$\mathbf{N2 = 2.76 \text{ mts.}}$$

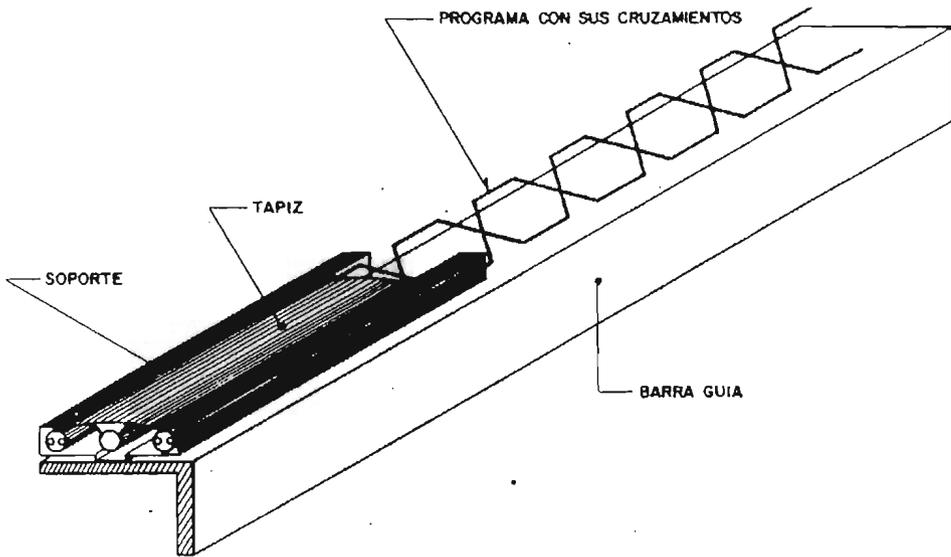
Tapiz y soporte. El soporte nos sirve para fijar el tapiz en la barra guía y además protegerlo de la misma ya que es de un material resistente al calor. El tapiz es el que contiene los programas con sus cruzamientos. Se encuentra instalado a lo largo de la barra guía y en lugares donde no existe barra guía (cambio de agujas), existe un tapiz llamado tapiz de maniobra que está fabricado de madera y dividido en dos tramos paralelos. La figura nos muestra los tipos de tapiz que hay.



SOPORTE DEL TAPIZ PARA TUNEL

TAPIZ DEL PROGRAMA

Figura IV-29



TAPIZ Y SOPORTE DE PA

Figura IV-30

IV.1.6.3.- Tipos de cables.

Existen varios tipos de cables utilizados para la transmisión de los programas. Estos son el K13, par blindado e hilo programa que a continuación se describen:

Este tipo de cable está compuesto por 7 cuartetos en donde una carteta comprende un hilo de color, 1 hilo transparente, 1 hilo blanco y 1 hilo gris Este tipo de cable se utiliza para transmitir informaciones de un armario a otro de diferente estación y mandar de un armario los programas a la línea (cajas B, BQ).

Par blindado; es utilizado para transmitir los programas de las cajas B, BQ Y BB a las cajas BJ.

Hilo programa; es el que utiliza el tapiz y es el encargado de transmitir al tren todas las informaciones por medio de la portadora HF y su velocidad por medio de los cruzamientos partiendo de la caja BJ.

IV.1.7.- LOS PROGRAMAS DEL PILOTAJE AUTOMÁTICO

El programa de marcha es el medio por el cual se controla el tráfico de los trenes en las Vías Principales, Servicios Provisionales y Maniobra "V" y "O" de las Terminales y para tal efecto existen:

- I. Programas Verdes.
- II. Programas Rojos.
- III. Programas de Paro en Estación.
- IV. Programas de Maniobra.
- V. Programas de Transferencia.
- VI. Programas de Rearme.

IV.1.7.1.- Los programas verdes

Son los que permiten en Interestación el tránsito a los trenes conducidos en los modos P.A. y C.M.C. a una velocidad específica propia del programa.

IV.1.7.2.- Los programas rojos

Son los que ordenan en Interestación a los trenes conducidos en modos P.A. y C.M.C. reducir su velocidad y detenerse ante una señal al alto.

IV.1.7.3.- Los programas de paro en estación

Son los que ordenan a los trenes conducidos en el modo P.A. detenerse en el punto normal de paro. En los otros modos de conducción, el Conductor tiene la responsabilidad en la exactitud del paro.

IV.1.7.4.- Los programas de maniobra

Son los que permiten a los trenes conducidos en los modos P.A. y C.M.C. recorrer un itinerario, siempre y cuando éste se encuentre establecido (Incluyendo la señal de maniobra en permisiva).

IV.1.7.5.- Los programas de transferencia

Son aquellos en donde las condiciones locales de operación o las necesidades del Sistema de Pilotaje Automático, requieren la existencia de un programa que se inicie en el circuito de vía anterior.

IV.1.7.6.- Los programas de rearme

Son aquellos que inician la unión entre el programa de marcha y el tren, conteniendo información específica. Se localizan antes de cada señal en Interestación, zonas de maniobra y en las inmediaciones del punto normal de paro en Estación. La alimentación de estos programas está condicionada a que la señal correspondiente sea permisiva.

En todo circuito de vía con programa de marcha alimentado, solamente un programa ya sea verde, rojo, de paro en Estación, de maniobra, de transferencia o de rearme, puede estar alimentado en su sección correspondiente; asimismo, en todo circuito de vía debe existir una secuencia lógica de ocupación-desocupación y en caso de no cumplirse, provoca que una o varias secciones del programa de marcha queden sin alimentación.

IV.1.8.- FRECUENCIAS DE LOS PROGRAMAS DEL SISTEMA DE P. A.

En los programas de marcha la portadora de 135 KHz puede ser modulada por diferentes frecuencias BF y que contienen las informaciones transmitidas al tren para permitir su circulación o para establecer la unión vía-máquina, estando clasificadas de la siguiente manera:

CONCEPTO	FRECUENCIA	UTILIZADA EN:
AM Autorización de Marcha	1140 Hz	PA y CMC
OG Autorización de Apertura de Puertas Izquierdas	1824 Hz	PA y CMC
OD Autorización de Apertura de Puertas Derechas	1680 Hz	PA y CMC
SL Seguridad Larga	1356 Hz	PA y CMC
ZR Zona de Rearme	1488 Hz	PA, CMC, CML y CMR
SE Seguridad Ensanchada	1104 Hz	PA y CMC
VM Velocidad Máxima de 50 Km/h.	1260 Hz	PA y CML

Para permitir hacer variar la marcha de los trenes conducidos en el modo P.A., en función de las condiciones de explotación de la Línea, la frecuencia de la corriente circulante en el cable autocruzado puede variar entre 135 KHz y 135.5 KHz, en base al tipo de marcha enviado por el P.C.C. correspondiendo a esta última frecuencia el tiempo de recorrido mínimo.

IV.1.8.1.- Autorización de Marcha (AM).

Esta información existe en Vías Principales, Servicios Provisionales y Maniobra "V" y "O" de las Terminales a excepción de las inmediaciones al punto normal de paro de las Estaciones, y es necesaria para autorizar el avance de los trenes conducidos en los modos P.A. o C.M.C. Toda interrupción mayor a 0.5 segundos en la recepción de esta información provoca el paro del tren en frenado de urgencia.

IV.1.8.2.- Zona de Rearme (ZR).

Esta información se encuentra en los programas de rearme de interestación y en los de punto normal de paro de Estación, a condición que la señal de salida o de maniobra se encuentre en permisiva.

IV.1.8.3.- Apertura de Puertas Izquierdas (OG).

Esta información se encuentra localizada sobre una zona de aproximadamente 8 metros, encuadrando el punto normal de paro de cada Estación, teniendo como función principal la de autorizar la apertura de puertas del tren para el lado izquierdo, en el sentido de circulación normal.

IV.1.8.4.- Apertura de Puertas Derechas (OD).

Esta información se encuentra localizada sobre una zona de aproximadamente 8 metros, encuadrando el punto normal de paro de cada Estación teniendo como función principal la de autorizar la apertura de puertas del tren para el lado derecho, en el sentido de circulación normal.

IV.1.8.5.- Seguridad Larga (SL).

Esta información se encuentra en todos los programas teniendo la característica en los programas de rearme del punto normal de paro de Estación la posibilidad de conmutarse de acuerdo al apagado del DBO ya que su ausencia impide la tracción en el modo de conducción P.A. e impide el arranque en C.M.C.

IV.1.8.6.- Seguridad Ensanchada (SE).

Esta información caracteriza las zonas de frenado o reducción de velocidad. Su ausencia en Línea y particularmente en dichas zonas permite garantizar seguras reducciones de sobrevelocidad en caso de falla.

IV.1.8.7.- Velocidad Máxima (VM).

Esta información se encuentra distribuida en las Vías Principales, de tal manera que su presencia permite a los trenes conducidos en el modo C.M.L. circular con una velocidad máxima de 50 Km/h. Su ausencia permite a los trenes en dicho modo de conducción circular con velocidad máxima de 25 Km/h. tomando en cuenta únicamente la frecuencia portadora de 135 KHz.

IV.1.8.8.- Funciones complementarias de las Bajas Frecuencias.

- I. En presencia de las informaciones OD y OG se desfrena totalmente el tren 4 segundos después de su captación.
- II. Asociadas las informaciones ZR y OD o ZR y OG se autoriza la marcha del tren 4 segundos después de la captación de OD u OG.
- III. En el instante en donde la regulación automática o manual autoriza el comienzo de la secuencia de salida es decir, a la extinción del DBO, la información OD u OG se corta durante 1 segundo restableciéndose después. Entonces el cierre de puertas y la partida del tren puede efectuarse.
- IV. La información ZR es necesaria en los trenes conducidos en los modos P.A. y C.M.C. para tomar en cuenta la información AM, la cual una vez recibida se auto mantiene.
- V. La información ZR es necesaria en los trenes que van a ser conducidos en el modo C.M.L. para tomar en cuenta inicialmente la frecuencia portadora.
- VI. Asociadas las informaciones OD u OG con SE, se conmuta la cronometría de los trenes al régimen tiempo seco, permaneciendo así hasta la próxima Estación.
- VII. La presencia de las informaciones OD u OG en ausencia de SE, conmuta la cronometría de los trenes al régimen tiempo lluvia, permaneciendo así hasta la próxima Estación.

Lan conjugación tanto del equipo fijo como del embarcado dan como resultado una

marcha segura y cómoda de los trenes garantizando en todo momento la integridad tanto las instalaciones fijas como el material rodante; pero sobre todo la seguridad de sus pasajeros; para lo cual el personal que opera los trenes tendrá los siguientes modos de conducción del tren.

IV.1.9.- MODOS DE CONDUCCION

En los trenes equipados con el Sistema de Pilotaje Automático existen los siguientes modos de conducción, cuyo orden prioritario es:

- I. Pilotaje Automático (P.A.).
- II. Conducción Manual Controlada (C.M.C.).
- III. Conducción Manual Limitada (C.M.L.).
- IV. Conducción Manual Restringida (C.M.R.).
- V. Conducción Libre Limitada a T2 (C.L.T.2).

Los modos de conducción P.A., C.M.C. y C.M.L solamente pueden ser obtenidos en zonas equipadas con el Sistema de Pilotaje Automático que se encuentra en funcionamiento.

Los trenes en el modo de conducción P. A. circulan automáticamente hasta la próxima Estación, respetando las limitaciones de velocidad y señalización.

El modo de conducción P.A. es en el que normalmente deben circular los trenes de viajeros durante todo el servicio. Cualquier degradación de modo de conducción debe ser autorizada por el P.C.C.

El modo de conducción C.M.C. permite conservar en los Conductores la práctica de la conducción manual, es decir, que el Conductor a través de la operación del manipulador debe asignar los grados de tracción o frenado requeridos para que el tren circule normalmente, además en caso de que la velocidad sea superior a la autorizada por el programa o sea franqueada una señal al alto, el tren se detendrá automáticamente.

En las Líneas 1, 2 y 3 los trenes están equipados con el sistema "Frenado de Urgencia Reversible" (FUR), el cual le permite al tren, en caso de una sobrevelocidad, entrar nuevamente a los límites de velocidad establecido sin que el tren tenga que llegar al paro total.

El modo de conducción C.M.C. es en el que normalmente deberán intentar circular los trenes de viajeros cuando no sea posible obtener el modo P.A.

El modo de conducción C.M.L. permite la circulación de trenes con los límites de velocidad de 50, 25 y 15 Km/h.

- I. En los trenes de viajeros:
 - a) Cuando no es posible circular en los modos de conducción P.A. o C.M.C.
 - b) En trenes que no den servicio en una o varias Estaciones.

II. En trenes desalojados.

En el modo de conducción C.M.R. se permite la circulación del tren a la velocidad máxima de 35 Km/h., sin protección de frenado de urgencia al franqueamiento de señales al alto; siempre y cuando no este alimentada una zona equipada con el Sistema de Pilotaje Automático.

El control de velocidad ofrecido por el modo de conducción C.M.R., es más permisivo que el ofrecido por el modo C.M.L., actualmente puede utilizarse el modo de conducción C.M.R. cuando el modo de conducción C.M.L. esté disponible pero con límite de velocidad de 10 Km/h.

El modo de conducción C.M.R. se deberá utilizar cuando no sea posible obtener los modos P.A., C.M.C. o C.M.L., previa autorización del P.C.C.

El modo de conducción C.L.T2 es el último recurso para lograr la conducción de un tren y solamente debe ser tomado si la falla es tal que ninguno de los modos P.A., C.M.C. o C.M.R. pueda ser obtenido.

El modo de conducción C.L.T2, es el grado de tracción limitado a la posición del manipulador en T2, se permite la circulación del tren a la velocidad máxima de 35 Km/h., no contándose con las protecciones que ofrece el Sistema de Pilotaje Automático para el franqueamiento de las señales al alto.

El rebasar un límite de velocidad máxima permitida ocasiona un Frenado de Urgencia (FU) en los modos de conducción P.A., C.M.C., C.M.L. y C.M.R. (en el modo de conducción C.L.T2 se ocasiona un grado de frenado F6). En todos los casos el FU es irreversible. Sin embargo, para las líneas 1, 2 y 3 y para los modos de conducción P.A. y C.M.C. ya se cuenta con el sistema de Frenado de Urgencia Reversible (FUR) el cual evita el paro total del tren, en caso de sobrevelocidad.

Es importante mencionar que este sistema de pilotaje automático ha venido operando en el metro de la ciudad de México desde 1980 y a lo largo de 24 años de trabajo ininterrumpido, se ha demostrado un alto grado de eficiencia; sin embargo la electrónica con la que esta constituido ha sido superada y en un futuro próximo este mismo sistema deberá ser modernizado sea pues este reto para las nuevas generaciones de ingenieros.

IV.2.- LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

IV.2.1.- RED DE TELEFONIA AUTOMATICA

La red de telefonía automática interna del S.T.C. esta diseñada para proporcionar las comunicaciones entre todas las áreas del sistema, a través de aparatos telefónicos convencionales con dispositivo para marcar con botones, al abonado deseado el cual esta identificado con un numero determinado.

La red esta compuesta de tres conmutadores telefónicos Harris 20-20I en configuración tandem; para tener mas alternativas de enlace entre ellos son utilizados principalmente para proporcionar comunicación a todas las líneas; además cuenta también con cinco conmutadores Harris 20-20m llamados "satélite" que se encargaran de proporcionar comunicación especifica a las áreas de los talleres y entre todos los abonados de la red.

Los conmutadores se encuentran ubicados y dan servicio como se describe a continuación:

Nodo 1.- ubicado en consulado línea 5, da servicio a las líneas 4, 5 y 6, así como a los edificios que se encuentran a lo largo de estas líneas.

Nodo 2.- ubicado en PCC, da servicio a las líneas 1 y 3, así como a los edificios que se encuentran a lo largo de estas líneas.

Nodo 3.- ubicado en centro medico, da servicio a las líneas 2, 7 y 9, así como a los edificios que se encuentran a lo largo de estas líneas.

Respecto a los satélites estos se encuentran ubicados en los talleres correspondientes y dan servicio a sus mismas áreas como sigue:

- Satélite Zaragoza.
- Satélite Taxqueña
- Satélite Ticomán
- Satélite Rosario
- Satélite administrativo a edificios de Delicias.

En la línea 8 se cuenta con un conmutador telefónico ATT, DEFINITY, redundante ubicado en la estación Chabacano línea 8, que da servicio a la línea y a los edificios ubicados sobre la misma línea.

En línea "B" se instalo un conmutador ALCATEL, el cual da servicio a estaciones y edificios de la línea y esta ubicado en la estación deportivo Oceanía de línea "B", y es un satélite de Consulado.

Los conmutadores tipo "I" son redundantes, en lo que se refiere a la unidad de conmutación; los que en caso de averías en alguno de ellos entrara a funcionar el que se encuentra en espera el sistema de transmisión entre conmutadores es a través de la red de fibra óptica formado por multiplexores de fibra óptica Magnum.

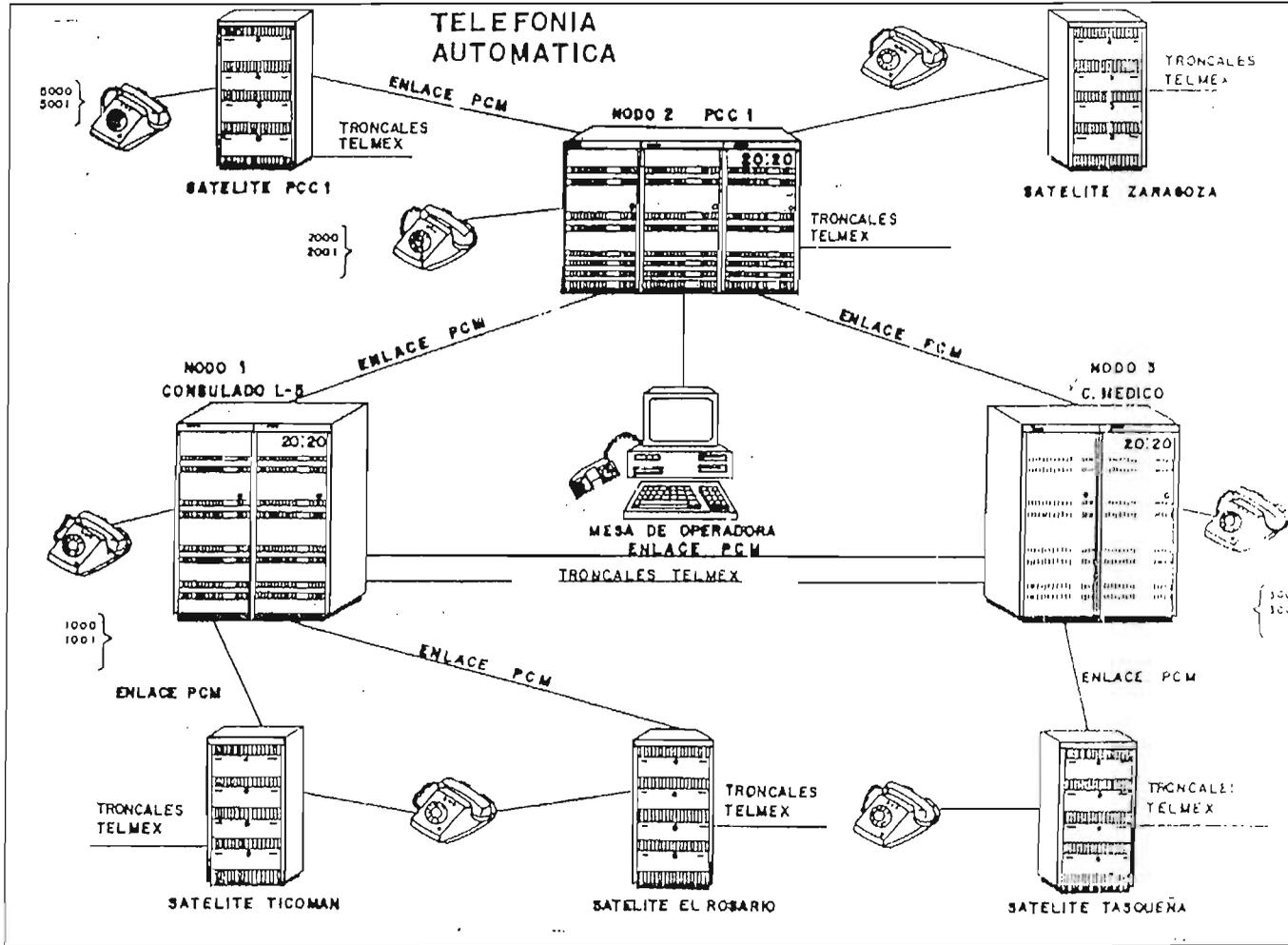


Figura IV-31

IV.2.2.- RED DE TELEFONIA DIRECTA

La red de telefonía directa tiene como objetivo principal el de proporcionar la comunicación casi instantánea y directa entre dos abonados, sin la utilización de ningún medio de marcación, simplemente con levantar el micrófono en uno de los casos y en el otro levantando el microteléfono y oprimiendo un botón de selección para el lugar deseado y el tipo de llamada.

La telefonía directa, es la encargada de proporcionar las comunicaciones en seguridad de los reguladores del puesto central de control (P.C.C.) o de los puestos de maniobras de terminal de línea, o de talleres, con los conductores de los trenes; a través de las platinas y los aparatos telefónicos de señal de maniobra, ubicados en las zonas de maniobras a lo largo de las vías o en talleres.

Existen por medio de estos equipos, otros tipos de comunicaciones, que pueden llevarse a cabo como:

- La llamada general de taquillas, desde el centro de comunicaciones
- La comunicación directa de PDC, con las permanencias de mantenimiento, vigilancia, seguridad, etc..
- La comunicación directa de las taquillas al centro de comunicaciones
- La comunicación desde el pupitre del TCO a la terminal de línea, talleres, etc..

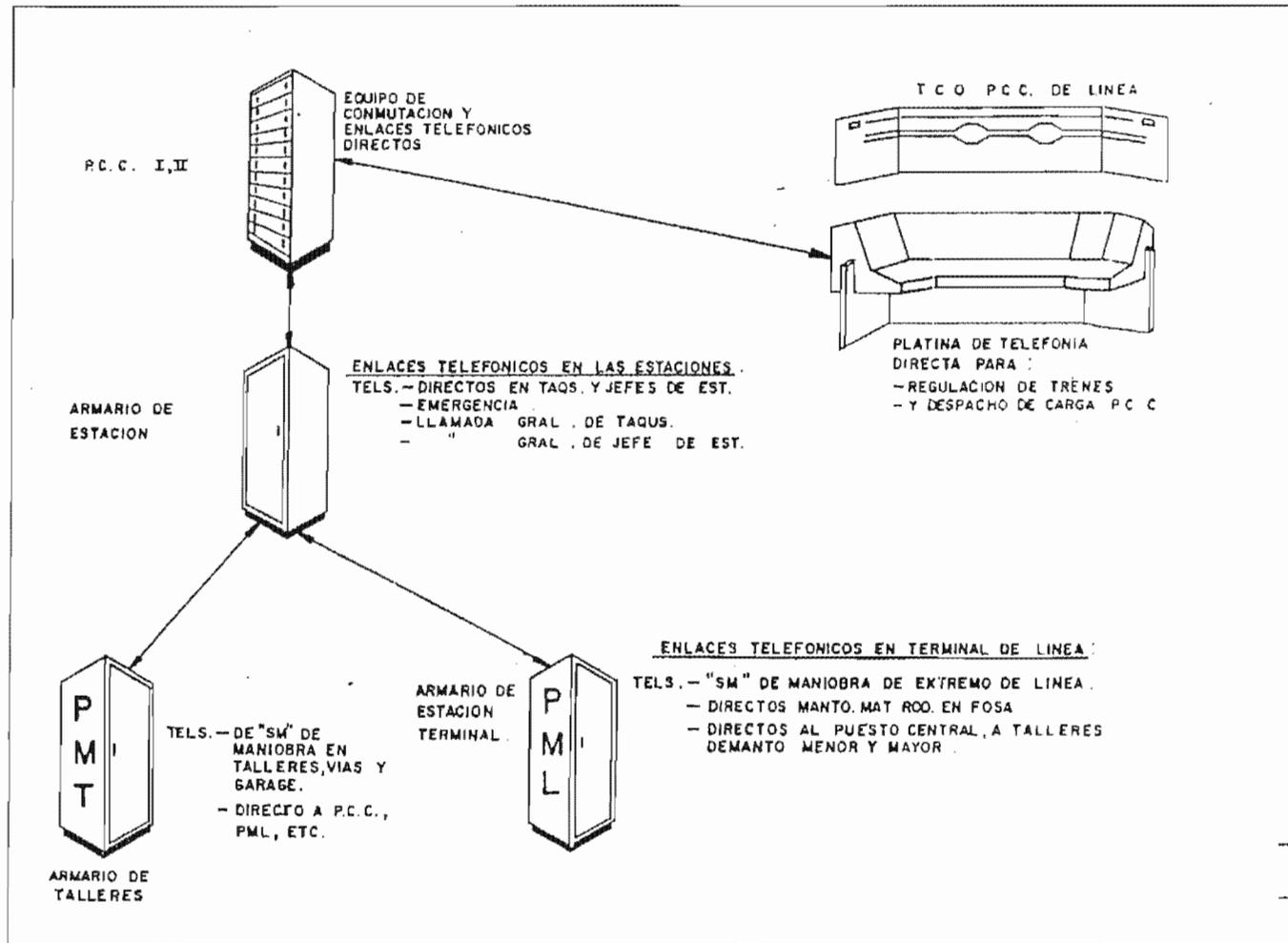
A través de la platina de sonorización se puede efectuar los voceos del centro de comunicaciones a una estación determinada, a todas las líneas 1,2,3,4,5 y 6; o a las líneas 7,8,9 y "b" conectadas a esta.

Los sistemas de la red de telefonía directa son individuales por línea.

Cada uno de los armarios tiene, además de su alimentación de socorro, que permite por un lapso de 8 horas, que exista la posibilidad de comunicarse con diferentes puntos en caso de falta de la alimentación normal.

La telefonía directa esta compuesta por cuatro subsistemas:

- I. Equipo de control.- su función es efectuar todas las conmutaciones entre los diferentes puntos; estos equipos están instalados en los PCC, locales técnicos de los puestos de maniobra de talleres y en cada una de las estaciones
- II. Platinas.- ubicadas en los TCO'S y puestos de maniobras de línea y talleres; encargadas de seleccionar desde estos los enlaces con los abonados deseados o viceversa.
- III. Aparatos telefónicos.- utilizados por los usuarios para recibir o efectuar las llamadas deseadas.
- IV. Líneas de transmisión.- en las líneas actuales se hace a través de cables de cobre o por medio de fibra óptica en el caso de las líneas 8 y B



IV.2.3.- TELEFONIA DE TRENES

La red de telefonía de trenes tiene como objetivo principal el de proporcionar las comunicaciones entre los reguladores y los puestos de control central (P.C.C.) o del puesto de maniobras (P.M.) de talleres y los conductores a lo largo de las líneas. Son considerados como equipo de seguridad ya que permiten la transmisión de mensajes urgentes en cualquier punto de la línea. Una característica del sistema es que las comunicaciones son bidireccionales.

La línea está dividida en zonas de acuerdo con la alimentación de tracción, lo que permite que la emisión desde el P.C.C. sea selectiva o general.

La técnica de transmisión es por corrientes portadoras a través de la barra guía, modulada en frecuencia; en las líneas 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 9; en las líneas 8 y "B", donde el sistema es de radiocomunicación se utilizan antenas en los tramos de superficie y cable radiante en túnel.

IV.2.3.1.- Transmisión mediante corrientes portadoras

El principio de transmisión mediante corrientes portadoras consiste en la utilización como soporte de las líneas de transporte de energía. Si bien es posible transmitir en las líneas de energía las señales de baja frecuencia bajo su forma original, es prácticamente imposible separarlas de la corriente de tracción en la recepción. En cambio, la transportación de estas señales de baja frecuencia permite una fácil discriminación, debido a los filtros simples constituidos por los circuitos de acoplamiento. Además del acoplamiento no galvánico y de la eliminación de los componentes de la corriente de tracción, los circuitos permiten la adaptación de la impedancia óptima entre la línea de alta frecuencia y la línea de energía.

El uso de la modulación de frecuencia elimina los riesgos de eventuales perturbaciones debidas a los parásitos industriales.

La inyección y la captación de las señales de alta frecuencia, son permitidas por los órganos de acoplamiento capacitivo. Un transformador de múltiples tomas permite efectuar la conformidad de impedancia en función de las características de la red de alimentación.

La delimitación de las zonas de transmisión se realiza mediante circuitos tapones que cortocircuitan la señal de alta frecuencia en el punto de separación deseado.

IV.2.3.2.- Aplicación de las corrientes portadoras a la telefonía de los trenes.

El principio de distribución múltiple por pares de alta frecuencia separados, permite obtener un nivel de AF importante y regular en la totalidad de cada zona tanto en la emisión como en la recepción.

El principio consiste, en la multiplicación y repartición de los puntos de acoplamiento en todo el recorrido, y en la conexión en la estación fija de cada uno de estos puntos por un par distinto que transporta las señales de alta frecuencia de emisión y recepción.

En las estaciones fijas, la potencia de emisión es realizada por varias etapas independientes de la potencia moderada y regulable. En la recepción, la señal de alta frecuencia salida de cada par con un nivel propio, desemboca en un circuito que permite enviar al receptor toda o parte de esta señal. Por lo tanto, es perfectamente posible regular para cada punto de acoplamiento los niveles de alta frecuencia, emisión y recepción. Es igualmente fácil obtener, por un lado, un nivel de alta frecuencia homogéneo den la totalidad de una zona y, por el otro lado, eliminar cualquier diafonía, sobre todo en los límites de la zona.

Los equipos móviles están dotados de un emisor – receptor, seguido de un circuito de acoplamiento adaptado a la impedancia promedio de la red.

En un tren de metro, los circuitos de acoplamiento de dos motrices son puestos en paralelo en el nivel de la alta frecuencia por una línea llamada línea de ayuda mutua. Este dispositivo permite mantener un enlace en caso de descarrilamiento o de corto circuito en una motriz.

IV.2.3.3.- Modo de transmisión

Se utiliza una sola frecuencia de fonía para el conjunto de la red.

Las comunicaciones se realizan en alternancia sin prioridad.

En todos los casos, unidad central, estaciones fijas, o bien unidades móviles, todas las funciones están bien diferenciadas debido a que cada una de ellas ha sido materializada por un subconjunto desconectable.

En las estaciones fijas, el sistema de cables se reduce a los cordones de enlace entre los diferentes cajones y terminales de enlace, todos los circuitos impresos son de vidrio epoxy. El empleo generalizado de semiconductores de silicio, de circuitos integrados y de componentes pasivos bien dimensionados, garantiza altos rendimientos, buena estabilidad de temperatura y fiabilidad.

Todos los equipos han sido concebidos para permitir una máxima seguridad de funcionamiento. Debido a esto, las estaciones fijas están dotadas de circuitos de auto control que indican a la unidad central cualquier avería de funcionamiento. En cada estación fija, estos circuitos controlan permanentemente:

- La presencia de la alimentación de la zona (220 volts de ca)
- La presencia de baja tensión (72 volts de cc)
- La carga correcta de las baterías de emergencia
- La presencia de alta frecuencia en la emisión
- La presencia de alta frecuencia en la recepción

Las alarmas que corresponden a estos diferentes controles son transmitidas a la unidad central mediante una línea telefónica en seguridad positiva.

IV.2.3.4.- Equipos de la unidad de control centralizado (PCC)

La unidad está constituida básicamente por:

- Un panel de mando con altoparlante y microteléfono
- Un equipo telefónico de amplificación, de mando y de control que permite el tratamiento de todas las informaciones y modulaciones emitidas o destinadas a los equipos de línea.

Equipos de línea

Están constituidos por:

- En una estación de cada zona: Un armario de alta frecuencia que comprende un emisor – receptor, equipos telefónicos de comunicación de mando y control, un bloque de alimentación de sector y baterías de alimentación de emergencia.
- Cajas de acoplamiento repartidas a lo largo de la línea que permiten el enlace de alta frecuencia con los canales y las líneas de energía
- Cajas de separación colocadas en los límites de zona las cuales son conectadas en derivación con los canales y con la línea de energía.
- Dos cables multipares salidos de cada armario de alta frecuencia que distribuyen la alta frecuencia a las cajas de acoplamiento
- Cables telefónicos que comunican a los otros armarios de alta frecuencia y a la unidad central

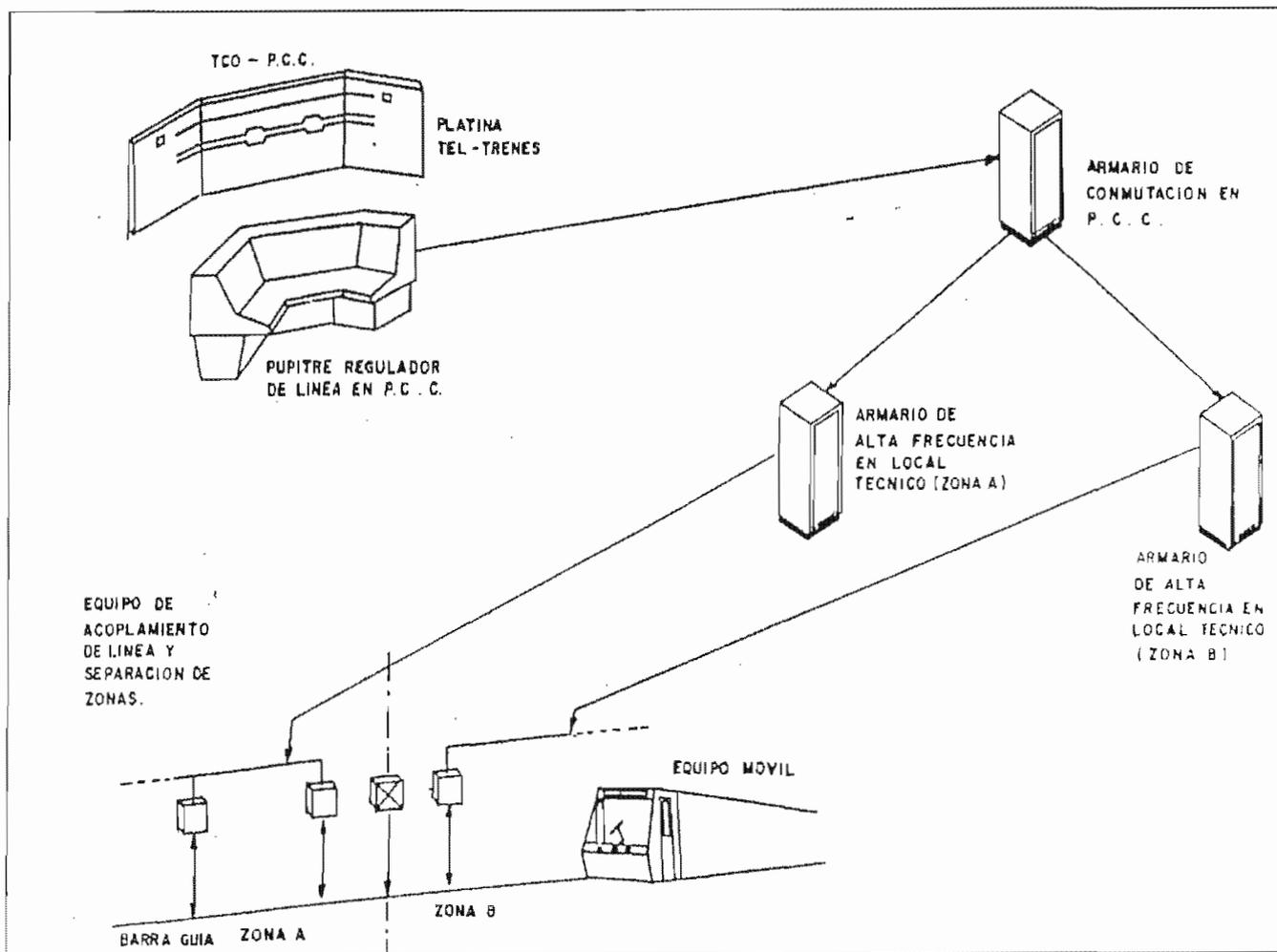


Figura IV-33 Telefonía De Trenes

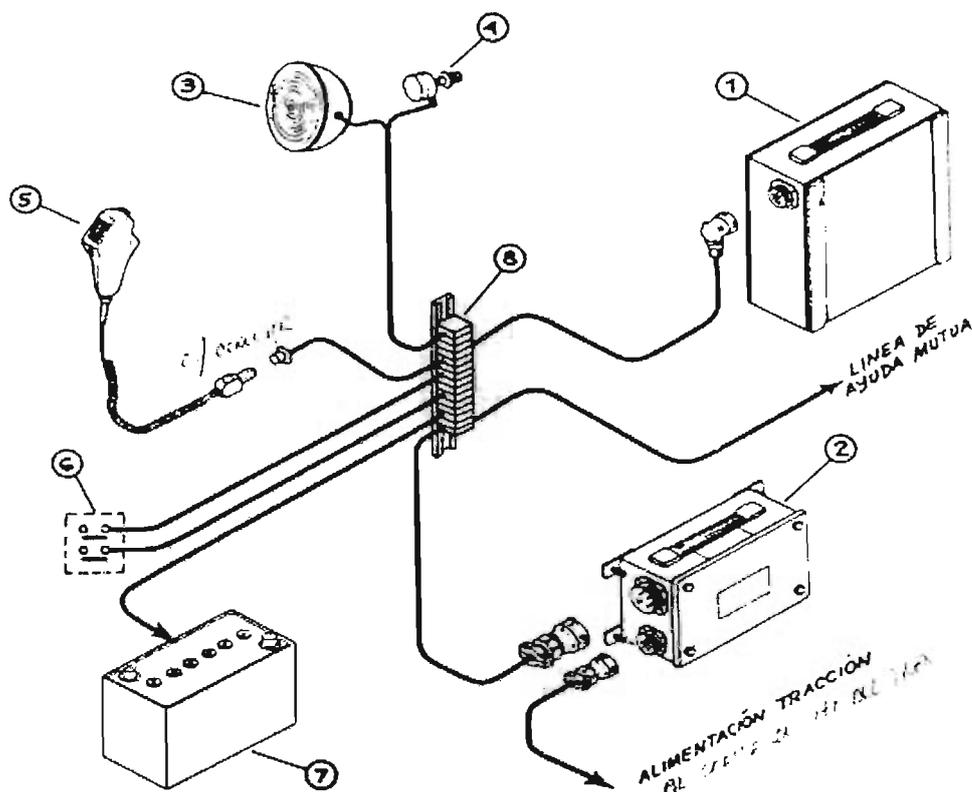


Figura IV-34 Sinóptico De Trenes

- 1.- UNIDAD MOVIL THF 7202
- 2.- CAJA DE ACOPLAMIENTO DE TRENES (BCE)
- 3.- ALTOPARLANTE POR EMPOTRAR
- 4.- POTENCIÓMETRO DE VOLUMEN
- 5.- MICRÓFONO K703
- 6.- BUCLES DE LARMA VIGILANCIA
- 7.- BATERÍA AUXILIAR DEL TREN
- 8.- TERMINALES DE CONEXIONES

IV.2.4.- SISTEMAS DE INTERCOMUNICACIÓN

Los sistemas de intercomunicación son proyectados principalmente para proporcionar la comunicación a reducidos grupos o redes particulares de abonados, en forma rápida, eficiente y directa, como:

- Taquilla y/o cubículo de jefes de estación.
- Área y oficinas en talleres.
- Personal de una gerencia o departamento con sus permanencias.

- Comunicación de la red de la dirección.
- Los equipos de intercomunicación son usados para enlazar dos aparatos que se encuentran a una distancia no mayor de 300 metros en la mayoría de los casos y de 1000 metros, tal es el caso del interpón de la dirección (equipo T.O.A.).

Existen instalados en el S.T.C. diferentes tipos, modelos y marcas de equipos (TOA, ALCATEL, MATRACOM y PANASONIC).

Los interfonos ubicados en estaciones y talleres tienen la facilidad de poder efectuar voces a través del equipo de sonido.

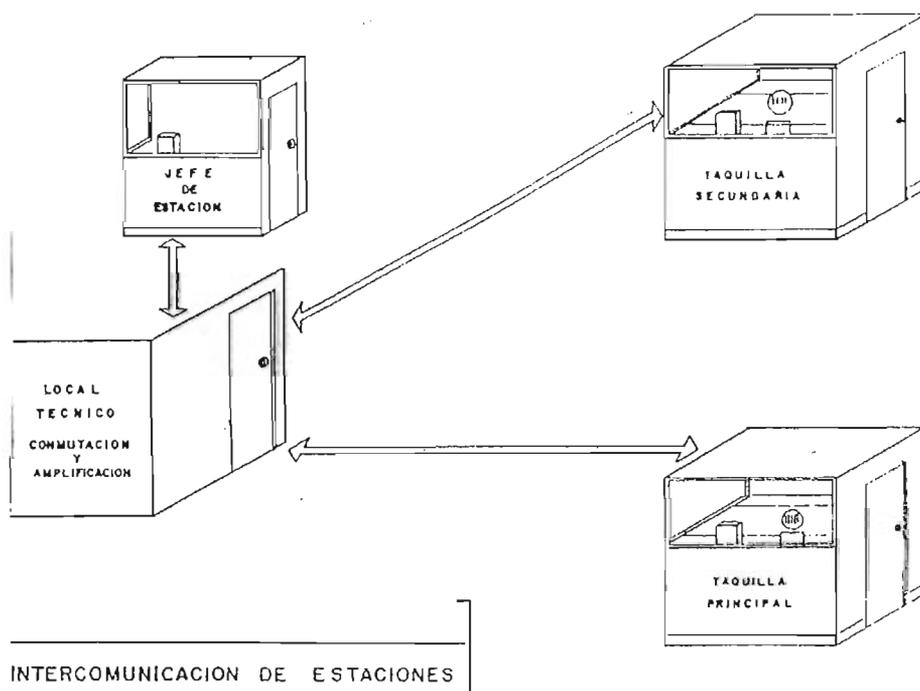


Figura IV-35

IV.2.5.- SISTEMAS DE GRABACION

El sistema de grabación utilizado en el S.T.C. esta destinado principalmente para registrar las informaciones que se generan durante la operación de los trenes.

Las tres grabadoras actualmente instaladas son de tipo profesional; con capacidad de treinta dos canales y utiliza casetes con una duración de veinticinco horas continuas (tiempo real).

Las grabadoras cuentan con circuitos redundantes, los cuales permiten en caso de averías; de que la que esta operando funcione la que se encuentra en espera, o sea,

que están duplicadas; así mismo cuenta con la facilidad de grabar en uno de los canales la fecha, día y hora transcurrida.

Las grabadoras están duplicadas; cuando se termina una cinta de veinticuatro horas, automáticamente entra a funcionar la otra, con un intervalo de traslape de treinta minutos mínimo.

Se pueden monitorear cualquiera de los treinta y dos canales.

IV.2.6.- SISTEMAS DE SONORIZACION

Este sistema permite ambientar con música en forma permanente todas las estaciones del S.T.C., y además proporciona a través de voceos, tanto del centro de comunicaciones como de la propia estación, la información necesaria al público usuario o al personal del sistema.

El sistema de voceo esta compuesto por:

- Fuente de voceo desde el Centro de Comunicaciones del P.C.C. I y P.C.C. II
- Equipo de Conmutación y Amplificación en P.C.C.1 y P.C.C.2.
- Líneas de transmisión por cable de cobre y de fibra óptica.
- Equipo de estación de selección y amplificación.-
- Sistema de voceo local de estación desde la taquilla principal o desde el cubículo del jefe de estación.

El sistema de ambientación de música en estaciones está compuesto por:

- Puente de Música desde Audiómetro en P.C.C.2.
- Equipo de amplificación en P.C.C.1 Y P.C.C.2
- Líneas de transmisión por cable de cobre y en línea 8 y "B" se transporta a través de fibra óptica.
- Equipo de estaciones de selección y amplificación.

El equipo preselector tiene la prioridad del voceo del C.C., voceo de taquilla principal y/o voceo de cubículo de jefe de estación y música ambiental.

- Un ecualizador utilizado para reforzar las altas frecuencias.
- Uno o dos amplificadores para las señales de voceo o música.
- Un transformador de línea de 70.7 volts. por amplificador, que permite el acoplamiento entre el amplificador y las líneas de bocina (de 4 a 8 ohms).
- De 50 a 300 baffles dependiendo del área de la estación.

Sin duda, La conjugación de todos estos sistemas, permiten mantener una comunicación permanente ininterrumpida y eficaz lo que redundo en la atención expedita de cualquier imponderable.

También es importante mencionar que el sistema de telefonía de trenes está constituido por la tecnología que en el año 1969 era la tecnología de punta y a lo largo de estos 35 años ha demostrado sus bondades estando vigente hasta nuestros días.

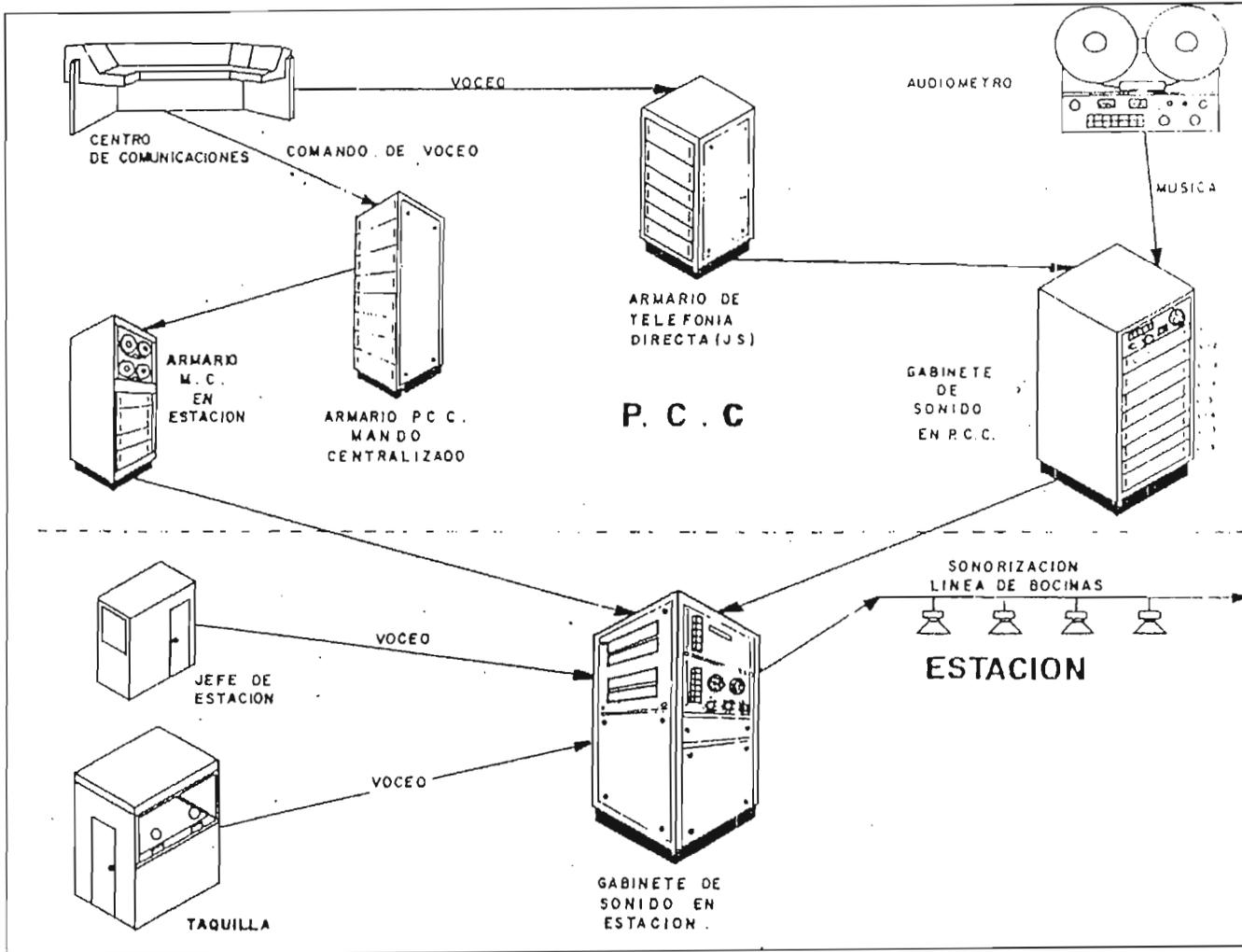


Figura IV-36 El Sistema De Sonorización

V.- EL MATERIAL RODANTE

V.1.- PRINCIPIOS GENERALES

Sin duda, los trenes de rodadura neumática resultaron la mejor alternativa de solución para las características de transportación de las rutas planteadas para el metro de la ciudad de México ya que la distancia entre estaciones en promedio es de 800 metros por lo tanto se requería un tren que contara con un par de arranque que le permitiera alcanzar la velocidad comercial en el menor desplazamiento posible lo que redundaría en un recorrido eficiente; este par de arranque solo se lograría con motores de corriente continua; adicionalmente la combinación del par de arranque con las ruedas neumáticas permitiría una mejor adherencia del neumático con la pista de rodamiento situación que no sucede con los trenes de rodadura férrea, los cuales son recomendados para distancias entre estaciones superiores a los 1200 metros; situación que se presenta en la Línea "A" cuyos trenes además de ser de rodadura férrea, alimentan sus motores por medio de catenaria y su velocidad máxima es de 100Km./h.; a continuación se presentan dos tablas con las características generales de los trenes neumáticos que representan el 88.85% del material rodante del Sistema de Transporte Colectivo de la ciudad de México.

V.1.1.- Características generales del material rodante neumático

En la siguiente tabla se indican las características generales de los trenes neumáticos; dichas características fueron definidas previas a la fabricación de los trenes a fin de satisfacer las necesidades de transportación de la población de la ciudad de México.

CONCEPTO	CARROS			TOTAL POR TREN
	M(2)	N(4)	R(3)	
<u>CAPACIDAD POR CARRO:</u>				
PASAJEROS SENTADOS	38	39	39	349
PASAJEROS DE PIE	132	131	131	1181
TOTAL DE PASAJEROS	170	170	170	1530
<u>PESO POR CARRO (PROMEDIO):</u>				
PESO (KG)	28930	27830	20837	231691
PESO A 4/4 DE CARGA (70 KG/PAS)	40830	39730	32737	338791
LONGITUD ENTRE ENGANCHES (MTS)	17.18	16.18	16.18	147.62
<u>ESCOBILLAS POR CARRO:</u>				
POSITIVAS	4	4	0	24
NEGATIVAS	2	2	0	12
DE TIERRA	2	2	4	24
<u>RUEDAS POR CARRO:</u>				
SEGURIDAD	8	8	8	72
PORTADORAS	8	8	8	72
GUÍA	8	8	8	72

V.1.2.- Características funcionales del material rodante

Como puede observarse, un tren de rodadura neumática consta de 9 carros

De igual manera fue necesario definir las características funcionales de los trenes las cuales son el principio de diversas disciplinas

VELOCIDAD COMERCIAL	36 KM/H		
VELOCIDAD MÁXIMA	80 KM/H		
MANTENIMIENTO MENOR	Entre 6000 y 8000 Km.		
MANTENIMIENTO MAYOR	Remolques cada 400000 Km.		
ALTURA RIEL A TECHO	3.60 mts.		
ALTURA PISO A TECHO	2.40 mts.		
ANCHO EXTERIOR	2.50 mts.		
	M	N	R
MOTORES DE TRACCIÓN	4	4	0
COMPRESORES	0	0	1
MOTOR ALTERNADOR	0	0	1
BANCO DE BATERÍAS	0	0	1
DESARROLLO DE RUEDAS			
PORTADORAS:	3.04 mts.		
RENDIMIENTO DE LA			
TRANSMISIÓN:	92%		
TENSIÓN DE			
ALIMENTACIÓN:	750 VCD		
ACELERACIÓN MÁXIMA A			
3/4 DE CARGA:	1.2 m/seg ²		
DEACELERACIÓN A 4/4			
DE CARGA:	2.0 m/seg ²		
TIPOS DE FRENADO:	Reostático (Eléctrico) y/o Neumático		

Resulta por demás importante recalcar que los trenes cuentan con diferentes especialidades de la ingeniería tales como son:

Electricidad, Mecánica, Electrónica, Hidráulica, Neumática, Control; entre otras, es por todo lo anterior que a continuación se describen solo algunos de los elementos importantes de las diferentes especialidades de la ingeniería que en su conjunto conforman el material rodante que en la actualidad presta servicio a casi cinco millones de usuarios y que cuenta con trenes de la primera generación modelo MP68 totalmente franceses y que con casi 35 años de operar continúan formando parte activa del parque vehicular del metro de la ciudad mas grande del mundo.

V.2.- DESCRIPCIÓN DEL TREN

V.2.1.- CONSTITUCIÓN DE CARROS Y FORMACIÓN DE TRENES

El material rodante está diseñado para permitir la formación de trenes a partir de grupos de tres carros compuestos de 2 motrices y un remolque al cual se le llama elemento M-R-N

La formación de 3 elementos, formada por nueve carros constituye un tren normal y está compuesta por elemento non, M-R-N, elemento intermedio, N-PR-N y elemento par, N-R-M.

Como se puede observar, 8 carros van en una dirección y uno va en dirección opuesta, que normalmente es la M con nomenclatura par, por tal razón se le denomina a este elemento par.

V.2.1.1.- Motrices.

Se distinguen dos tipos de motrices: las motrices M están provistas de una cabina de conducción y las motrices N que no llevan cabina de conducción.

Todas las motrices M y N están equipadas con 2 carretillas cada una donde cada carretilla lleva dos motores de tracción que están conectados en serie y a la vez en paralelo con los otros dos motores de tracción de la otra carretilla.

Las motrices N aseguran la alimentación de alta tensión de los equipos auxiliares que van incluidos en los carros remolque R y PR como son el convertidor estático CES y el motocompresor MCP.

V.2.1.2.- Remolques.

Los carros remolque son de dos tipos: carro R y carro PR. El carro PR se distingue del carro R por llevar además el equipo de pilotaje automático y el equipo registrador de eventos.

Los carros remolque R y PR llevan baterías que aseguran el encendido del tren y de un convertidor estático CES que asegura la corriente alterna y la alimentación a los circuitos auxiliares de corriente directa así como la carga de la batería una vez encendido el tren.

Esta alimentación de corriente alterna y corriente directa BT es distribuida al mismo carro R así como a los dos carros motores que forman el elemento.

El grupo motocompresor permite alimentar con aire comprimido los equipos neumáticos de cada uno de los carros por medio de una tubería llamada tubería de equilibrio TE y transmite el aire de carro a carro a lo largo de todo el tren por medio de los acopladores neumáticos de los enganches.

Los equipos que permiten la continuidad de un carro a otro se realiza por medio de acopladores eléctricos, neumáticos y mecánicos.

l) Los acopladores eléctricos comunes entre todos los caro M, R y N son acopladores S,

T, C, P, A y B y se encuentran de lado derecho de la parte delantera y trasera de los carros, a diferencia de los carros M con cabina que llevan solamente en la parte trasera de lado izquierdo y lado derecho para su uso como cabina delantera o trasera.

El acoplador eléctrico denominado H, permite la alimentación de alta tensión a los remolques R y PR y se encuentran del lado izquierdo en la parte delantera y trasera de los carros N, R y PR.

Existen otros dos acopladores eléctricos que son PCS y SD y sirven para acoplarse de un tren a otro para dar auxilio a un tren descompuesto y van en la parte delantera del lado izquierdo y derecho de todas las motrices M.

- I. Los acopladores mecánicos, van en la parte delantera y trasera de todos los carros y sirven para acoplar un carro a otro.
- II. Los acopladores neumáticos van incluidos en los enganches y sirven para transmitir de un carro a otro a lo largo del tren el aire comprimido que generan los motocompresores.

Los acopladores eléctricos PCS y SD van de reserva en las cabinas de las motrices M. Hay otro acoplador llamado PAU que sirve para la continuidad del hilo de seguridad 56, el cual va instalado en los acopladores mecánicos asegurando el acoplamiento de todos los carros.

V.2.1.3.- CONSTITUCIÓN DE LOS CARROS.

- I. Carro motor M. Su particularidad fundamental es que cuenta con una cabina de conducción en la que se encuentran ubicados los dispositivos de mando y control de operación
- II. Carro motor N. La constitución de este carro, en general, es similar al carro motor M, excepto por que no cuenta con cabina de conducción.
- III. Carro remolque R. Su carrocería es idéntica a la del carro motor N, por lo que las partes que lo constituyen tienen la misma ubicación.

Las diferencias básicas entre estos carros R y PR y los carros M y N son las siguientes:

- I. Los carros R y PR carecen de medios propios de tracción, por lo cual no cuentan con los motores de tracción así como todos los equipos de alimentación de tracción y frenado eléctrico, ejes diferenciales, escobillas positivas y negativas.
- II. En la parte central cuentan con:
 - Convertidor estático CES
 - Grupo de resistencias RCP
 - Grupo motocompresor
 - Cableado de alta tensión
 - Tanque auxiliar de aire
 - Tanque principal de aire
 - Tubería neumática

III. Los carros PR además llevan incluidos en el equipo del pilotaje automático:

- Captadores de velocidad
- Captadores de alta frecuencia

Cableado de equipo de PA

Sólo para SACEM, captadores SILEC izquierdo y derecho, cofres SACEM y SILEC y otro tipo de rueda fónica.

IV. Cuenta con un banco de baterías,

- V. En el bogie delantero, segundo eje, rueda izquierda se encuentra montada la rueda fónica.

V.2.1.4.- Formación de trenes.

Por las partes que constituyen a cada uno de los carros (M, N, PR y R), se deduce porque son dependientes entre sí; esto determina la necesidad de formar elementos con base a dos motrices y un remolque (M-R-N, N-PR-N, N-R-M).

La formación de trenes debe ser de la siguiente manera:

M-R-N-N-PR-N-N-R-M

El acoplamiento entre carros se efectúa por los medios siguientes:

1. Acoplador automático, localizado en la parte delantera y trasera de los carros, llamado comúnmente enganche o acoplador de semibarra permanente. Sus funciones son:

- Mecánica: Efectúa la unión mecánica entre carros.
- Neumática: Establece la continuidad de la tubería de equilibrio.
- Seguridad: Por medio de un dispositivo denominado PAU (toma de alimentación del circuito del freno de emergencia), se asegura la continuidad eléctrica entre carros. En caso de perderla, el tren se frena automáticamente.

2. Acopladores eléctricos, cuyas funciones son:

- a. Por medio de sus hilos, transmitir a todos los carros las órdenes provenientes de la cabina de conducción para la operación simultánea de equipos tales como:
 - puertas,
 - frenos,
 - motores de tracción,
 - otros.
- b. Efectuar la distribución de corriente en baja y alta tensión.
- c. Informar sobre el funcionamiento de los equipos a través de las señalizaciones de la cabina.

Los acopladores eléctricos están identificados con las siglas A-B-C-H-P-S-T en función de su servicio.

En las siguientes 3 figuras se muestran todos los componentes del tren y en la tabla se enuncia el significado de las siglas y el nombre de los componentes.

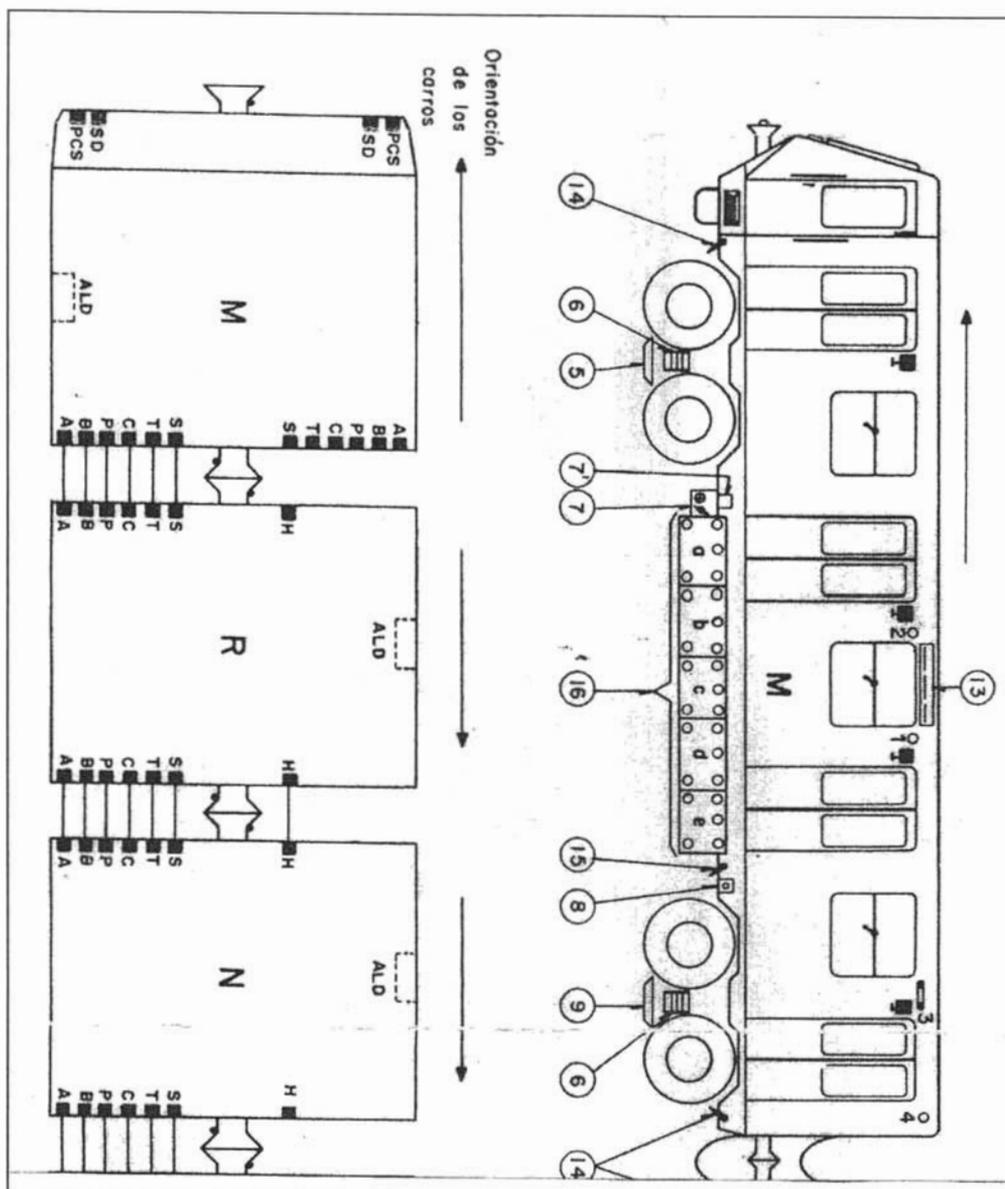


Figura V-1 Formación De Los Trenes Parte 1

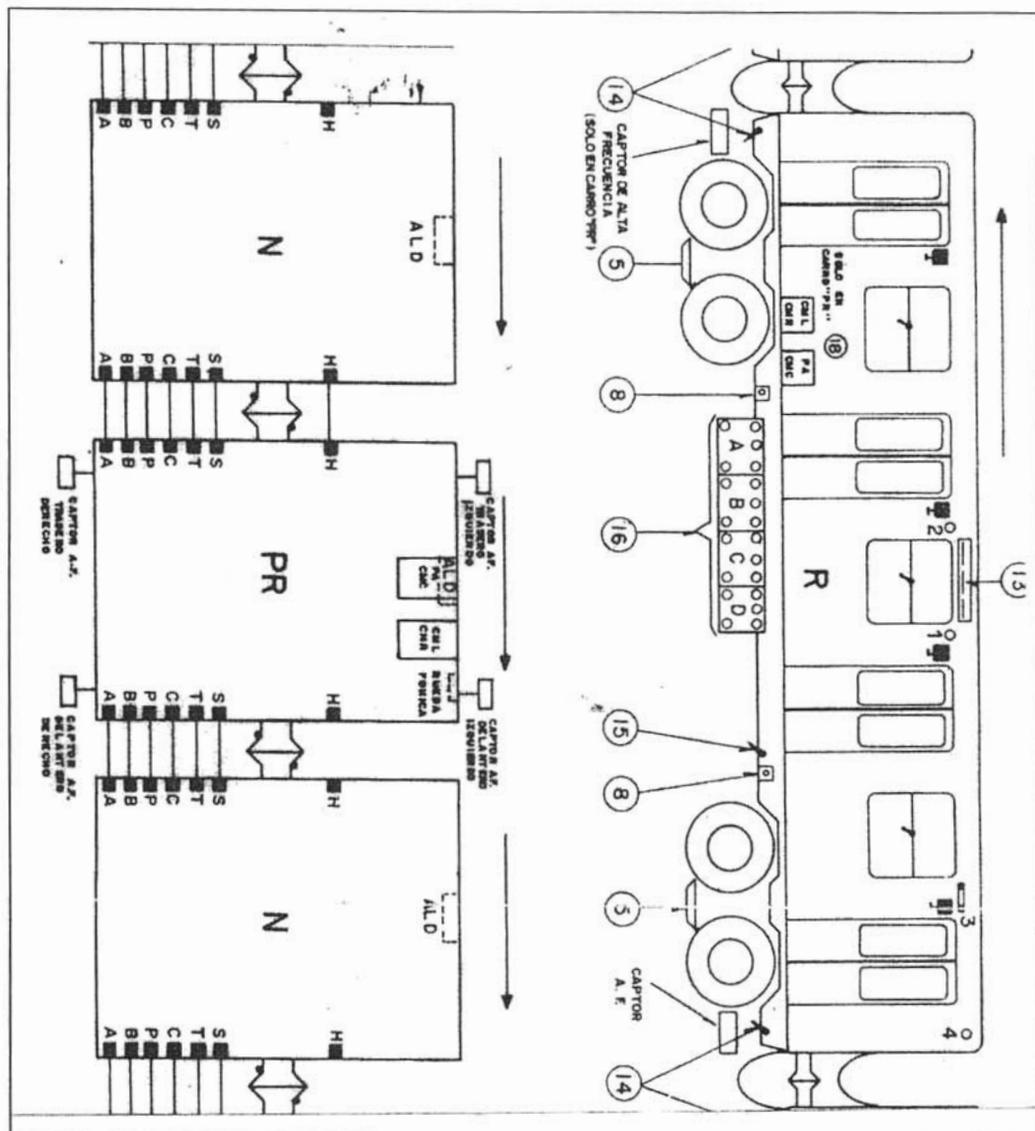


Figura V-2 Formación De Los Trenes Parte 2

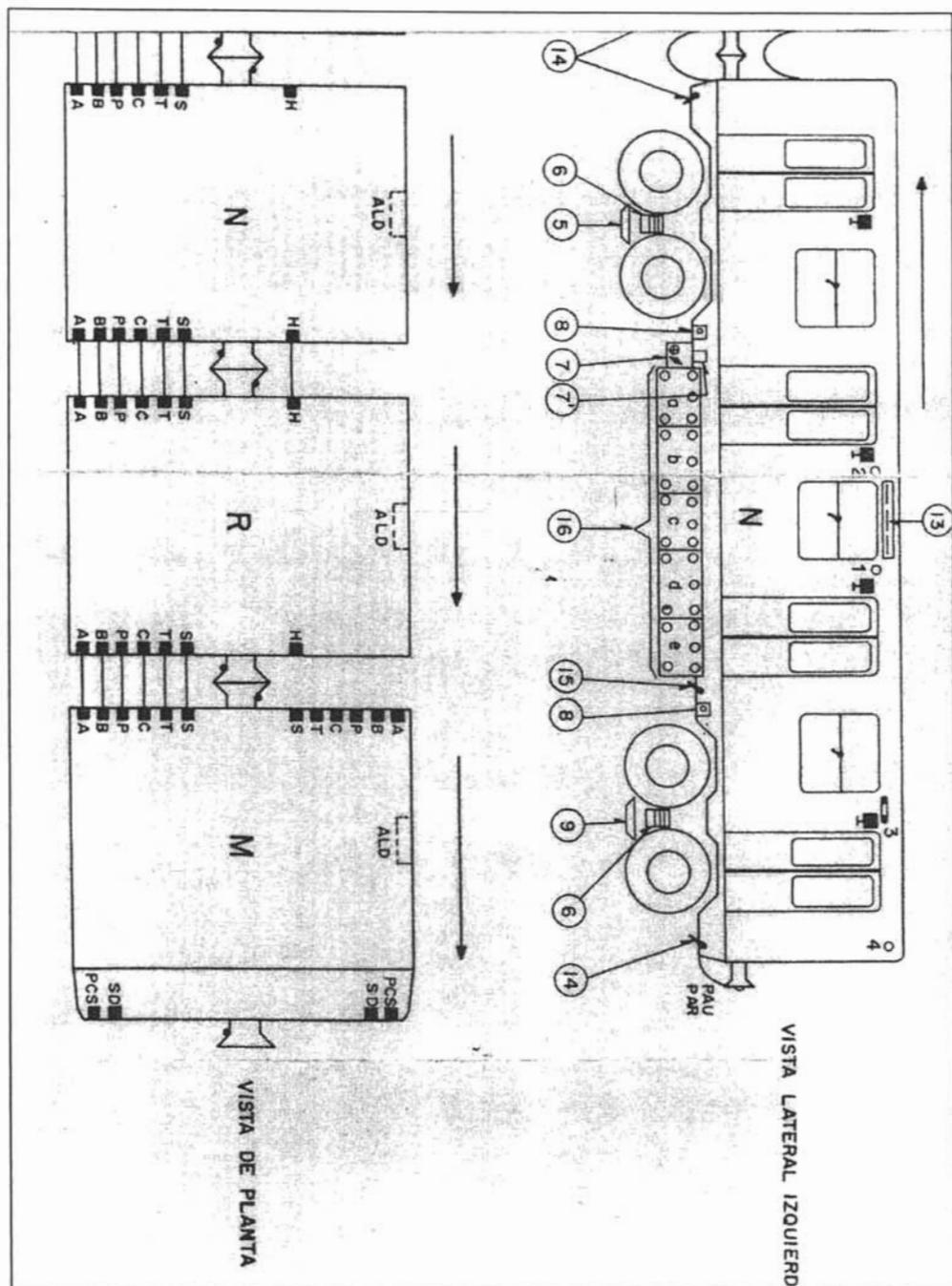


Figura V-3 Formación De Los Trenes Parte 3

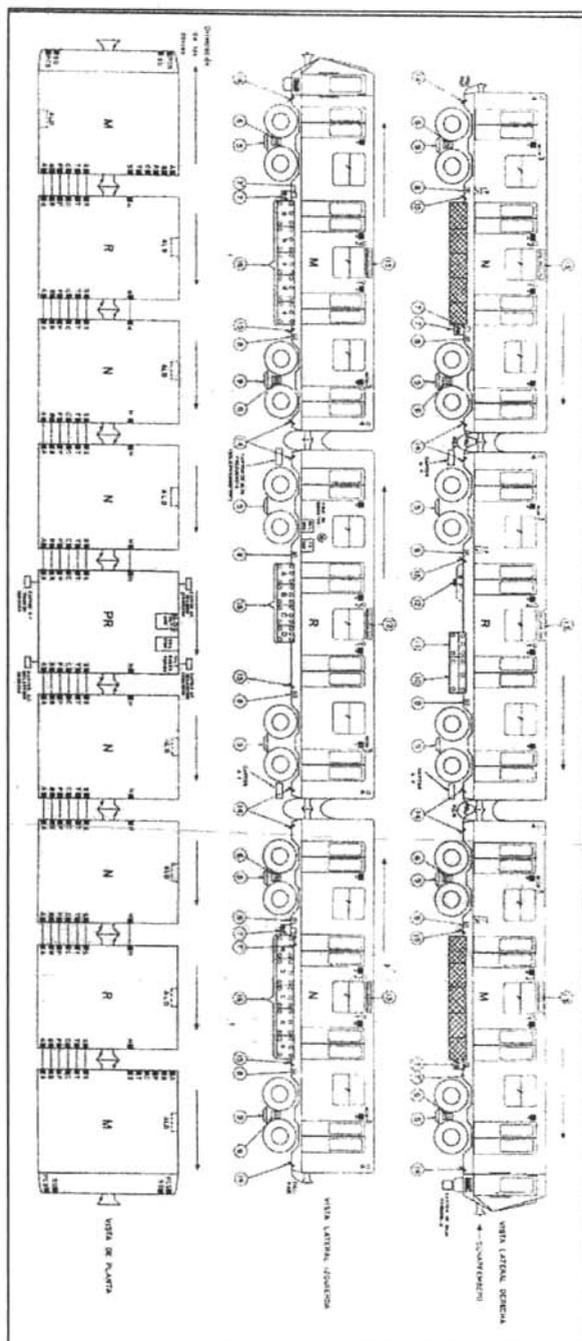


Figura V-4

IDENTIFICACIÓN Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES	
M	Carro motor con cabina
N	Carro motor sin cabina
R	Carro remolque
PR	Carro remolque con equipo de p a
KFS	Conmutador de freno de seguridad
1	Lámpara luz de destino amarilla
2	Lámpara luz de destino azul
3	Lámpara de señalización puertas abiertas
4	Lámpara piloto KFS accionado (verde)
5	Escobillas de tierra
6	Escobillas positivas
7	KFP Conmutador escobillas toma
7'	PAT Toma de alimentación para trole
8	Manivela de freno de mano
9	Escobilla negativas
10	Cofre de baterías
11	Cofre de QC (regulador de carga de batería)
12	Tanque de reserva de aire con 2 válvulas de purga, una automática y la otra manual
13	Rejilla de aspiración de aire (ventilación)
14	Válvulas de paso del conducto neumático (XE)
15	Válvula de paso de la EMD
16	Cofres laterales
* 17	Mando a distancia de la XP
* 18	Bloques de PA
PAU	Acoplador para seguridad de continuidad del tren
PAR	Acoplador de la señalización de autorización de recuperar
A	Anuncio a pasajeros y varios
B	Corriente alterna traspaso de batería
P	Pilotaje automático y varios
T	Servicios del tren
S	Seguridad y señalización
H	Alta tensión
C	Conducción
PCS	Toma de continuidad del timbre
SD	Socorro descompostura
ALD	Amplificador local de desfrenado

Los componentes marcados con (*) se localizan en el interior de los carros

V.3.-HILOS, SU FUNCIÓN Y LOCALIZACIÓN EN LOS ACOPLADORES

Para facilitar la localización de los hilos conductores, éstos se identifican por medio de números.

En estas tablas se enlistan, en forma progresiva, especificando su función y el acoplador por el que establecen su continuidad..

Para una mejor identificación de los acopladores de que consta un carro, se presenta la siguiente tabla:

CARRO	ACOPLADORES									
	A	B	S	T	C	P	H	SD	PCS	PAU
M	X	X	X	X	X	X		X	X	X
R	X	X	X	X	X	X	X			X
N	X	X	X	X	X	X	X			X

ACOPLADOR	NOMBRE	
A	Anuncio pasajeros y varios	Están formados por 19 hilos de 2.5 mm ² .
B	Corriente alterna y traspaso de batería	
S	Seguridad y señalización	
T	Mando del tren	
C	Conducción	
P	Pilotaje automático y varios	Está formado por 9 pares de cable blindado de 2 hilos de 2.5 mm ² .
H	Alta tensión	Está formado por 7 hilos de 6 mm ² .
SD	Socorro descompostura	Está formado por cable múltiple de 19 hilos de 2.5 mm ² .
PCS	Toma continuidad timbre	Esta formado por 2 hilos
PAU	Toma de alimentación, circuito de emergencia	Está formado por un cable blindado de 2 hilos de 4 mm ²

V.4.- FUENTES DE ALIMENTACIÓN

V.4.1.- ALTA TENSIÓN

Existen dos maneras de alimentar con alta tensión los equipos localizados en los carros motores M y N y en los carros remolque R y PR; las cuales son:

- En vías con barra guía por medio de las escobillas positivas
- En vías de talleres sin barra guía, por medio de la toma de alimentación con trole PAT.
- Para elegir la forma de alimentación, se cuenta con un dispositivo que se conoce con el nombre de conmutador de escobillas-trole KFP

Los circuitos de alta tensión aseguran la alimentación de los siguientes equipos:

- I. Motores de tracción ubicados en:
 - a. Carros motor M.
 - b. Carros motor N.
- II. Motores eléctricos de los grupos MCP y de los convertidores estáticos CES, ubicados en los carros remolque R y PR.
- III. Relevadores de mantenimiento de la preparación RMP, ubicados en:
 - a. Carros motor M.
 - b. Carros motor N.
 - c. Carros remolque R y PR.
- IV. El teléfono de alta frecuencia.- Esta alimentación es independiente de la presencia de la corriente de alta tensión, dichos circuitos sirven exclusivamente como portadores de las corrientes de alta frecuencia.

En los carros N y M la corriente de la barra guía (polo positivo) es captada por las escobillas positivas FP, pasa a través de los fusibles de 750V-800Amp alimentando los equipos correspondientes como se observa en el diagrama; su retorno es a través del hilo 799 y de las escobillas negativas FN que van apoyadas sobre los rieles de seguridad (polo negativo). Estas escobillas negativas se encuentran localizadas en las carretillas traseras.

Las escobillas de tierra FM, también conocidas como escobillas de masa, están ubicadas en las carretillas delanteras de los carros motores y en las dos carretillas de los carros remolque. Estas escobillas van apoyadas sobre los rieles y tienen la función de poner tanto la caja como las demás partes metálicas del carro al mismo potencial que el riel, evitando así cargas estáticas.

Además, tanto las escobillas negativas como las de masa puentean los circuitos de vía, asegurando con esto la señalización de la Línea y de las zonas de maniobra.

En la motriz N, del hilo 506 (positivo alta tensión local) se derivan los hilos 507C y 507A, los cuales pasan a través del acoplador H y alimentan en el remolque del elemento los grupos motor-compresor MC y convertidor estático CES, teniendo su retorno de corriente por el hilo 799 que pasa también por el acoplador H hacia las escobillas negativas de la motriz N.

Además el hilo 507A alimenta al relevador de mantenimiento de la preparación RMP del carro remolque.

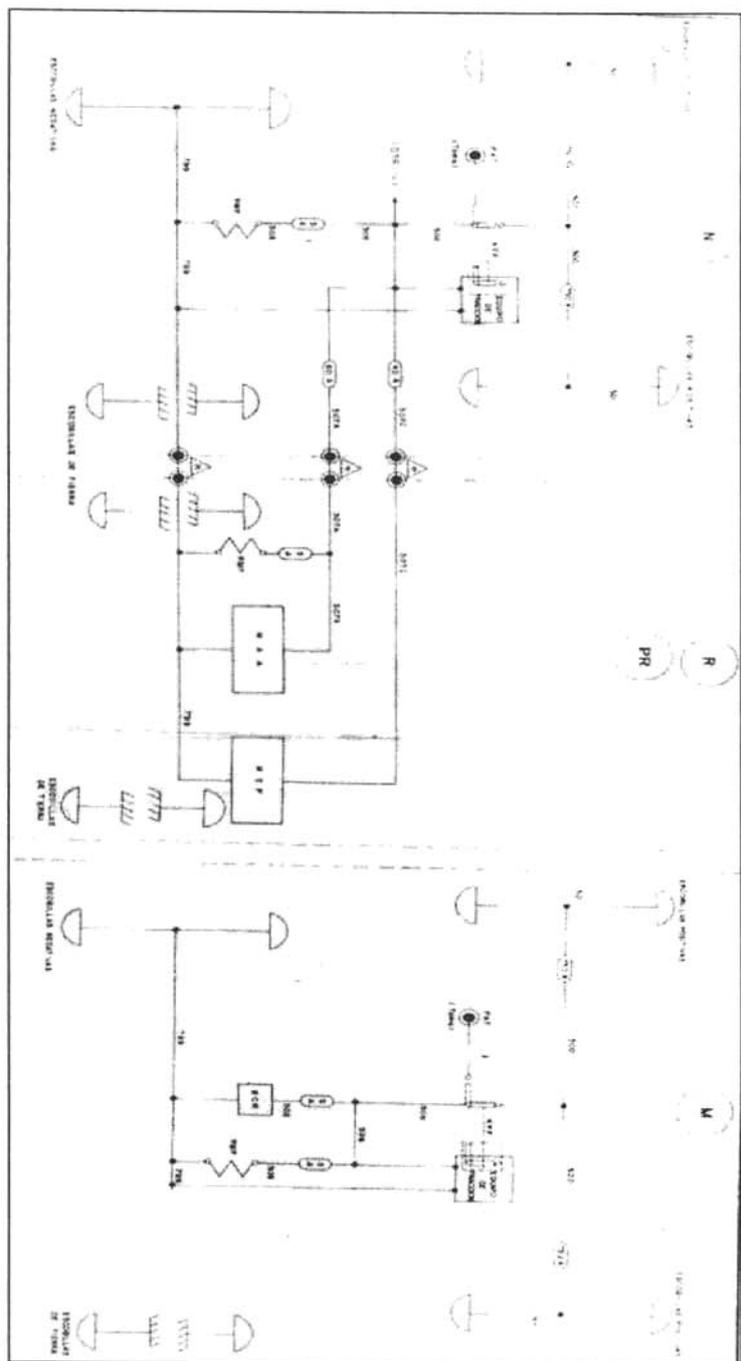


Figura V-5

V.4.2.- ALIMENTACIONES DE CORRIENTE ALTERNA

Algunos equipos eléctricos del tren requieren, para su funcionamiento, de una alimentación de corriente alterna; ésta es proporcionada por un equipo electrónico llamado convertidor estático CES, el cual tiene las siguientes características:

- Tensión de alimentación: 750VCC
- Tensión de salida alterna: 220 ca, una fase, 60 Hz
- Tensión de salida directa: 75Vcc

El CES se pone en servicio automáticamente al encender el tren, si la tensión en el grupo de baterías es superior a 50V, siguiendo esta secuencia:

- I. En presencia de alta tensión el relevador RMP del remolque se energiza y cierra sus contactos.
- II. Se alimenta al contactor de alimentación al convertidor CAC.
- III. El CAC se energiza, cierra su contacto de alta tensión y establece la alimentación de alta tensión al CES poniéndolo a funcionar.
- IV. Pasando por el disyuntor DAA2 y por el acoplador B, en la motriz N se realimentan los mismos circuitos del inciso anterior.

El paro del CES se provoca por:

- I. I)Anulación de la preparación del material. Se desenergiza el hilo 102K y se corta la alimentación al CAC; éste abre su contacto de alta tensión y corta la alimentación del CES.
- II. Ausencia de alta tensión. Se pierde la alimentación tanto del circuito de control, como del CES.
- III. Maniobra del conmutador escobilla-trole. Se pierde la preparación del material.

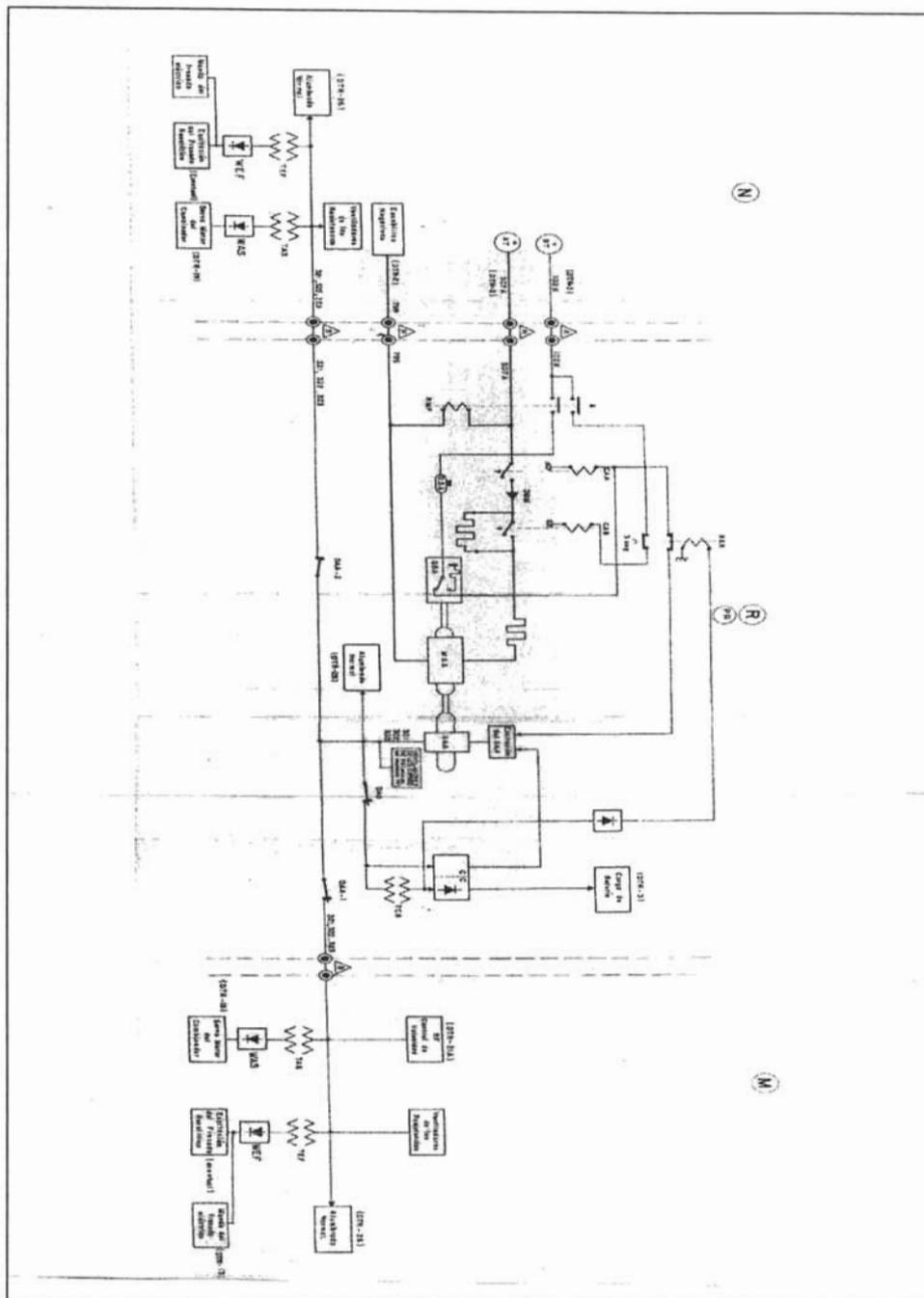


Figura V-6

V.5.- MANDO DEL COMPRESOR Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido necesario para el funcionamiento del equipo neumático del tren es proporcionado por los grupos motocompresores (MCP), ubicados bajo el chasis de los carros remolque.

La distribución del aire comprimido se realiza a través de una tubería que recorre el tren de un extremo a otro, y es llamada tubería de equilibrio (CE). Esta tubería pasa entre carro y carro a través del enganche o acoplado de semibarra permanente y en los extremos del tren es cerrada por unas válvulas de paso (XE).

V.5.1.- Funcionamiento del compresor.

Al ser accionado el compresor por el motor, absorbe aire del exterior a través de un filtro (FE) y un silenciador (SX). Una vez efectuado el proceso de compresión el aire comprimido es enviado al tanque principal (RP) a través de un radiador

El compresor cuenta también con una válvula de vaciado (XV), una válvula automática de purga (VAP) y una válvula de seguridad (SS).

El tanque principal, con capacidad de 250 litros, alimenta la tubería de equilibrio, y ésta a su vez alimenta:

- I. En cada carro:
 - a. El equipo del freno neumático.
 - b. Un tanque auxiliar (RA).
 - c. El equipo de cierre y apertura de puertas.
- II. En los carros remolque, además de los equipos mencionados en el inciso anterior, los relevadores electroneumáticos ZDC y ZEC.
- III. En las motrices M, además de los equipos mencionados en el inciso I el motor del limpiaparabrisas y el relevador electroneumático de vigilancia de la presión (ZVP).
- IV. Tanto en motrices M como en N, la caja de interruptores (BCI).

El proceso de compresión de aire se inicia al pasar el aire por el pistón de baja presión (cabeza baja), comprimiendo el aire a una presión de 4.5 bars, pasa por un radiador que permite enfriar un poco el aire y llega al pistón de alta compresión (cabeza alta), pasa por un enfriador de aire (radiador) y se conecta por medio de una manguera a la válvula scheck, alimentando al tanque principal de 250 litros.

En el compresor, a la salida del pistón de baja, va conectada una válvula SS de 60 PSI (US1), la cual va a funcionar haciendo escapar aire si hay problemas con la presión de aire en la cabeza de alta o el enfriador tapado; y a la salida de la cabeza alta va conectada otra válvula SS de 150 PSI (US2), la cual va a funcionar haciendo escapar aire cuando existan problemas con la presión de aire en el enfriador que esté tapado. Estas dos válvulas son de seguridad para que el compresor no se llegue a trabar por alguna presión que regrese en sentido contrario.

V.5.2.- Equipo del freno neumático.

En cada carro, el equipo del freno neumático está compuesto principalmente por:

- I. Una electroválvula moderable de desfrenado inverso (EMDI).
- II. Una válvula de purga de la EMD.
- III. Ocho cilindros de freno.
- IV. Un manómetro MF y 2 relevadores electroneumáticos de señalización de bloqueo y de desbloqueo; estos elementos están situados en el conducto que alimenta los cilindros de freno.

V.5.3.- EQUIPO DE CIERRE Y APERTURA DE PUERTAS.

En cada carro, el equipo de cierre y apertura de puertas está compuesto por:

- I. Válvula de aislamiento XP
- II. Válvulas de paso XD (derechas) y XG (izquierdas).
- III. 2 electroválvulas de apertura EOD y EOG y dos de cierre EFD y EFG .
- IV. 8 motores neumáticos (4 por costado) MND y MNG que son alimentados a través de las electroválvulas del inciso anterior.
- V. Un silenciador SX.

V.5.4.- CAJA DE INTERRUPTORES BCI.

Este grupo tiene integradas electroválvulas, que al operar admiten aire y acciona:

- I. Inversor de sentido de marcha (FB).
- II. Conmutador tracción-frenado (PB).
- III. Disyuntor ultrarrápido de Línea (HB1).
- IV. Disyuntor ultrarrápido en frenado (HB2).
- V. Interruptor electroneumático de Línea (LB1).
- VI. Interruptor de aislamiento de motores (LB2).

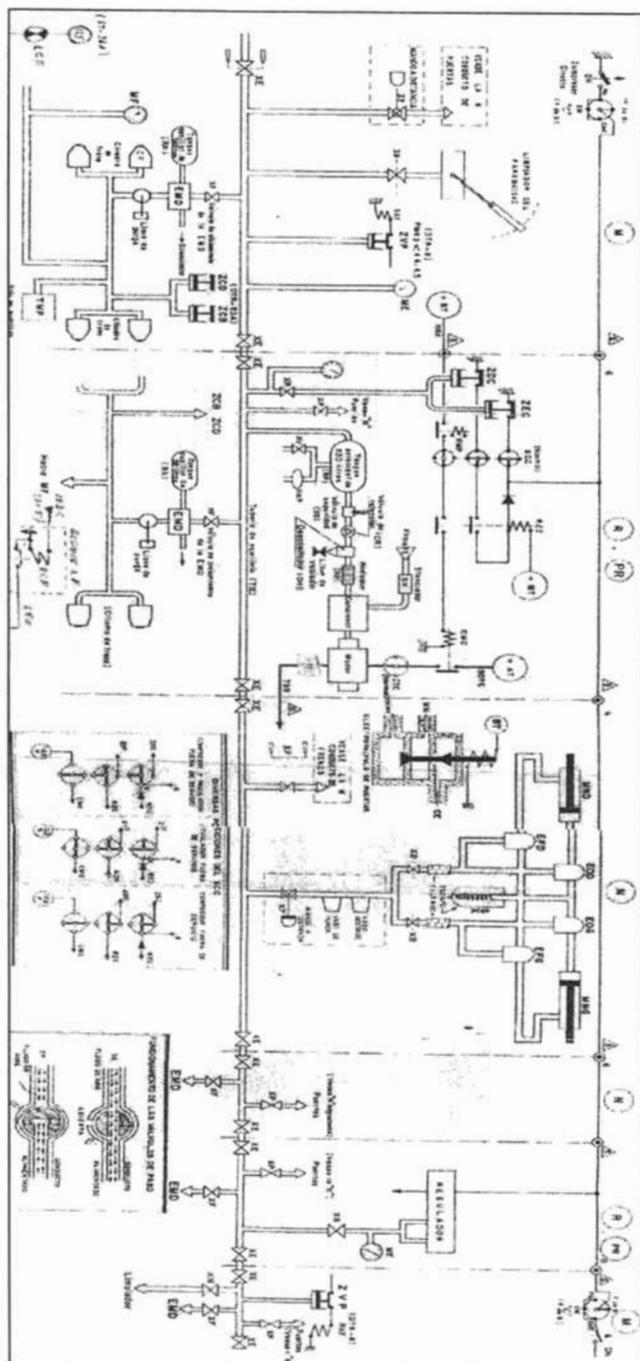


Figura V-9

V.6.- MANDOS GENERALES DE LA CONDUCCIÓN

Los circuitos de conducción se encargan del control de los equipos de tracción y frenado. Estos circuitos son puestos en servicio por el conmutador C y mandados por el equipo de Pilotaje Automático en conducción PA o por el manipulador en las conducciones manual CM y manual controlada CMC.

V.6.1.- Función del manipulador M.

El manipulador es un dispositivo del tipo "mando continuo" y actúa sobre un generador que entrega una corriente proporcional a la posición del manipulador con relación al neutro. Sobre el manipulador están inscritos los grados de tracción, de frenado y el neutro. El paso del manipulador por T1 es apreciablemente sentido por el conductor, lo mismo para F6.

V.6.2.- Señal P.

La señal de corriente de control que actúa sobre los bloques electrónicos se denomina señal P y puede tomar valores de 0 a 100mAmp, según el grado de tracción o frenado, por ejemplo tiene un valor de 25mAmp para F6, 70mAmp para N y 100mAmp para T5 está controlada por el manipulador en conducciones CMC-CM-CLT2 y en conducción PA se controla por el Pilotaje Automático.

Esta señal puede ser suministrada por los generadores PS1 y PS2 en conducción manual o bien por el equipo de Pilotaje Automático en conducción PA y CMC.

La señal P es una corriente que varía en tracción y frenado, dicha corriente es generada por los bloques PS1-PS2 en conducción CMC, CML, CMR y CLT2 y es controlada por el manipulador de 0 a 100 mAmp, dando los pasos de tracción y frenado:

Para tracción	Para frenado
Neutro = 70mAmp	Neutro = 70mAmp
Tracción T1 = 76mAmp	Frenado F1 = 62.5 mAmp.
Tracción T2 = 82mAmp	Frenado F2 = 55.0 mAmp.
Tracción T3 = 88mAmp	Frenado F3 = 47.5 mAmp.
Tracción T4 = 94mAmp	Frenado F4 = 40.0 mAmp.
Tracción T5 = 100mAmp	Frenado F5 = 32.5 mAmp.
	Frenado F6 = 25.0 mAmp.
	Frenado FU = 0 mAmp.

V.6.3.- Modos de conducción

N°	MODO	SIGLAS	VELOCIDAD
1	Pilotaje Automático	PA	70 KPH + 10%
2	Conducción Manual Controlada	CMC.	70 KPH + 10%
3	Conducción Manual Limitada	CML	50 KPH + 10%
4	Conducción Manual Restringida	CMR	35 KPH + 10%
5	Conducción Libre a Tracción 2	CLT2	Grado de Tracción 2

V.7.- MANDO LOCAL DE FRENADO

El frenado de los trenes se encuentra asegurado por dos sistemas diferentes que se encuentran tanto en las motrices M como en las N, los cuales son:

I. Frenado eléctrico que puede ser:

- a. Regenerativo y
- b. Reostático.

II. Frenado neumático.

- El frenado de los remolques R y PR se asegura únicamente por el frenado neumático.
- El frenado eléctrico se pone en servicio a través del equipo chopper cuando el conductor o el Pilotaje Automático comandan un grado de frenado a velocidades superiores a 20Km/h, recuperando energía en la línea de AT o disipándola en un receptor resistivo, dependiendo de las condiciones de receptividad e la Línea.
- El frenado neumático entra en servicio a través de la electroválvula moderable de desfrenado EMD, cuando el conductor o el Pilotaje Automático manda un grado de frenado:
 - a. A velocidades superiores a 12Km/h cuando el frenado eléctrico es insuficiente.
 - b. cuando existe imposibilidad de recuperar.
 - c. Grado de frenado superior a F3.
 - d. Velocidad del tren inferior a 6km/h.

En todos los casos, el frenado eléctrico por recuperación es neutralizado cuando se comanda a velocidades menores de 20km/h aproximadamente.

El grado de frenado solicitado, normalmente se da por la intensidad de corriente de la señal P, correspondiendo a cada grado de frenado un valor de la señal P.

La regulación de frenado eléctrico y neumático se realiza electrónicamente por el equipo chopper, en forma tal que se aprovecha al máximo el frenado eléctrico, obteniéndose el mínimo posible de frenado neumático.

V.7.1.- Grados de frenado.

A partir del manipulador M o del Pilotaje Automático se dispone de 6 grados normales de frenado: F1, F2, F3, F4, F5 y F6; Para velocidades superiores a 12km/h los tres primeros grados están asegurados por el frenado eléctrico por recuperación o reostático.

V.7.2.- Conjugación de los frenos.

Cuando el par de frenado proporcionado por el freno eléctrico es insuficiente para el grado de frenado solicitado en el manipulador o por el PA la conjugación es tal que el par que debía desarrollarse eléctricamente lo transfiere a par neumático, repartido equitativamente entre motrices y remolques, de manera que el frenado se realice uniformemente. La conjugación asegura que el frenado neumático de las motrices y remolques en un tren intervenga siempre en la misma proporción.

V.7.3.- Desarrollo de un frenado.

En servicio normal, el porcentaje de energía entregado a la Línea durante el frenado por recuperación depende de la velocidad al inicio del frenado, del grado solicitado y de la receptividad de la Línea.

Cuando la Línea es capaz de absorber la energía generada por los motores durante el frenado por recuperación, el freno neumático sólo interviene:

- I. Cuando se solicita un grado de frenado mayor a F3, asegurándose con ello el esfuerzo de frenado solicitado.
- II. Al momento casi del paro del tren, ya que el frenado eléctrico se neutraliza para velocidades decrecientes a 6km/h.

Freno de Urgencia FU.

Se pone en servicio cuando el hilo 55 no es alimentado y, en particular, si el manipulador es colocado en FU, ya que este hilo es puesto a tierra en esta posición. También puede ser accionado por el equipo de Pilotaje Automático. Este frenado es puramente neumático.

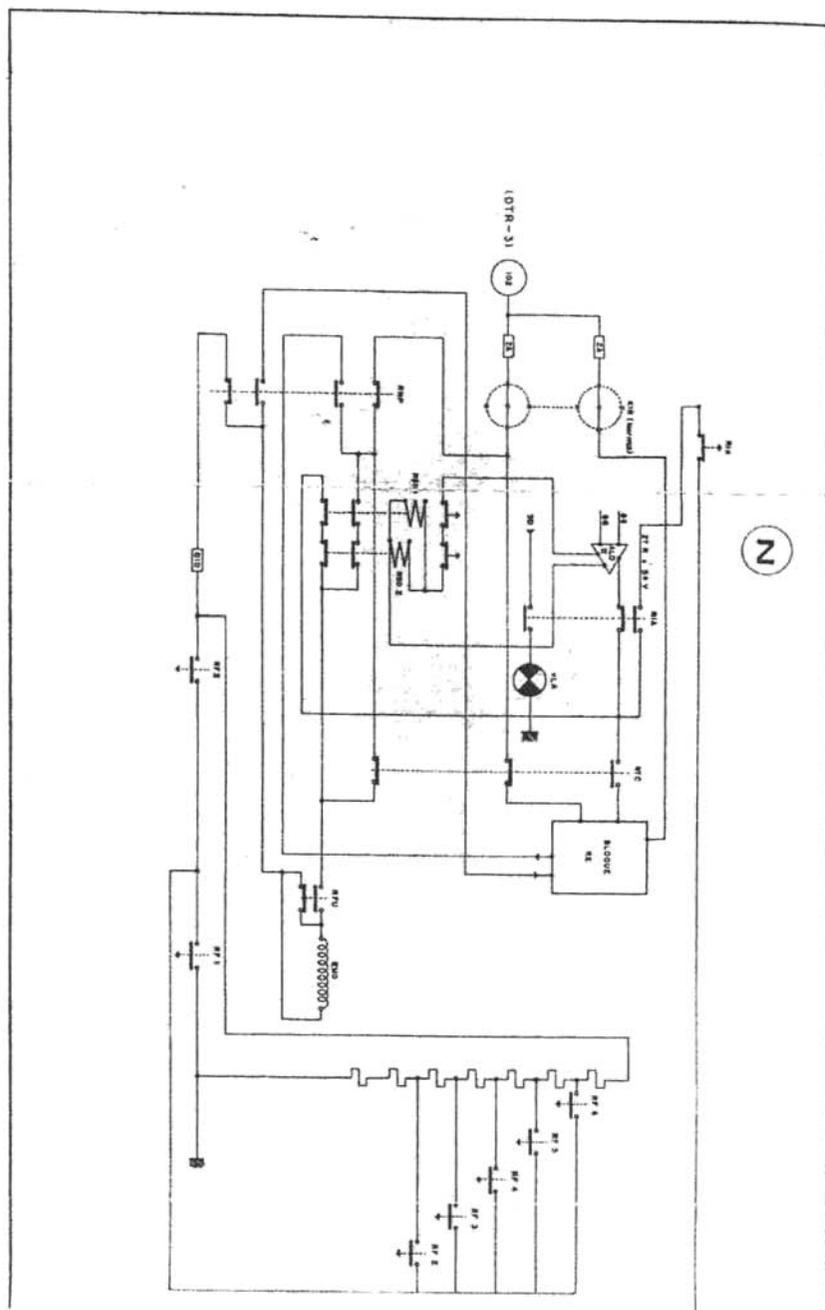


Figura V-10 Mando Local Del Frenado Parte 1

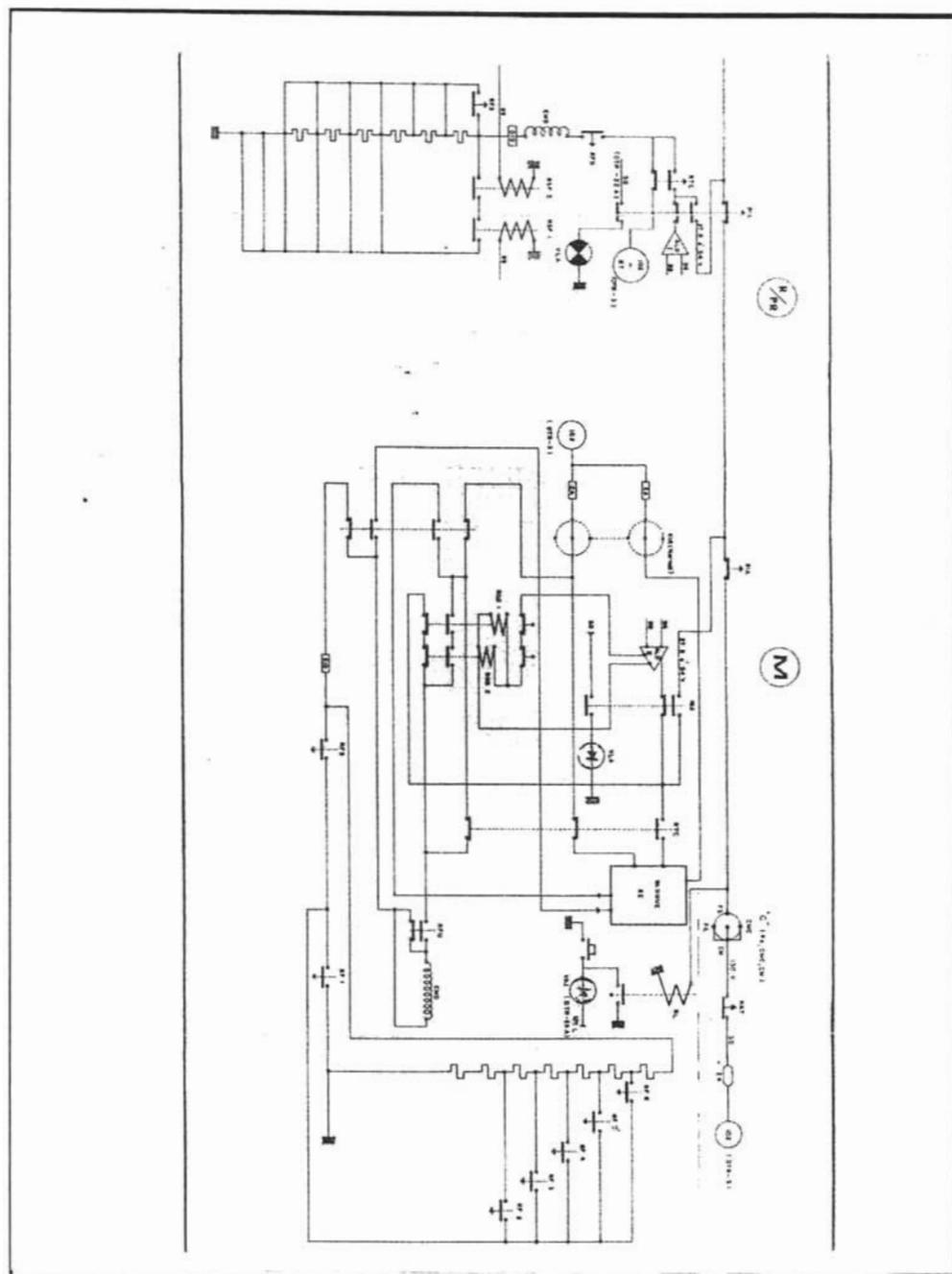


Figura V-11 Mando Local Del Frenado Parte 2

V.7.4.- Funcionamiento de la EMD y mecanismo de frenos

La EMD es una electroválvula de lógica inversa; es decir, cuando circula la mayor cantidad de corriente por su bobina no hay bloqueo del carro y cuando se impide la circulación de corriente a través de ella el bloqueo que se produce es el mayor, es decir de 4.5bars.

Mecanismo de frenos.

Por cada rueda existe un cilindro de freno que, de acuerdo a la intensidad de la presión recibida, actúa sobre un mecanismo de timonería que produce un empuje sobre dos portazapatas provistos de zapatas de madera que se apoyan sobre la mesa de rodamiento de la rueda de seguridad (Rueda Metálica).

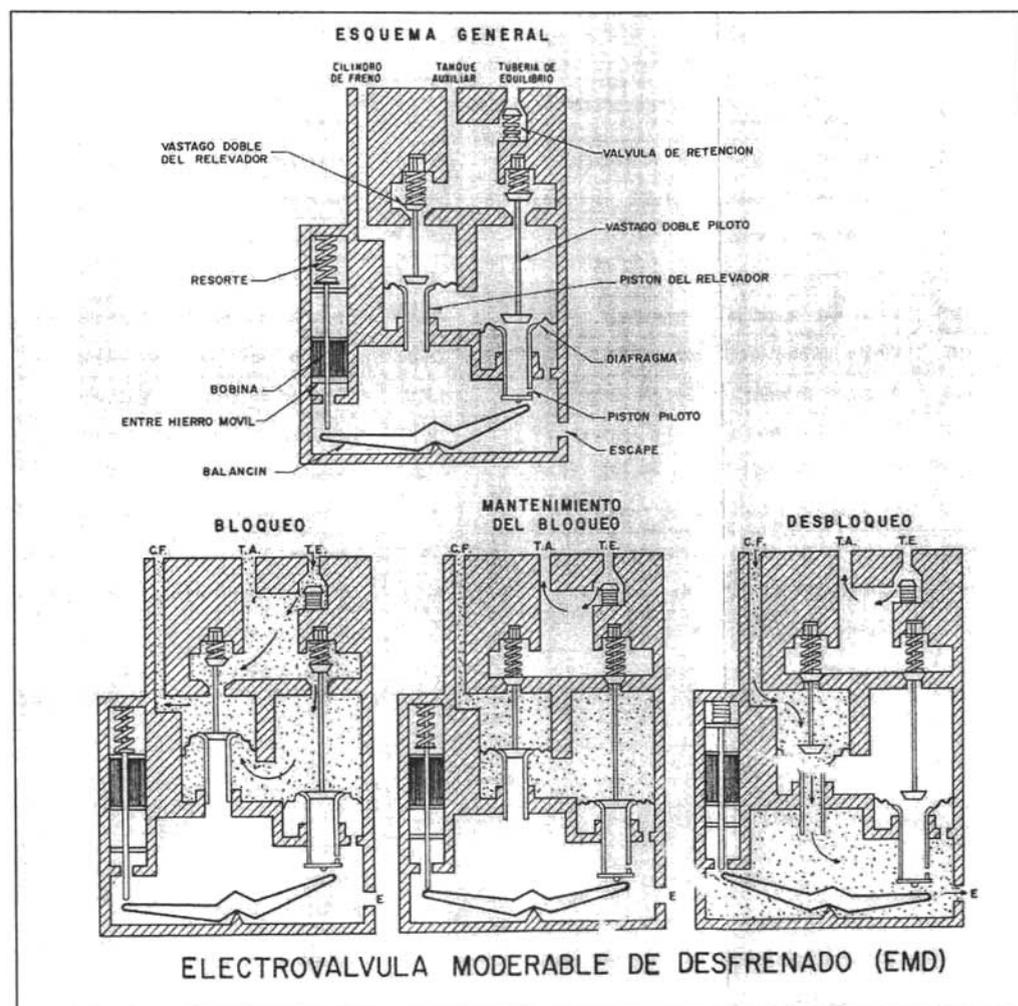


Figura V-12

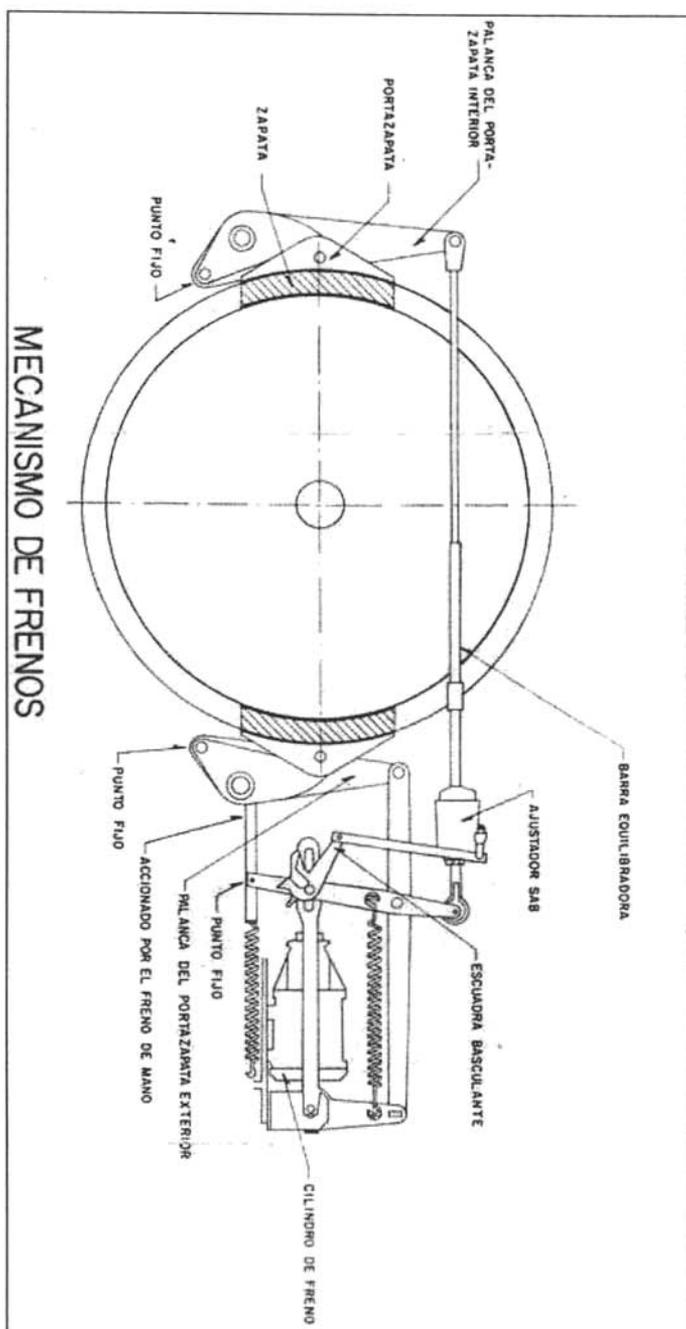


Figura V-13

V.8.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL RECORTADOR

Cada carro motriz M o N posee cuatro motores con excitación en serie, dos por cada bogie.

Los dos motores de cada bogie están conectados permanentemente en serie entre ellos y en paralelo con los del otro bogie. Estos dos motores, conectados permanentemente en serie, son alimentados con una tensión nominal de 750Vcd.

Los cuatro motores de una motriz son controlados por un circuito de mando local llamado "recortador" o de "chopper".

La corriente proporcionada por la fuente es variable, por lo que se hace necesario introducir un filtro para alisarla, dicho filtro deberá estar constituido por una inductancia L y un condensador C .

Este filtro tiene como finalidad:

- I. Limitar las sobretensiones en la entrada del Recortador.
- II. No perturbar los circuitos de señalización y telecontrol con el funcionamiento del Recortador.

V.9.- FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO EN FRENADO.

El frenado se obtiene con los cuatro motores de cada motriz; los cuales, como anteriormente se mencionó, actúan como generadores con excitación serie, obteniéndose así un frenado eléctrico. El complemento del esfuerzo necesario para asegurar el frenado solicitado por el Manipulador lo proporciona el frenado neumático, cuya acción se encuentra conjugada con la del frenado eléctrico para obtener siempre un frenado uniforme.

Si la línea es totalmente receptiva, el frenado neumático interviene:

- a. A alta velocidad si el frenado eléctrico es insuficiente.
- b. Cuando la velocidad es inferior a 6Km/h (el frenado eléctrico se pone fuera de servicio) asegurando el frenado hasta el paro.

Si la línea es parcialmente receptiva, la corriente regenerada disminuye en función de la elevación de la tensión de línea y tiende a anularse para una tensión de ésta de aproximadamente 900volts.

En todos los casos, el frenado eléctrico por recuperación es neutralizado cuando se comanda un frenado a velocidades menores de 20Km/h aproximadamente.

V.10.- REGISTRADOR ELECTRÓNICO DE EVENTOS RPE.

El circuito de registro de eventos del tren está constituido por cuatro elementos que son:

- I. El Registrador Electrónico de Eventos RPE, ubicado en el interior del primer asiento individual izquierdo del carro PR.

- II. El Odómetro-Velocímetro Digital OVD, colocado en el pupitre de conducción de los carros M.
- III. El generador de Impulsos GI, colocando a un costado de la segunda rueda de seguridad izquierda del carro PR.
- IV. La Fuente del Censor de Velocidad FSV, ubicada en el armario interior derecho del carro PR.

El Registrador de Eventos, también conocido como Bloque Central Electrónico CER tiene como función registrar las principales condiciones del tren. Este dispositivo se ubica en el interior del primer asiento individual izquierdo del carro PR.

En su circuitería interior se registran y almacenan los siguientes datos:

- Tipos de Conducción PA, CMC, CML, CMR y CLT2.
- Ausencia de 23kHz.
- Velocidad.
- Hora.
- Sentido de Marcha.
- La señal de salida.
- Posición del KAD.
- Lado Apertura de Puertas.
- Bucle de Seguridad.
- KFS Accionado.
- T2 SAS.
- PNA.
- PND.
- Falla CES.
- Carro Motor Inactivo.
- FU X Manipulador.
- FU X Dispositivo de hombre muerto

Los Registradores Electrónicos de Eventos (RPE), han sido diseñados para operar especialmente en sistemas de transporte. Bajo un nuevo concepto y utilizando la tecnología más avanzada, los registradores RPE brindan al usuario un medio confiable y fácil de monitorear y analizar los diversos parámetros operativos- de los sistemas de transporte.

Los RPE registran y graban parámetros como la velocidad, 4 señales analógicas y 24 señales digitales; la aceleración y distancia recorrida es calculada por el software de explotación; además despliegan en la cabina del vehículo la velocidad en forma numérica y analógica cuando el tren esta en movimiento, y la distancia recorrida (odómetro) cuando el tren esta detenido y una cabina de conducción esta activa.

Los registradores RPE son sistemas modulares, compactos y versátiles. Se adaptan al número y tipo de, señales que se deseen manejar por ser configurables y expandibles.

Diseñados integralmente para operar en ambientes hostiles, los registradores RPE

trabajan en sistemas de transporte, donde existen vibraciones, grandes variaciones de temperatura, incluso impactos; son equipos libres de mantenimiento. Además están diseñados bajo la filosofía de sistemas abiertos, esta característica los hace actualizables siguiendo el avance de la tecnología además de poder incorporar las mejoras tecnológicas de otras áreas.

V.10.1.- Principios de Funcionamiento.

El registrador RPE está constituido por los diferentes bloques; cada una de estos bloques es en realidad una tarjeta electrónica que realiza determinadas funciones específicas en el sistema. El registrador RPE está diseñado bajo una arquitectura abierta y modular.

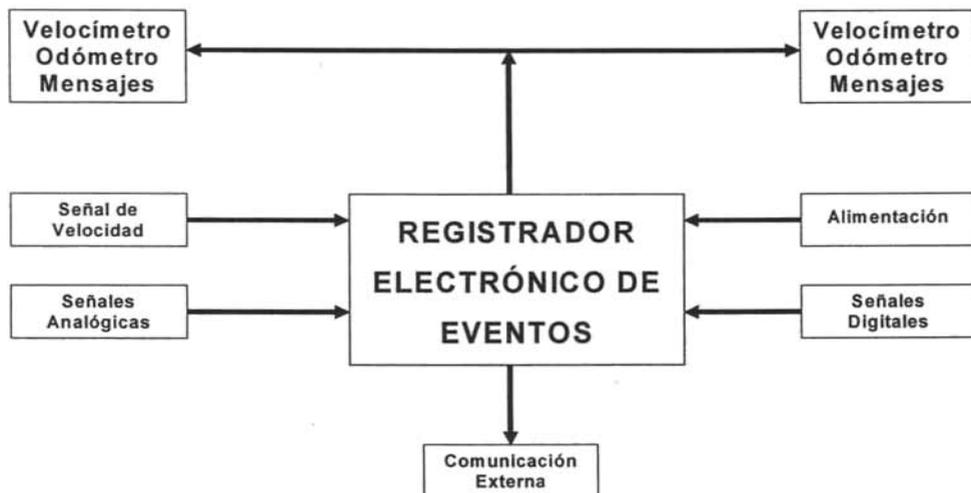


Figura V-14

El registrador grabará en memoria cualquier cambio que ocurra en las señales analógicas o digitales que tiene conectadas; además registrará la fecha y la hora en el que ocurre dicho cambio, así como la magnitud de la señal si ésta es analógica o el estado (falso o verdadero) si ésta es digital.

Así los diferentes módulos que constituyen el RPE son:

- Procesador.
- Banco de memoria.
- Entrada de velocidad.
- Entradas Digitales.
- Entradas Analógicas.
- Fuente de alimentación.
- Velocímetro / Odómetro.
- Comunicación serial RS-232.

V.10.2.- Extracción de Datos.

El registrador RPE almacena en su memoria cualquier cambio que ocurra en las señales que monitorea así como la fecha y hora en que ocurrieron los cambios. El cúmulo de eventos ocurridos llena la memoria del RPE y a fin de garantizar una operación continua del equipo éste graba los nuevos eventos que van ocurriendo sobre los datos más viejos que están grabados. Así la memoria contendrá siempre los datos mas recientes.

Para conocer y analizar los datos almacenados en la memoria del RPE, es necesario transferir estos a una computadora. La transferencia de información se lleva acabo de forma convencional mediante la conexión de una computadora personal portátil (PC) al equipo RPE. Se requiere contar con el programa **MIF.EXE** instalador en la PC. La computadora deberá de contar con al menos una interfase serie RS-232 compatible COM1.

V.10.3.- Manejo de datos.

Para el manejo de datos es necesario instalar el programa **MIF.EXE**. este es un programa hecho a la medida de las necesidades del metro que permite analizar la información para la elaboración de dictámenes técnicos, análisis de fallas, apoyo a las tareas de mantenimiento e incluso su información puede servir tanto para deslindar responsabilidades como para fincar responsabilidad de algún evento.

M I F

Manejo de Información Ferroviaria



Figura V-15

En la computadora se despliega la pantalla anterior este es el inicio del programa MIF.

Una vez dentro del programa aparecerá el Menú Principal

Menú Principal
Manejo de datos
Transferencia de datos
Programación
Configuración

V.10.4.-Selección del archivo (base de datos)

Una vez dentro del Manejo de Datos aparecerá una ventana preguntando por el nombre del archivo que contiene los datos a analizar. La ventana se llenará de la siguiente forma:

Archivo: PR3764	FoMo: 1000ms	Ø 1000 mm	® 120
	Día/Mes/Año		Hora/Min/Seg
Inicio de Datos	01/Jul/96		12:41:11"06
Fin de Datos	04/Jul/96		14:17:43"06
Duración de la Gráfica	10 minutos		
Inicio de la Gráfica	01/Jul/96		12:41:11"06
Fin de la Gráfica	01/Jul/96		12:51:10"06
↑, ↓, PgUp, PgDn, Home, End Variar Tiempo ←, →, Selecciona ESC Salir			

En la parte superior derecha aparece información acerca del archivo:

FoMo. Frecuencia de muestreo a la que fue generada la información.

Ø Diámetro de la rueda del tren.

® **Numero de ranuras (rueda fónica) o dientes (engrane) para censar la velocidad.**

Inicio y Fin de Datos. Muestra las fechas y hora que comprenden los datos del archivo seleccionado.

Duración de la Gráfica. Debido a la enorme cantidad de información almacenada en los archivos de información. MIF analiza esta información en rangos determinados. La cantidad de información que es posible desplegar en una gráfica depende de la frecuencia de muestreo a la que se generó dicha información. El parámetro Duración de la Gráfica indica la cantidad de información que será leída del archivo y puede ser decrementada a un mínimo o incrementada a un máximo utilizando las teclas de flecha abajo o arriba respectivamente. La siguiente tabla muestra la cantidad mínima y máxima de datos a ser leídos dependiendo de la frecuencia de muestreo a la cual se genero el archivo. En la parte sombreada de la ventana de selección del archivo aparece la indicación de las teclas que pueden ser oprimidas para seleccionar tanto la duración como el inicio y fin de la gráfica.

Flecha Izquierda y Derecha. Movimientos en los campos de: Duración de la Gráfica, Año (Inicio de la Gráfica), Hora (Inicio de la Gráfica), Minuto (Inicio de la Gráfica), Segundo (Inicio de la Gráfica), Archivo.

Flecha Arriba y Abajo. Incremento y de cremento fino respectivamente, del campo seleccionado.

PgUp y PgDn. Incremento y decremento grueso respectivamente, del campo seleccionado

Home y End. Inicio y fin de datos respectivamente.

ESC. Salir de la ventana y comienza la lectura de los datos.

Inicio y Fin de Gráfica. Muestra las fechas y horas que se han seleccionado para leer; estos parámetros pueden ser modificados como se describió anteriormente. Una vez seleccionado el rango de tiempo de la gráfica, el programa podrá comenzar la lectura

de los datos.

Cuando concluya el proceso de lectura y cálculo se desplegará la siguiente pantalla con las ventanas mostradas.

Manejo de Datos	Digitales	Analógicas
Presentación GRÁFICA	1: Digital 0	1: Velocidad
Presentación TABULAR	2: Digital 1	2: Aceleración
Presentación REPORTE	3: Digital 2	Eje X = Tiempo
Parámetros de TIEMPOS	4: Digital 3	
Señales DIGITALES	5: Digital 4	
Señales ANALÓGICAS	6: Digital 5	
Ret. al MENÚ PRINCIPAL	7: Digital 6	
	8: Digital 7	

Archivo: PR3764	FoMo: 1000ms	∅ 1000 mm	® 120
	Día/Mes/Año		Hora/Min/Seg
Inicio de Datos	01/Jul/96		12:41:11"06
Fin de Datos	04/Jul/96		14:17:43"06
Duración de la Gráfica	10 minutos		
Inicio de la Gráfica	01/Jul/96		12:41:11"06
Fin de la Gráfica	01/Jul/96		12:51:10"06
↑, ↓, PgUp, PgDn, Home, End Variar Tiempo ←, →, Selecciona ESC Salir			

Esta es la pantalla principal de Manejo de Datos. La ventana sombreada (Manejo de datos) es la ventana principal. Las ventanas Digitales y Analógicas muestran las señales digitales (8) y analógicas (2) que serán visualizadas en la presentación gráfica.

V.10.5.- Presentación Gráfica.

MIF es capaz de mostrar los datos almacenados en el **RPE** de forma gráfica de las señales muestra el comportamiento de las mismas con respecto al tiempo (o la distancia). Resulta un método de análisis muy eficiente ya que permite visualizar con toda precisión la forma de las señales tanto analógicas como digitales. Además se pueden efectuar acercamientos (zoom's) para observar con mayor detalle el comportamiento de las señales registradas. Permite también la presentación en ventanas simultáneas lo que complementa su poder de análisis. A continuación se describirá el funcionamiento y las características de la presentación gráfica.

V.10.6.- Pantalla Gráfica.

Para obtener una pantalla gráfica se selecciona la opción **Presentación GRAFICA** del Menú **Manejo de Datos**; en seguida se muestra la pantalla gráfica y sus diferentes secciones:

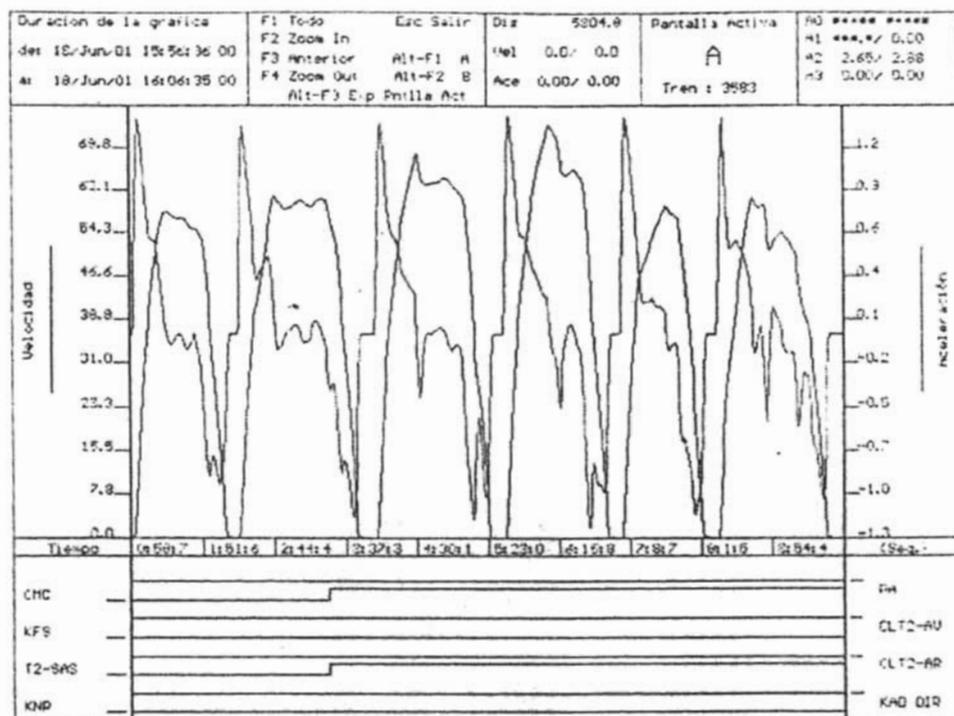


Figura V-16

La pantalla gráfica consta básicamente de dos secciones: Gráficas Analógicas y Gráficas Digitales. Las gráficas analógicas ocupan la parte central de la pantalla mientras que las gráficas digitales ocupan la parte inferior de la misma.

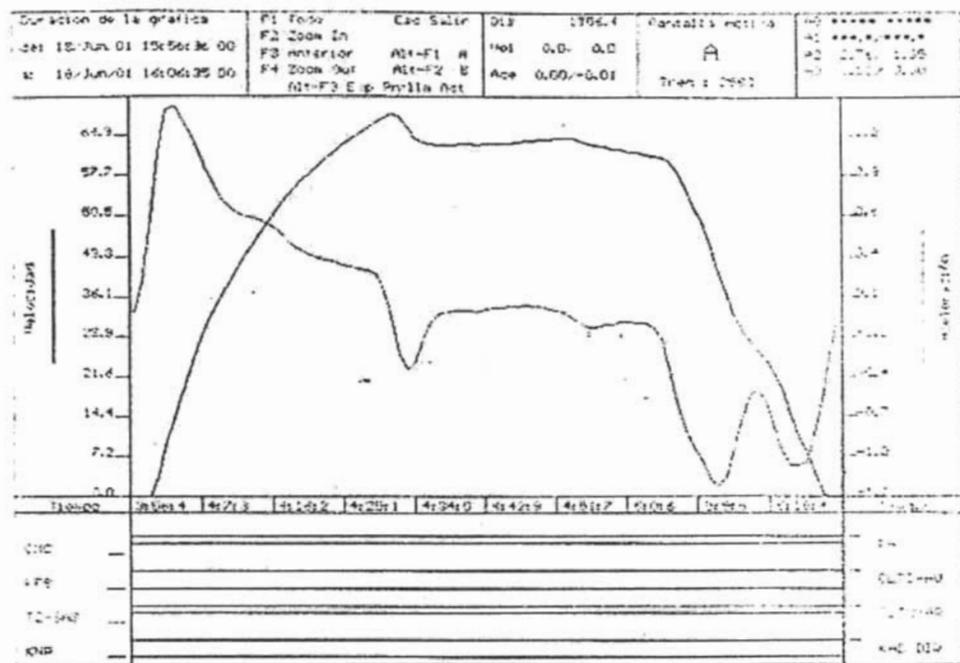
Son dos señales analógicas las que pueden ser visualizadas en una misma gráfica. En los extremos de la parte analógica se muestran las escalas correspondientes a cada una de las señales analógicas. Dichas escalas se ajustan automáticamente a la gráfica que se presenta con el objeto de visualizar en su mayor tamaño la señal registrada. Aún cuando se realiza un acercamiento, las escalas analógicas se ajustan automáticamente de forma que la gráfica ocupa toda la ventana analógica.

Las señales digitales se muestran en la parte inferior de la pantalla gráfica como ya se mencionó, son ocho las señales digitales que son visualizadas simultáneamente en una pantalla gráfica. Debido a que estas señales sólo pueden tener uno de dos valores posibles, no se efectúa escalamiento automático, sin embargo, en los extremos de la sección digital se pueden observar los nombres correspondientes a las señales digitales.

En la parte superior de la pantalla gráfica existe una zona de información. La esquina superior izquierda presenta información de la duración de la gráfica. A la derecha de esta zona se presentan los comandos con los que se opera la pantalla gráfica. Estos comandos son:

La parte superior derecha consta de tres secciones. La sección central indica la pantalla que en ese momento esta **activa**. Se explicara en la sección **Ventanas Simultáneas** su funcionamiento. Las otras dos secciones a los lados de la sección central se muestran valores de señales analógicas así como la velocidad, aceleración y distancia, en la sección **Valores Instantáneos** se explicaran con mayor detalle.

Zoom. Unas enormes ventajas de MIF es su capacidad para efectuar acercamientos, conocidos comúnmente por su anglicismo como **zoom's**. El efectuar **zoom** en una parte de la gráfica significa que es posible observar con mayor detalle el comportamiento de la señal en cuestión.



para hacer el zoom. Puede suceder que el mover los cursores no se logre limitar exactamente la región que se requiere.

Para resolver este problema MIF tiene implementado el zoom con resolución variable. Esto quiere decir que los cursores pueden moverse con pasos variables desde fino hasta grueso. De esta forma se podrá seleccionar una región específica con una gran precisión y de manera muy sencilla.

Zoom Directo.

Es posible que algún usuario encuentre un tanto incómodo el hecho de hacer un zoom a una región de la pantalla, para luego regresar a la pantalla anterior y hacer otro zoom a una región contigua a la anterior.

Existe una forma de moverse a lo largo de la pantalla gráfica sin la necesidad de hacer el procedimiento descrito en el párrafo anterior. Una vez hecho el zoom a la profundidad necesaria, oprín1a alguna de las teclas de **flecha izquierda o derecha**. Al hacerlo la imagen se recorrerá en el sentido correspondiente sin perder el zoom.

Valores Instantáneos.

En ciertas ocasiones es necesario conocer el valor de una señal en un punto determinado. Esto se puede lograr con el MIF de dos formas: una de ellas es buscar dicho valor en el reporte tabular; la segunda forma es utilizando los despliegues de valores instantáneos de la pantalla gráfica.

En la parte superior derecha de la pantalla gráfica existen dos zonas en las cuales aparecen valores de señales:

Tanto los valores de Velocidad, Aceleración y Analógicos se encuentran en pares divididos por una diagonal. El valor de distancia es único.

Los **valores instantáneos** son los valores que tienen las diferentes señales al cruzarse con los cursores. Al hacer un zoom y mover los cursores, se podrá notar que los **valores instantáneos** van cambiando cada vez que los cursores cambian de lugar, el valor a la izquierda de la diagonal, es el valor que tiene las señales al calce con el cursor izquierdo. El valor a la derecha de la diagonal es el valor que tienen las señales al cruce con el valor derecho. Así es posible conocer el valor de las señales en un punto determinado al deslizar los cursores a lo largo de la pantalla.

V.10.8.- Ventanas Simultáneas.

Una característica importante de MIF es poder visualizar más de una pantalla gráfica a la vez. MIF tiene la capacidad de desplegar dos pantallas gráficas simultáneas. Llamadas pantalla "A" y pantalla "B" estas pueden contener ya sea, las mismas variables o bien señales diferentes. Ambas se manejan independientemente una de la otra. Mientras en la pantalla "A" se hace un zoom en un periodo determinado, en la pantalla "B" se puede hacer un zoom en un periodo diferente al de la pantalla "A", o bien observar diferentes señales en el mismo periodo, en fin cualquier combinación.

La figura siguiente muestra las pantallas simultáneas. La pantalla A (izquierda) muestra una gráfica típica de velocidad y aceleración, la pantalla b (derecha) muestra un zoom de la misma gráfica.

La pantalla "A" siempre se presenta del lado izquierdo. La pantalla "B" siempre se presenta del lado derecho. El indicador de pantalla ACTIVA muestra que la pantalla activa es la pantalla "A" lo cual significa que las operaciones que se realicen se harán efectuando a dicha pantalla.

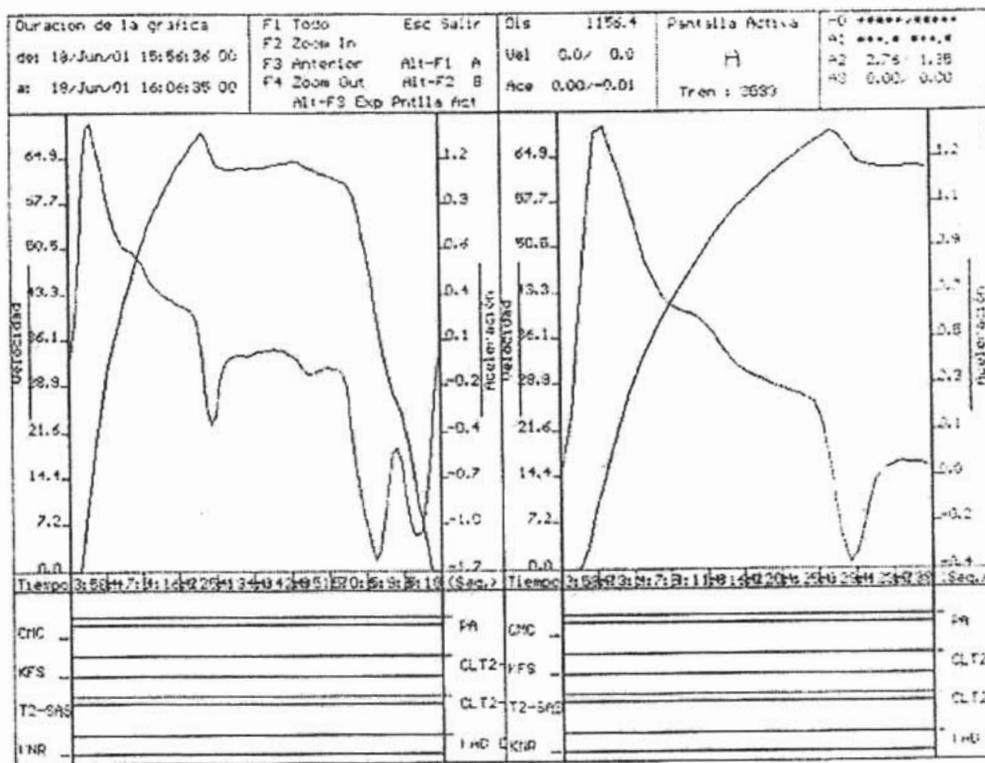


Figura V-18

La pantalla "A" será la pantalla activa por defecto mientras que la pantalla "B" se desplegará únicamente a solicitud del usuario.

V.10.9.- Presentación Tabular.

Con MIF se puede visualizar los datos registrados por un RPE de forma tabular. La presentación tabular muestra los valores instantáneos de cada periodo de muestreo para todas las señales registradas por el RPE. La presentación tabular muestra estos valores mediante columnas. Cada una de las columnas corresponde a cada una de las señales que el RPE tiene conectadas. En ellas es posible localizar con toda precisión y

observar con detalle los valores de todas y cada una de las señales. La búsqueda de ciertos valores o de un evento determinado ocurrido en un momento preciso resulta sencilla debido al fácil manejo de la presentación tabular.

Fecha inicio de datos 06/Abr/99 16:14:00'00												
m:s:ds	Vel	Acel	Dis	A0	A1	A2	A3	01234567	89012345	67890123		
0:00:0	0.0	0.00	0.000	3.82	0.00	3.24	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:01:0	0.0	0.00	0.000	3.65	0.00	3.29	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:02:0	0.0	0.00	0.000	3.41	0.00	3.24	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:03:0	0.0	0.00	0.000	3.29	0.00	3.29	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:04:0	0.0	0.00	0.000	3.06	0.00	3.29	0.06	10000001	11100011	01111111		
0:05:0	0.0	0.00	0.000	2.94	0.00	3.29	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:06:0	0.0	0.00	0.000	2.76	0.00	3.24	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:07:0	0.0	0.00	0.000	2.65	0.00	3.24	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:08:0	0.0	0.00	0.000	2.47	0.00	3.29	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:09:0	0.0	0.00	0.000	2.35	0.00	3.29	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:10:0	0.0	0.00	0.000	2.29	0.00	3.24	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:11:0	0.0	0.00	0.000	2.18	0.00	3.24	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:12:0	0.0	0.04	0.000	2.00	0.00	3.29	0.00	10000001	11100011	01111111		
0:13:0	0.0	0.26	0.000	7.18	0.00	3.82	1.82	10000001	11110011	01111111		
0:14:0	0.8	0.65	0.000	6.94	0.00	3.88	4.53	10000001	11110011	01111111		
0:15:0	4.2	1.04	0.001	6.65	0.00	3.88	6.00	10000001	11110011	01111111		
0:16:0	9.5	1.18	0.003	6.71	0.00	4.76	6.71	10000001	11110011	01111111		
0:17:0	14.4	0.91	0.006	7.06	0.00	3.94	3.76	10000001	11110011	01111111		
0:18:0	17.0	0.48	0.010	7.06	0.00	3.29	0.00	10000001	11110011	01111111		
0:19:0	17.0	0.10	0.015	6.65	0.00	3.24	0.00	10000001	11110011	01111111		
0:20:0	16.9	-0.06	0.020	6.35	0.00	3.24	0.00	10000001	11110011	01111111		

Figura V-19

La pantalla tabular está dividida básicamente en dos secciones: **encabezado y zona de datos**. La primera de ellas a su vez consta de dos partes: información acerca del inicio de los datos y títulos de columnas. La **zona de datos** está dividida en tres columnas: de tiempo, de señales analógicas y de señales digitales.

La **información del inicio de datos** nos muestra la referencia de tiempo y a partir de esta la columna de tiempo incrementa su valor. .

Los **títulos de las columnas** muestran los nombres de las señales que se enlistan en las respectivas columnas. La tabla siguiente muestra su correspondencia:

Columna	Descripción
Mm:ss:ds	Minutos:segundos:décimas de seg.
Vel	Velocidad (km/h)
Acel	Aceleración (m/s ²)
Dis	Distancia (m)
A0, A1, A2, A3	Señales Analógicas 0,1,2,3
O... 9	Señales Digitales

La **columna de tiempo** nos muestra renglón el incremento en el tiempo de acuerdo a la frecuencia de muestreo con la que se captaron los datos. El incremento de tiempo que tiene la columna es con respecto al renglón Inicio de Datos.

Las columnas de señales analógicas nos muestran los valores instantáneos de éstas en el momento del muestreo.

Las columnas de señales digitales nos muestran el estado lógico (alto = "1", bajo = "0"), en el momento del muestreo.

Manejo de Datos	Digitales	Analógicas
Presentación GRÁFICA	1: Digital 0	1: Velocidad
Presentación TABULAR	2: Digital 1	2: Aceleración
Presentación REPORTES	3: Digital 2	Eje X = Tiempo
Parámetros de TIEMPOS	4: Digital 3	
Señales DIGITALES	5: Digital 4	
Señales ANALÓGICAS	6: Digital 5	
Ret. al MENÚ PRINCIPAL	7: Digital 6	
	8: Digital 7	

Digitales		
Digital 0	Digital 8	Digital 16
Digital 1	Digital 9	Digital 17
Digital 2	Digital 10	Digital 18
Digital 3	Digital 11	Digital 19
Digital 4	Digital 12	Digital 20
Digital 5	Digital 13	Digital 21
Digital 6	Digital 14	Digital 22
Digital 7	Digital 15	Digital 23

V.10.10.- Selección de señales digitales.

La presentación gráfica de MIF permite la visualización de ocho señales digitales simultáneamente. Los registradores RPE registran 24 señales digitales a la vez, así que para visualizar otras diferentes de las ocho primeras determinadas, es necesario seleccionar cuales se desean observar en la pantalla gráfica.

La pantalla principal de manejo de datos muestra una ventana llamada digitales. En esta ventana se muestran las señales digitales que se visualizarán en la pantalla gráfica. Por diseño del programa MIF .EXE, las ocho primeras señales digitales (D0-D7) están presentes en la ventana digital. Para visualizar una señal digital diferentes a las que aparecen en la pantalla digital es necesario intercambiar algunas de éstas por la que se desea visualizar.

V.10.11.- Selección de señales analógicas.

La presentación gráfica del MIF permite la visualización de dos señales analógicas simultáneas por pantalla (A y B). Los registradores RPE registran mas de esas dos señales analógicas a la vez, así que para visualizar otras señales además de las dos primeras, es necesario seleccionar cuales se desean observar en la pantalla gráfica.

La pantalla principal se muestra una ventana llamada Analógicas. En esta ventana se indica que señales analógicas que se visualizan en la pantalla gráfica. Por diseño del programa MIF .EXE, las señales analógicas (Velocidad y Aceleración) están presentes en la ventana Analógicas. Para visualizar una señal diferente a las que aparecen en la ventana Analógicas es necesario intercambiar algunas de estas por la que se desea visualizar.

Manejo de Datos
Presentación GRÁFICA
Presentación TABULAR
Presentación REPORTES
Parámetros de TIEMPOS
Señales DIGITALES
Señales ANALÓGICAS
Ret. al MENÚ PRINCIPAL

Digitales
1: Digital 0
2: Digital 1
3: Digital 2
4: Digital 3
5: Digital 4
6: Digital 5
7: Digital 6
8: Digital 7

Analógicas
1: Velocidad
2: Aceleración
Eje X = Tiempo

Analógicas
Velocidad
Aceleración
Distancia
Ana 0
Ana 1
Ana 2
Ana 3

V.10.12.- Selección del eje X.

La presentación gráfica del MIF puede obtenerse con dos diferentes variables en el Eje X, sin embargo, el usuario puede seleccionar entre éste o la **DISTANCIA**.

En este capítulo se han mostrado sólo algunos de los circuitos necesarios para la operación de los trenes; estos han sufrido cambios importantes a lo largo de la vida del metro de la ciudad de México, pero en esencia han conservado los principios generales con los que han sido concebidos; dichos cambios han sido el resultado de análisis de los componentes de cada circuito para simplificarlos o bien para modernizarlos y así satisfacer las necesidades de operación actuales; también es importante mencionar que muchas de las modificaciones han sido llevadas a cabo por ingenieros mexicanos; sea pues el reto a las nuevas generaciones de ingenieros, para mejorar los trenes y así contribuir a una transportación masiva con altos índices de eficiencia y productividad.

VI.- LA OPERACIÓN

VI.1.- EL PUESTO CENTRAL DE CONTROL

La operación de cada línea está dirigida desde el Puesto Central de Control o bien del Puesto de Control de Línea.

El Regulador Especializado, es el personal responsable de la operación del Tablero de Control Óptico y está encargado de la supervisión de la operación de una Línea, la vigilancia de la circulación de los trenes, la toma de medidas que se imponen para la solución de incidentes y dificultades que se presentan durante la operación.

Además de lo anterior, los Reguladores Especializados de las líneas 8, "A" y "B", tienen la función del control y operación de los equipos por medio de los cuales se distribuye y utiliza la energía eléctrica requerida para la explotación de la línea.

Los controles de la línea 1 a la línea 6 se localizan en el edificio del PCC I y los controles de las líneas 7 a la 9 y "B" en el edificio del PCC II.

El PCC I y el PCC II, reúnen en una sala y para cada línea:

- I. El Tablero de Control Óptico (TCO).
- II. El Pupitre del Regulador Especializado, al cual van integrados los mandos y controles de la línea.
- III. Platinas de mando y control de la alimentación en corriente de tracción en las líneas 8 y "B".

Además en la misma sala se encuentra la mesa de trabajo del Jefe de Reguladores que contiene una platina de comunicaciones (ver las figuras).

El PCL reúne en la misma sala:

- I. El tablero de Control Óptico (TCO).
- II. El pupitre del Regulador Especializado, en el están reunidos los mandos y controles de la línea.
- III. Un tablero de Control Óptico para el control de la Energía Eléctrica.
- IV. Un pupitre de mando y control de los equipos eléctricos.

Además en la misma sala se encuentra la mesa de trabajo del Coordinador de Proyectos que contiene una platina de comunicaciones

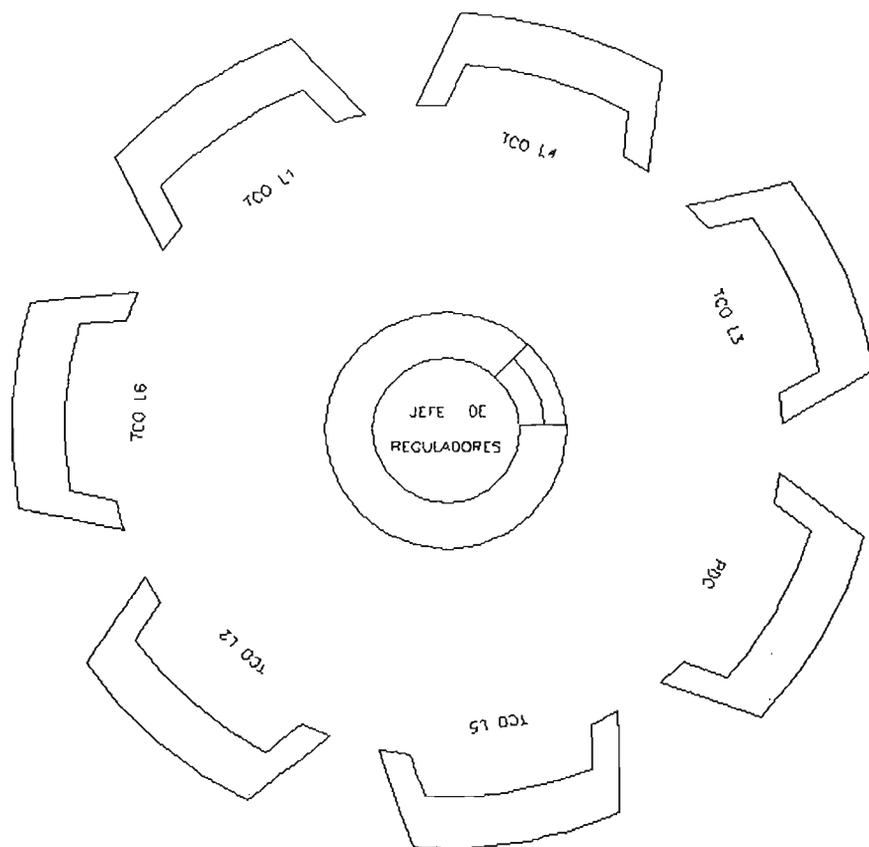


Figura VI-1

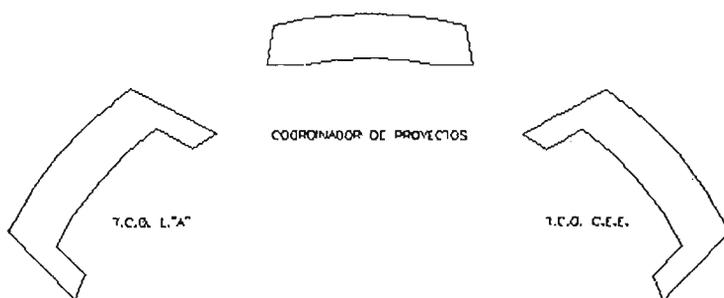


Figura VI-2

La operación de las líneas 8, "A" y "B" esta dirigida por el regulador especializado respectivo, el cual tiene asignadas dos funciones definidas, que son:

1. El Control de Tráfico y.
2. El Control de la Energía Eléctrica.

VI.1.1.- Funciones del tablero de control óptico (TCO)

El TCO comprende varias secciones con funciones bien definidas.

La Sección De Tráfico Comprende:

1. Los controles relativos a la identificación de los trenes (ocupación de los circuitos de vía y visualización del número económico con que circulan).
2. Los controles relativos a los itinerarios (posición de los aparatos de vía y aspecto de las señales de maniobra).
3. Los indicadores despacho bajo orden, los controles para el establecimiento de los servicios provisionales, cambios de vía, accionamiento de ruptor de andén, (En línea "B" además de lo anterior se tiene, señalización de personal en vías, detector de neumático bajo).

VI.1.2.- La sección alimentación en corriente de tracción

Que comprende:

- I. El control de la alimentación de la corriente de tracción de cada sección 750 VCC, (línea indicadora de ausencia de corriente de tracción).
- II. Los mandos y controles de los equipos eléctricos.
- III. Los mandos y controles de los circuitos de seguridad (corte de urgencia, tramos de protección, etc.).

VI.1.3.- La sección de alarma

Permite al Regulador Especializado localizar rápidamente la naturaleza de una anomalía como son: la señalización del accionamiento de un ruptor de corte de urgencia, agujas en manual, discordancias en itinerarios, etc.).

VI.1.4.- La sección horario

Proporciona para cada terminal, la hora de salida de los trenes en minutos y segundos, así como la marcha tipo que rige en esos momentos (cuando el Programador General de Tráfico está en servicio).

VI.1.5.- CONTROL DE TRÁFICO

VI.1.5.1.-Identificación de los trenes

Las vías están representadas por barras pintadas y segmentadas, correspondiendo cada segmento a un circuito de vía (CDV).

Un indicador luminoso en el centro de cada segmento se enciende en rojo cuando el CDV está ocupado y permanece apagado cuando éste está libre.

En cada vía hay una serie de visualizadores para la identificación del número económico de los trenes, representado por dos dígitos luminosos. Los visualizadores son en forma de cuadros.

En principio, hay un visualizador para cada dos CDV, dos rayas verticales pintadas en rojo entre los visualizadores, delimitan él o los CDV's que dependen del visualizador.

El indicador luminoso y la indicación dada por el visualizador de número correspondiente, son los que permiten la identificación del tren (posición y número).

VI.1.5.2.- Principio de funcionamiento

El número de identificación de cada tren es comandado por el Conductor, o el Inspector Jefe de Estación de la terminal, utilizando para ello un numerador al salir a conducir el tren y se transmite al PCC o al PCL (según la línea) por telemando, la numeración se efectúa:

- I. En la terminal, el número se emite por un comandador ubicado en los CDV's .
- II. Automáticamente, si el tren pasa a un enlace, se numera con el número 80.
- III. Por medio del Programador General de Tráfico (PGT)

Cuando el tren ocupa el CDV desde donde es emitido su número, éste aparece en el TCO y se desplaza y se borra de visualizador en visualizador a medida que el tren avanza en la línea.

VI.1.5.3.- Aparatos de vía

La posición de un aparato de vía está indicada por dos segmentos luminosos, solo uno puede estar encendido a la vez y corresponde a la posición del aparato asegurado en una dirección dada.

VI.1.5.4.- Señales de maniobra

Las señales de maniobra de las líneas 3, 4, y 5, están representadas por un indicador luminoso redondo, pudiendo encender en uno de los tres colores siguientes:

- Rojo.- Cuando la señal correspondiente está al alto total.
- Blanco.- Cuando la señal correspondiente está al alto espaciamiento.
- Verde.- Cuando la señal correspondiente está en una indicación permisiva (verde o amarillo).

Las señales de la maniobra de las líneas 1, 2, 6, 7, 8, 9 "A" y "B" cuentan con tres señales luminosas (formadas por 3 led's):

- La primera presenta luz verde que se enciende si la señal en la línea está en indicación permisiva (verde o amarillo).
- La segunda presenta luz roja que se enciende si la señal está en alto total.
- La tercera esta formada por una indicación luminosa roja y otra amarilla (lámpara piloto) en posición vertical, ambas se encienden en forma simultánea si la señal está en alto espaciamiento.

VI.15.5.-Señales de espaciamiento

El aspecto luminoso de las señales de espaciamiento no está representado en el TCO sino únicamente su posición.

VI.1.5.6.- Desbloqueo de las señales de maniobra

Cuando las condiciones de seguridad están satisfechas, el desbloqueo de las señales de maniobra (sin incluir los itinerarios de trazo permanente), dependen del establecimiento de un itinerario comandado por:

- I. El Regulador Especializado desde su pupitre de mandos.
- II. El programador general de tráfico (PGT).
- III. El Inspector Jefe de Estación del puesto de mando local (terminal o talleres).
- IV. El Conductor desde una caja de mando local.

VI.1.5.7.- Despacho bajo orden (DBO)

Cuando la señal del DBO ha sido establecida en alguna estación mediante la opresión del botón correspondiente en el pupitre de mandos del Regulador Especializado o por el mando del PGT cuando la regulación automática esta en servicio, en el TCO de las líneas 3, 4 y 5 el indicador de ocupación del CDV del andén se enciende de forma intermitente en:

- Blanco, si el CDV no está ocupado.
- Rojo, si el CDV está ocupado.

En las líneas 1, 2, 6, 7, 8, 9, "A" y "B" la indicación del encendido de un DBO se representa por una señal luminosa de color rojo (amarillo en líneas "A" y "B") circular inscrita en un triángulo y ubicado en cada uno de los extremos de los andenes y su señalamiento es independiente a la representación de los CDV's.

VI.1.5.8.- Servicio provisional (SP.)

Cuando se comanda un servicio provisional, es indicado en el TCO mediante el encendido intermitente de una pequeña señal circular luminosa amarilla y que se localiza en la línea blanca que representa el andén de la estación.

VI.1.5.9.- Señal de fosa de visita

Consiste en un indicador luminoso que enciende en:

- Rojo.- Si el conmutador situado en la fosa de visita ha sido operado..
Blanco.- Si la señal de fosa está en verde.

NOTA: Cuando la señal de visita está en rojo no es posible obtener el desbloqueo de las señales de maniobra que encuadran la fosa de visita.

VI.1.5.10.- ESTACIONES

La representación de las estaciones de una línea, está dada por una franja de color blanco y el nombre de la estación de que se trate, las estaciones por su implantación pueden representarse en tres formas:

- Cuando tienen dos andenes laterales; las franjas de los andenes se ubican en la parte lateral de las vías.
- Cuando tienen andén central, la representación del andén se ubica al centro de las mismas.

- Cuando tienen tres andenes, se representan las franjas. Una al centro de las vías y las otras dos en la parte lateral de ellas.

VI.1.5.11.- Señal de accionamiento de ruptor

Al centro de la franja blanca que representa el andén de una estación, un indicador luminoso (color verde, línea "B" color rojo) enciende en forma fija (intermitente en líneas "A" y "B") cuando un ruptor de andén ha sido accionado, el encendido de este indicador permite al Regulador Especializado la rápida ubicación del lugar donde se accionó un ruptor, (un ruptor de interestación o de vías secundarias no provoca el encendido de este indicador), además de un indicador en la sección de alimentación tracción.

VI.1.6.- CONTROL DE ALIMENTACION EN CORRIENTE DE TRACCION

En la parte inferior del TCO, una barra pintada de color amarillo seccionada representa la zona de alimentación designada por su indicativo: zona "A", zona "B", etc.; otra barra paralela a ésta representa la sección de alimentación designada por su indicativo: Sección 1, Sección 2, etc.

Una tercera barra nos representa el estado eléctrico de la línea, está representado por una barra discontinua normalmente apagada. Estas barras se encienden automáticamente en rojo cuando la zona o sección carece de corriente de tracción.

VI.1.6.1.- Mando y control de los equipos de tracción

En la parte superior de la barra que representa el estado eléctrico de las secciones, están situados los conmutadores que operan el funcionamiento de los siguientes equipos:

- I. Interruptores de alta tensión o media tensión (DHT) o (DMT) respectivamente (SR)
- II. Contactores de Seccionamiento (CS).
- III. Seccionadores de Aislamiento Telemandado (SIT).
- IV. Interruptores que alimentan las Vías Secundarias (IVE, IVS).
- V. Contactores de Terminal (CT).

Los conmutadores son rotativos y tienen dos posiciones fijas con indicador luminoso incorporado.

- El indicador está normalmente apagado cuando el conmutador está colocado en posición CERRADO y el equipo que él controla está igualmente cerrado.
- El indicador se enciende en blanco fijo cuando el conmutador se coloca en la posición ABIERTO y el equipo que él controla está igualmente abierto.
- El indicador intermite en blanco cuando hay discordancia entre la posición del conmutador y el estado que guarda el equipo que él controla.

VI.1.6.2.- Subestaciones rectificadoras (SR)

El conmutador puesto en posición CERRADO permite en el Puesto de Despacho de Carga (PDC), cerrar el DHT o DMT (Interruptor de Alta Tensión o de Media Tensión) que alimenta la subestación rectificadora interesada. El conmutador puesto en posición ABIERTO, no tiene efecto cuando la alimentación por la Subestación rectificadora está

siendo efectuada, pero impide el cierre del DHT o DMT cuando éste se encuentra abierto.

VI.1.6.3.- Contactores de seccionamiento (CS)

En la posición "C" (cerrado) permite el cierre del Contactor de Seccionamiento, además en esta posición existe un mando forzado, el cual nos permite alimentar una zona o sección que no se pueda alimentar en forma normal (ausencia o fuera de servicio de la SR), esto se realiza oprimiendo durante unos segundos el botón CS en posición cerrado.

En la posición "A" (Abierto) se opone el cierre del Contactor de Seccionamiento, sin embargo queda sin efecto si el contactor está cerrado.

El contactor de seccionamiento es la frontera entre dos zonas y éste se cierra automáticamente si existe tensión en los dos lados.

En caso de que no exista alimentación en una de las zonas (ausencia o las SR de la zona fuera de servicio), existe la posibilidad de alimentarla de la otra zona, mandando el cierre forzado del CS girando el conmutador a la posición de cierre y oprimiéndolo durante 10 segundos aproximadamente.

VI.1.6.4.- Seccionador aislamiento telemandado (SIT)

Colocado en la posición "A" (Abierto), el conmutador provoca la apertura del SIT correspondiente, esto es a condición de que la zona a la cual pertenece el SIT, no tenga establecidas las condiciones de zona.

Colocado en la posición "C" (Cerrado), el conmutador provoca el cierre del SIT, no importando el estado de energización de las secciones adyacentes.

El SIT es la frontera entre dos secciones; a este seccionador están asociados los CTP correspondientes.

VI.1.6.5.- Interruptores de alimentación de vías secundarias (IVS.)

El conmutador manda y controla la posición del interruptor, cualquiera que sea el estado de alimentación en corriente de tracción.

En las terminales que cuentan con talleres, existen contactores de los cuales el Regulador Especializado no tiene mando directo, sólo cuenta con la autorización de cierre y el control. Es el PDC el que ordena el cierre de estos equipos, si previamente es colocado el botón en posición cerrado, sin embargo el Regulador Especializado tiene el mando de apertura; entre estos equipos se mencionan:

VI.1.6.6.- Corte de urgencia (CU)

Cada sección cuenta con un indicador luminoso de color rojo (CU) un botón de regreso Automático paro zumbador (PZ) y un conmutador rotativo (CUFS). Se enciende en color rojo el botón CU, simultáneamente en la misma sección enciende intermitente en color

azul el botón PZ cuando el circuito de los ruptores de CUAT está abierto, es decir, que fue accionado un ruptor. Simultáneamente funciona una alarma acústica.

VI.1.6.6a.- Puesta en fuera de servicio del corte de urgencia (CUFS)

Un conmutador rotativo con indicador luminoso blanco para cada sección, sirve para controlar el circuito de ruptores de CUAT de la siguiente manera:

En posición "C" (Cerrado), indicador luminoso apagado, el corte de urgencia se encuentra en servicio.

En posición "A" (Abierto), indicador luminoso blanco encendido, el circuito de corte de urgencia está fuera de servicio. Simultáneamente, en la línea, en cada estación de la sección interesada y en las estaciones próximas a la sección interesada, se enciende a la salida del andén el indicador luminoso CUFS (Corte de Urgencias Fuera de Servicio). Si la sección afectada cuenta con una vía de enlace con otra línea o se trata de la que incluye a una terminal, la indicación de CUFS se localiza junto a las señales de maniobra.

Si por alguna causa no se puede establecer las condiciones de zona o no se encuentra alguna palanca de ruptor, existe la posibilidad de energizar la línea sin la protección del CUAT; esta decisión es responsabilidad exclusiva del Jefe de Reguladores en turno encargado de la supervisión de esa línea.

VI.1.6.6b.- Prueba del corte de urgencia

En cada zona un botón con regreso automático (Prueba CU) permite al Regulador Especializado asegurarse del buen funcionamiento de los circuitos de CUAT de la zona interesada.

Al presionar el botón se provoca el corte de corriente de tracción de la zona.

VI.1.6.7.- Contactor de tramos de protección (CTP)

La función de los CTP es evitar que algún tren puentee una zona o sección aislada con una zona o sección energizada y en el TCO están representados en las fronteras de cada zona solamente.

Un botón con regreso automático e indicador luminoso de color azul incorporado, normalmente apagado, está asociado a cada vía, en donde existe frontera entre zonas y secciones, con la inscripción: CTP vía 1 y CTP vía 2

En caso de anomalía el indicador luminoso intermite y opera una alarma acústica.

Una presión en el botón CTP de la platina ALARMAS en el pupitre, apaga la alarma acústica y provoca el encendido fijo del indicador luminoso del TCO una vez normalizada la situación, el indicador se apaga.

VI.1.6.8.- Condiciones de zona

Se llaman condiciones de zona a la serie de requisitos que deben estar satisfechos simultáneamente para lograr que se mantenga energizada una zona en corriente de

tracción. Si las condiciones de zona no están satisfechas, la corriente de tracción no puede ser mantenida en la zona.

Para que las condiciones de zona se logren es necesario que:

- I. El conmutador rotativo de condiciones de línea (CL) esté en posición C (cerrado) y apagado.
- II. El relevador de corte de urgencia (RCU) de cada sección de la zona esté energizado.
- III. El conmutador rotativo de condiciones de zona (CZ) esté en posición C (cerrado) en el pupitre del Regulador Especializado.

La supresión de las condiciones de zona ocasiona la apertura de los DHT o DMT de las subestaciones rectificadoras que alimentan en corriente de tracción la zona, así pues, la supresión de las condiciones de zona ocasiona la ausencia de corriente de tracción en la misma.

VI.1.6.9.- Alimentación CU

Ciertas secciones que incluyen vías secundarias (fondo de terminal, enlace con los talleres) están alimentadas por medio de un interruptor y tienen un circuito de CUAT particular.

Cuando el interruptor está fuera de servicio por alguna causa y se coloca su inversor en posición SOCORRO para alimentar esas vías, dicho circuito se enlaza con el de la sección, la acción de un ruptor en las vías secundarias ocasiona el corte de corriente de tracción en la sección que alimenta al inversor, provocando en el TCO del PCC que el botón CU intermita, alertando al Regulador Especializado de dicha situación debiendo colocar dicho botón en posición C (cerrado).

VI.1.7.- ALARMAS

Un tablero de alarmas luminoso localizado en la parte central de cada uno de los TCO's, junto al reloj digital, cuya función es señalar las fallas en dos formas distintas:

- I. Alarma Acústica (sirena).
- II. Otras alarmas.

La alarma acústica tiene como función indicar al Regulador Especializado cuando las condiciones de zona están suprimidas y la zona o sección permanece energizada, a pesar que los equipos de tracción han abierto.

Existe una temporización de 6 segundos, para permitir la apertura e información del estado de los equipos.

VI.1.7.1.- Indicadores en tablero de alarmas

Los indicadores normalmente apagados se encienden en las condiciones siguientes:

- I. AT.- Indicador ALIMENTACION TRACCION cuando exista anomalía concerniente a la alimentación tracción, tales como:

- Corte de Corriente.
 - Discordancia en los equipos de Tracción.
- II. CU.- Indicador CORTE DE URGENCIA, cuando hay apertura del circuito de los ruptores de urgencia.
- III. CP.- Indicador TRAMO DE PROTECCION en caso de falla de los contactores de tramo de protección.
- IV. EP.- Indicador ESCOBILLAS PRESION en caso de anomalías en las escobillas negativas de los trenes o de presión en las llantas guías o portadoras.
- V. PGT.- Indicador PROGRAMADOR DE TRAFICO en caso de falla en el mismo.

VI.1.7.2.- Alarma de ruptor accionado

En los TCO de las líneas en cada una de las barras que indican los andenes, hay una pequeña lámpara circular por vía, normalmente apagada, que enciende en forma fija en aquel andén donde ha sido accionado un ruptor de CUAT.

VI.1.7.3.- Alarma tele transmisión

En los TCO, en la parte superior de la superficie negra, hay una franja pintada en amarillo que indica las fronteras existentes en los equipos de mando centralizado, referentes a la teletransmisión, señalándose mediante un indicador luminoso para cada zona, que enciende donde se tiene la teletransmisión fuera de servicio, se encuentran identificados por las letras TT.

Estos indicadores están ubicados precisamente sobre la estación en la cual está instalado el equipo de mando centralizado que rige a cada zona de teletransmisión.

VI.1.7.4.- Alarma de aparatos de vía

En los TCO de PCC, en la parte superior, existe a ambos lados del reloj un tablero de alarmas que indica la zona de maniobras donde uno o más aparatos de vía se encuentran en posición MANUAL / SEÑAL.

VI.1.8.- INFORMACION HORARIA

En los extremos de la parte superior del TCO hay visualizadores que indican:

1. La hora de salida en minutos y segundos del próximo tren de la terminal.
2. La marcha tipo en vigor estas indicaciones son dadas por el PGT en servicio.
3. Un reloj digital indicando las horas, minutos y segundos (en todas las líneas).

PARTE SUPERIOR DEL TCO DE TODAS LAS LINEAS DEL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO

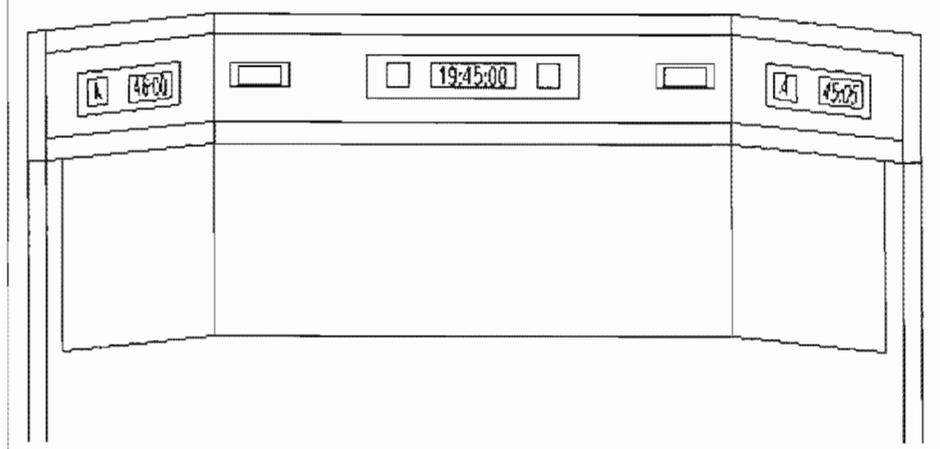


Figura VI-3

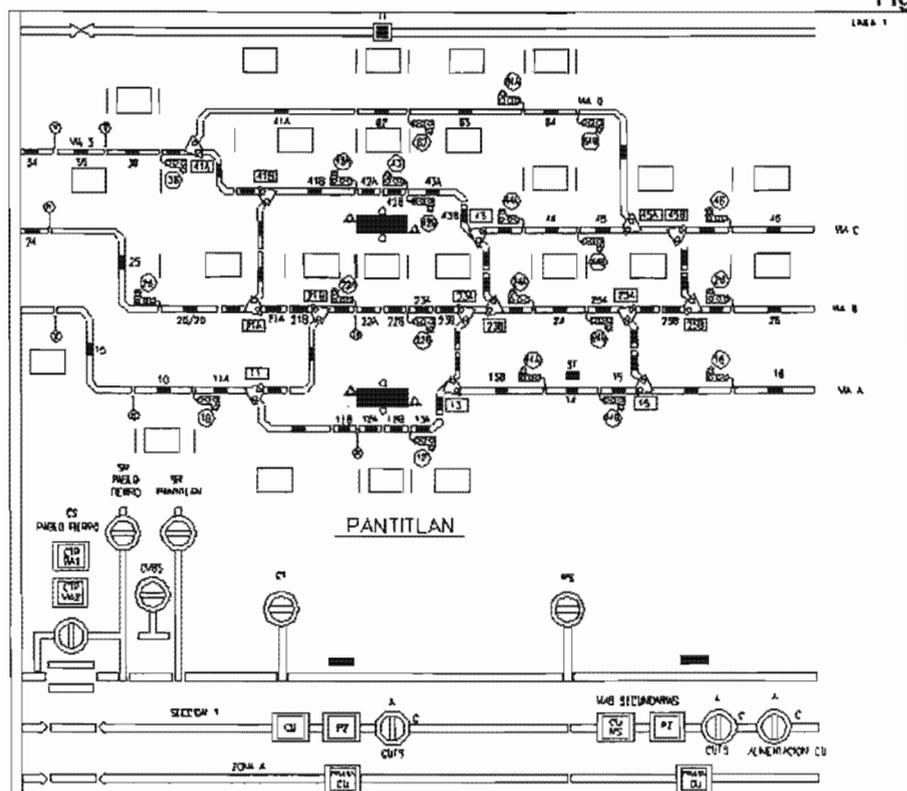
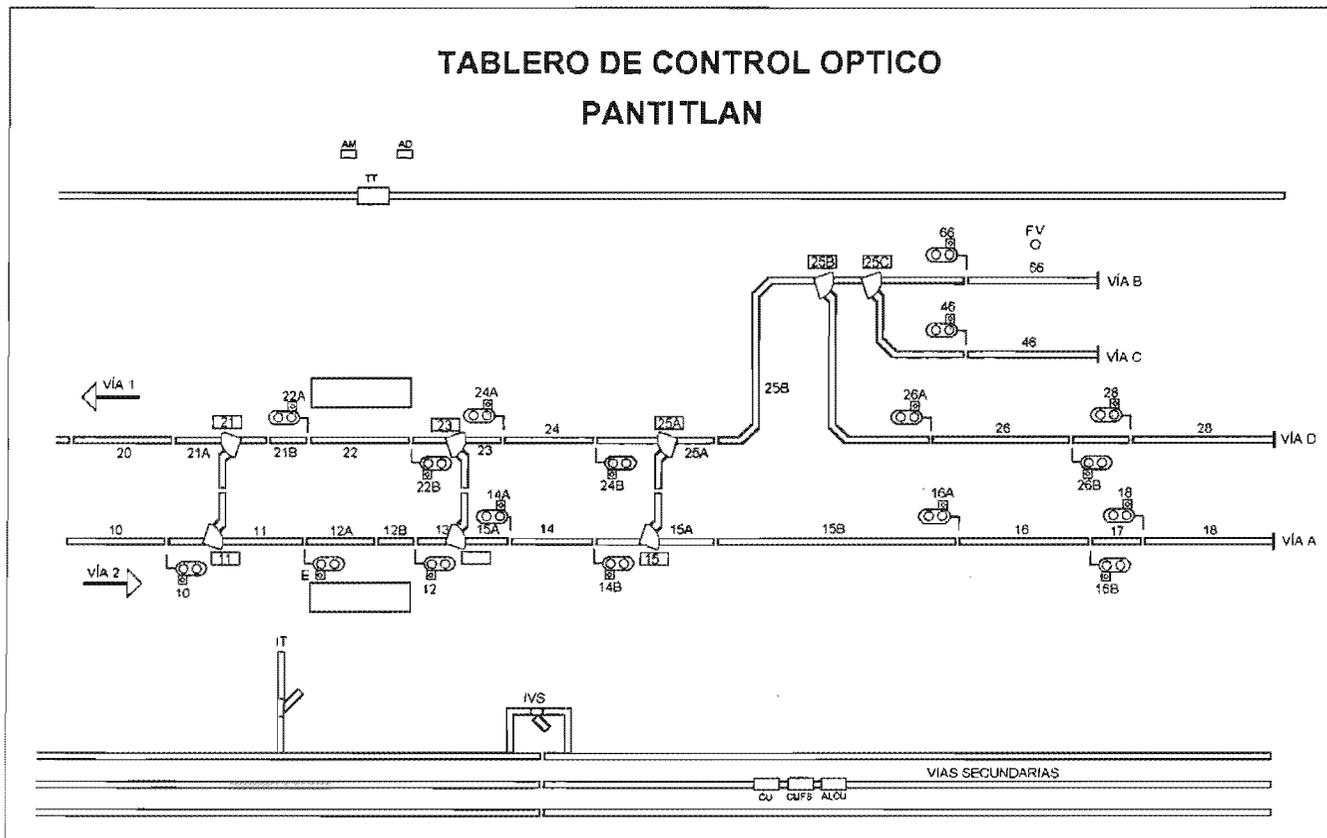


Figura VI-4



VI.1.9.- PUPITRE DEL REGULADOR ESPECIALIZADO

El pupitre del Regulador Especializado contiene un determinado número de platinas, cada cual con una función bien definida.

La función mandos relaciona a las platinas de:

- I. Mando y control de Itinerarios.
- II. Mandos Especiales en la Terminal.
- III. Mando del Despacho Bajo Orden.
- IV. Mando de Alimentación Tracción.
- V. Mando de las diferentes Marchas a los Trenes.
- VI. Mando del Programador General de Tráfico.
- VII. Tablero de Control Óptico.

La función comunicaciones:

- I. Teléfono de Alta Frecuencia (THF) o Radioteléfono.
- II. Teléfonos directos.
- III. Teléfonos automáticos.

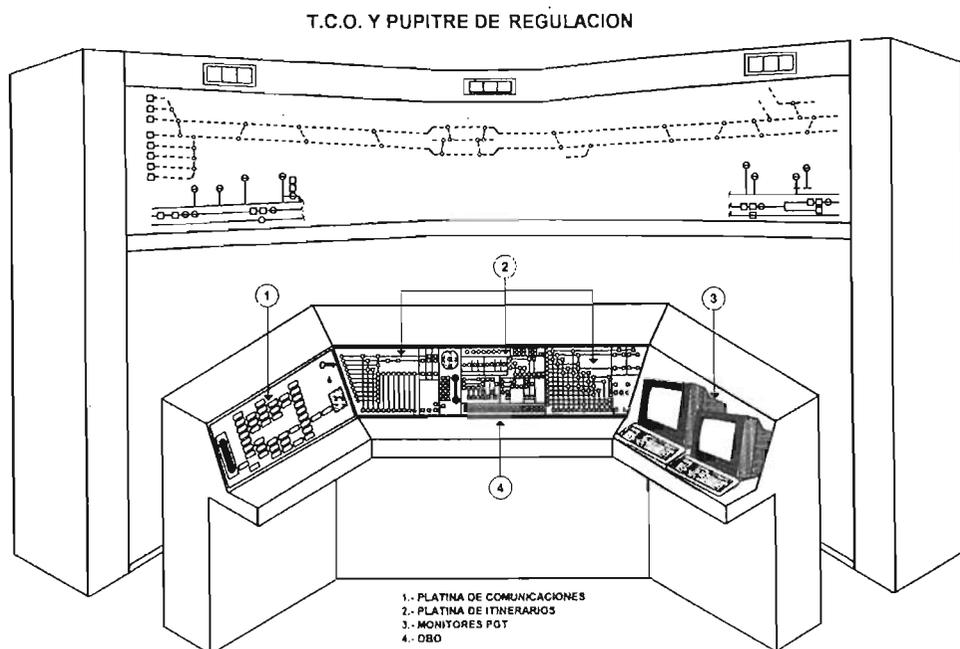


Figura VI-7

VI.11.9.1.- Mando, control y destrucción de itinerarios

Para cada zona de maniobras (terminal, enlace y servicio provisional) hay una platina (pantalla táctil en donde están agrupados todos los elementos de mando y control de los itinerarios involucrados).

VI.1.9.2.- Representación

El mando y control de los itinerarios, se presenta bajo la forma de una platina ordenada:

- Verticalmente: los CDV de origen.
- Horizontalmente: los CDV de destino.

Los itinerarios están agrupados según su naturaleza en:

- I. Simples.
- II. Combinados.
- III. Trazo permanente.

El CDV de origen está pintado en la platina. El CDV de destino en un botón con regreso automático e indicador luminoso incorporado.

Cada botón tiene dos funciones:

- a. La función de mando.
- b. La función de control.

Ciertos itinerarios solo pueden ser mandados localmente y en la platina se asegura únicamente la función de control.

VI.1.9.3.- Mando de un itinerario simple

En la línea horizontal correspondiente al CDV de origen, el Regulador Especializado oprime el botón marcado con el CDV de destino seleccionado.

- a. Cuando el itinerario está registrado, el indicador enciende en forma intermitente.
- b. Cuando el itinerario está establecido, el indicador se enciende en forma fija.
- c. Cuando el itinerario está destruido, el indicador se paga.

VI.1.9.4.- Destrucción de un itinerario simple

En la línea vertical de los CDV de destino se encuentra el botón de anulación.

La destrucción manual de un itinerario puede efectuarse de dos modos diferentes, dependiendo de que el CDV de origen esté o no ocupado.

- I. Destrucción de Urgencia (DU).
- II. Destrucción Ordenada (DO).
- III. Destrucción Automática.

VI.1.9.5.- Destrucción de urgencia

Cuando el CDV de origen del itinerario a destruir esta ocupado y el itinerario esta establecido, el Regulador Especializado debe oprimir simultáneamente el botón de

destrucción del grupo situado en la parte inferior de la línea vertical a la cual pertenece el itinerario y el botón DU.

El indicador del itinerario de pupitre se apagará después de 30 segundos.

VI.1.9.6.- Destrucción ordenada

Cuando el CDV de origen del itinerario a destruir esta libre o esta ocupado pero el itinerario esta en la fase de registro, el Regulador Especializado debe oprimir simultáneamente el botón de destrucción del grupo situado en la parte inferior de la línea vertical a la cual pertenece el itinerario y el botón DO.

VI.1.9.7.- Destrucción por escape

Cuando el CDV de origen de un itinerario es liberado, sin que éste haya sido recorrido; el itinerario (caso de un segundo parcial) se destruye automáticamente.

VI.1.9.8.- Mando de itinerario combinado

Para facilitar ciertas maniobras, está previsto a través de una sola operación, el comando de varios itinerarios simples sucesivos, que se establecen y se destruyen automáticamente a medida que se desarrolla la maniobra.

Cada itinerario simple incluido en un itinerario combinado, se llama itinerario parcial.

Los itinerarios combinados figuran en la platina, en una misma columna vertical (combinados).

El Regulador Especializado oprime el botón del itinerario, que intermite y verifica en su pupitre el registro, el establecimiento y las destrucciones sucesivas de los itinerarios parciales del combinado.

VI.1.9.9.- Mando de itinerario de trazo permanente (TP)

Son aquellos que permiten el establecimiento de ciertos itinerarios de manera permanente, es decir que a la puesta en memoria el mando no se destruye después de recorrerlo, los itinerarios en trazo permanente pueden ser simples o combinados.

Conforme el tren va recorriendo los itinerarios parciales, las señales de maniobra operan en las mismas condiciones de una señal de espaciamiento.

El Regulador Especializado oprime el botón del itinerario situado en la columna (TP) el botón se enciende en fijo. Simultáneamente se apaga el botón del itinerario situado en la columna DTP (Destrucción de Trazo Permanente).

La destrucción del trazo permanente se logra oprimiendo el botón DTP encendiéndose en fijo mientras, el botón de la columna TP se apaga, destruyéndose.

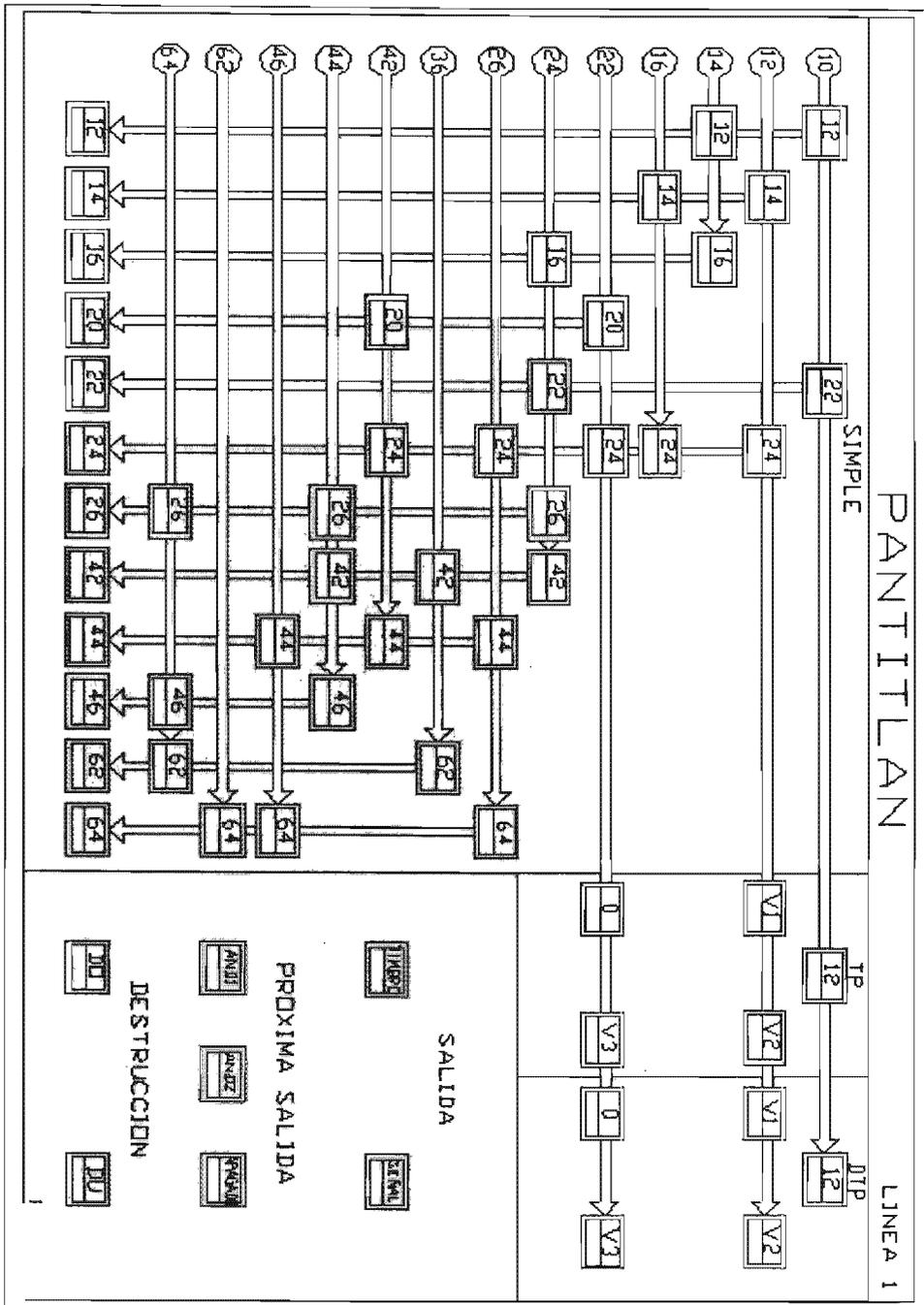


Figura VI-8 Platina De Itinerarios Del Pupitre Del Regulador De Linea 1

Esta maniobra no destruye el itinerario establecido, suprime solamente la reiteración automática del itinerario, mismo que se destruirá en las condiciones normales al término del recorrido del itinerario o la destrucción del alguno de sus parciales.

VI.1.9.10.- Maniobra de cambio de vía en línea

Las maniobras de los trenes en las estaciones equipadas con aparatos de vía, pueden realizarse en las dos formas.

- I. Para un tren solamente.
- II. Para varios trenes sucesivos.

VI.1.9.11.- Maniobra para un solo tren

El Regulador Especializado oprime el botón V1 ó V2 de la columna combinados. El itinerario combinado se registra, se establece y se destruye en las condiciones normales.

Durante su establecimiento el botón esta encendido en fijo.

VI.1.10.- MANDOS ESPECIALES EN LA TERMINAL

VI.1.10.1.- Mando del timbre de salida

Un botón timbre manda el funcionamiento de la chicharra o zumbador en una terminal seleccionada para anunciar la próxima salida del tren.

VI.1.10.2.- Mando del desbloqueo de la señal de salida

Cuando un tren está en el andén de salida con el itinerario de salida preparado, la señal de maniobra permanece aún al alto total hasta que el botón señal es oprimido para permitir el desbloqueo de ésta.

VI.1.10.3.- Mando del indicador que anuncia la próxima salida

En las terminales que tienen dos andenes de salida, se cuenta con dos botones (A1 y AZ) que al oprimirse se enciende en la terminal un anuncio luminoso que indica a los usuarios cual de los trenes estacionados es el próximo a partir.

VI.1.10.4.- Mando de inicialización del pilotaje automático

El mando de la inicialización del pilotaje automático se efectúa automáticamente a la puesta en servicio del Programador General de Trafico o a través de una instrucción dada al PGT por el Regulador Especializado.

VI.1.10.5.- Mando del despacho bajo orden (DBO)

El encendido de la señalización del DBO en las estaciones es mandado generalmente por el PGT cuando la regulación automática está en funciones, sin embargo, el Regulador Especializado puede hacerlo por medio de botones agrupados en la platina DBO los cuales tienen prioridad sobre los del PGT.

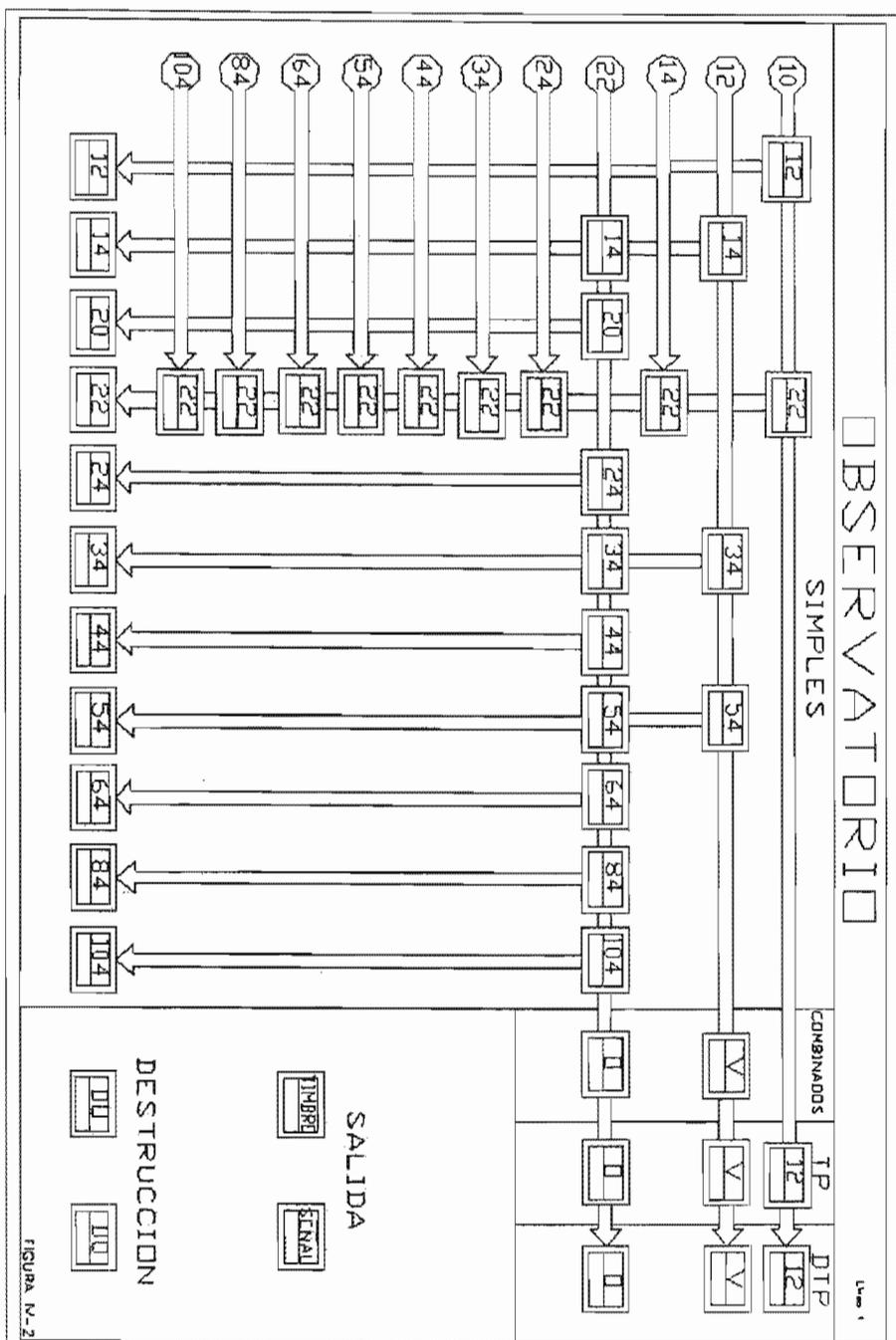


Figura VI-9 Platina De Itinerarios Del Pupitre Del Regulador De Línea 1

El encendido de los DBO es automático en caso de corte de corriente de tracción, o al comandar un servicio provisional se establece únicamente en la primera estación fuera del servicio y por la vía contraria.

El encendido del DBO está controlado y reflejado en el TCO.

Existe un botón por cada estación y por cada vía, incluyendo él o los andenes de salida de las terminales. Además un botón de acción general por vía, que permite el establecimiento de todos los DBO de una vía.

Un botón probador permite verificar el estado de las lámparas de estos indicadores. En los pupitres de las líneas, este botón Probador también enciende todas las lámparas de la parte frontal del pupitre.

VI.1.11.- MANDO DE ALIMENTACION TRACCION

Existe un tipo de platina denominada CZ (Condiciones de Zona), ésta contiene conmutadores rotativos luminosos, uno por cada zona, además de un botón CL (Corte de Línea) cuya apertura provoca el corte de corriente de tracción en toda la línea.

El botón Tracción permite verificar el funcionamiento de las lámparas de los conmutadores.

Puesto el conmutador rotativo en posición "A" (abierto), se suprime la alimentación de corriente de tracción en la zona interesada, si el conmutador operado es el de corte de línea, entonces se suprime la corriente de tracción en toda la línea, encendiendo los conmutadores CZ que ésta comprenda.

Para que se puedan alimentar la zona o la línea, si las condiciones de zona están satisfechas, es necesario:

- I. Poner el conmutador en posición "C" (cerrado).
- II. Oprimir el botón hasta verificar su apagado.
- III. Solicitar al PDC (Puesto de Despacho de Carga) la reposición de corriente.

VI.1.11.1.- Interruptores de aislamiento telemandado

Los IAT permiten asegurar la continuidad de la alimentación tracción de dos secciones adyacentes de una misma zona y se puede abrir y cerrar con carga.

Mando de cierre:

El Regulador Especializado del PCC coloca el botón del IAT en posición cerrado y oprimido, el botón se apaga.

Mando de apertura

El Regulador Especializado de PCC coloca el botón del IAT en posición abierto, el botón enciende en color amarillo.

VI.1.12.- MANDOS DE LA REGULACION AUTOMATICA

VI.1.12.1.- Botón lluvia

Existen unos botones Lluvia en los pupitres de las líneas que tienen una o más estaciones de superficie. Es un botón con indicador luminoso incorporado que al ser oprimido permanece encendido fijo, mandando una señal a los trenes equivalente a colocar conmutador KNR en posición Lluvia.

Este mando sobre los trenes tiene validez únicamente en el tramo de superficie, y es independiente de la posición del conmutador KNR en el tren, o de la señal que envía un dispositivo en las estaciones de superficie. Todas actúan sobre el tren y tiene prioridad la que se manda primero, solo que el conmutador KNR tiene mando sobre el tren donde haya sido colocado en posición Lluvia. El dispositivo de las estaciones de superficie, tiene mando sobre todos los trenes a recorrer la interestación de superficie siguiente y el botón Lluvia del pupitre del Regulador Especializado tiene mando sobre todo el tramo de superficie, por ambas vías.

VI.1.12.2.- Botones de velocidad

Existe una platina de velocidades que contiene por vía, cuatro botones con indicador luminoso incorporado, que al no estar en operación la Regulación Automática, es posible mandar cuatro tipos de velocidades a los trenes conducidos en Pilotaje Automático y asimismo manda la orden a los cofres de marcha para que encienda la señalización correspondiente y los Conductores que no llevan conducción de Pilotaje Automático, ajuste su marcha a la señal indicada.

Las velocidades que pueden ser mandadas y que corresponden cada una a un botón son las siguientes.

- L = Lenta.
- N = Normal.
- A = Acelerada.
- SA = Sobre acelerada.
- Restringida (línea "B").

VI.1.12.3.- Botones de marcha tipo

El Regulador Especializado cuenta con unos botones de mando sobre la marcha tipo a respetar, teniendo un botón por cada terminal por cada marcha tipo (A o B), pudiéndose tener marchas tipo diferentes en cada vía.

Estos botones con regreso e indicador luminoso incorporado, solo pueden ser operados cuando el PGT no se encuentra en funcionamiento, en este último caso, el PGT manda la marcha tipo de acuerdo al programa (ver figura IV-26 y IV-27).

VI.1.13.-PLATINA DEL TCO

Esta platina reúne un cierto número de botones con diversas funciones concernientes al TCO y que pueden dividirse en dos grupos:

- I. Pruebas.
- II. Alarmas o Conocimiento.

VI.1.13.1.- Alarma aguja (discordancia de agujas)

Funciona análogamente al botón CU y sirve para indicar que se ha perdido el control de un aparato de vía, simple o conjugado, cuando se ha presentado esto por más de 5 segundos, enciende intermitente en color rojo, la indicación AM.

VI.1.13.2.- Botón incidente en línea

Esta alarma enciende cuando se ha detectado un corte de corriente provocado por un incidente en línea (corto circuito franco, sobre corriente, etc.), el botón incidente en línea intermite y emite una alarma acústica, después de efectuar el reconocimiento sobre el botón. La alarma acústica se apaga y el indicador luminoso pasa a fijo.

VI.1.13.3.- Botón DNB

Esta alarma enciende cuando el equipo del detector de neumático bajo, detecta un neumático bajo a un tren (existen 2 detectores, uno por vía), por vía 1 en el CDV 11 de UAM-I y por vía 2 en el CDV 21 de Bellas Artes. El botón DNB intermite y emite una alarma acústica, asimismo en el TCO el número del tren intermite y cambia de color a rojo, al oprimir el botón DNB en el pupitre para efectuar el reconocimiento, la alarma acústica se inhibe y el indicador luminoso pasa a fijo así como el número en el TCO..

VI.1.13.4.- Botón mando local

Esta alarma enciende cuando un equipo de tracción se ha colocado en mando local. El botón intermite y emite una alarma acústica, después de efectuar el reconocimiento sobre el botón, la alarma se apaga y el indicador luminoso pasa a fijo.

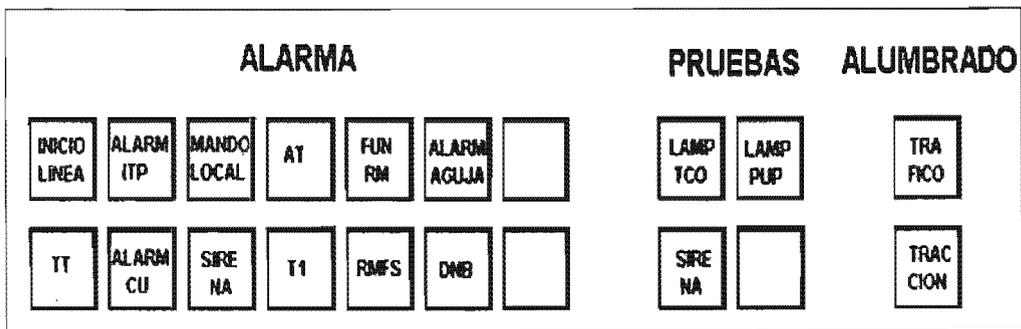


Figura VI-10

VI.1.13.5.- Botón alimentación

Botón no luminoso con dos posiciones fijas que al oprimirse se enciende en el TCO en amarillo la línea de ausencia de corriente de tracción a condición de que las secciones estén energizadas.

VI.1.14.- PLATINA DE RADIOTELEFONIA

El Radioteléfono o Teléfono de Alta Frecuencia (según el caso) permite la comunicación permanente entre el PCC, (PCL línea "A") y los Conductores de los trenes asignados en una línea. Para tal efecto, cada cabina de conducción esta equipada con:

- Micrófono con botón de emisión.
- Altavoz con potenciómetro que permite la regulación del volumen.

La conexión entre el PCC (PCL) y los trenes se asegura por medio de las barras guía, (La catenaria en línea "A") superponiéndose la corriente portadora de alta frecuencia a la corriente de tracción. Este enlace subsiste aún cuando los equipos que aseguran la continuidad de la corriente de tracción (SIT, CS, etc.) (DV, IAT, etc. en línea "A") estén abiertos o cuando la misma corriente de tracción esté cortada.

El Regulador Especializado abarca con este equipo todos los CDV que aparecen en su TCO, así como un equipo receptor que se localiza en cada una de las terminales, en las que el Inspector Jefe de Estación Jefe de Estación de Terminal puede y debe escuchar las conversaciones entre el Regulador Especializado y los Conductores de los trenes de su propia zona.

Puede selectivamente llamar a los trenes de cualquier zona, de varias zonas, o a todos los trenes de la Línea.

Todos los trenes que circulan en una zona en un momento dado, están en comunicación paralela.

VI.1.14.1.- Constitución de la platina del radioteléfono

Cada platina contiene:

- I. Un combinado con botón de emisión.
- II. Un altavoz con potenciómetro para regular la intensidad del volumen.

La llamada es recibida por los trenes que se encuentran en la zona o sector seleccionado.

El indicador luminoso blanco del botón de conexión, estando encendido, indica la emisión y recepción en la zona elegida.

VI.1.14.2.- OPERACION DE LA PLATINA DEL PCC

VI.1.14.2 a.- Llamada de zona.

Esta llamada permite al Regulador Especializado comunicarse con los Conductores que circulan en una zona específica.

VI.1.14.2b.- Llamada general.

Esta llamada permite al Regulador Especializado comunicarse con los Conductores que circulan en la línea, el procedimiento para realizar esta llamada es el siguiente:

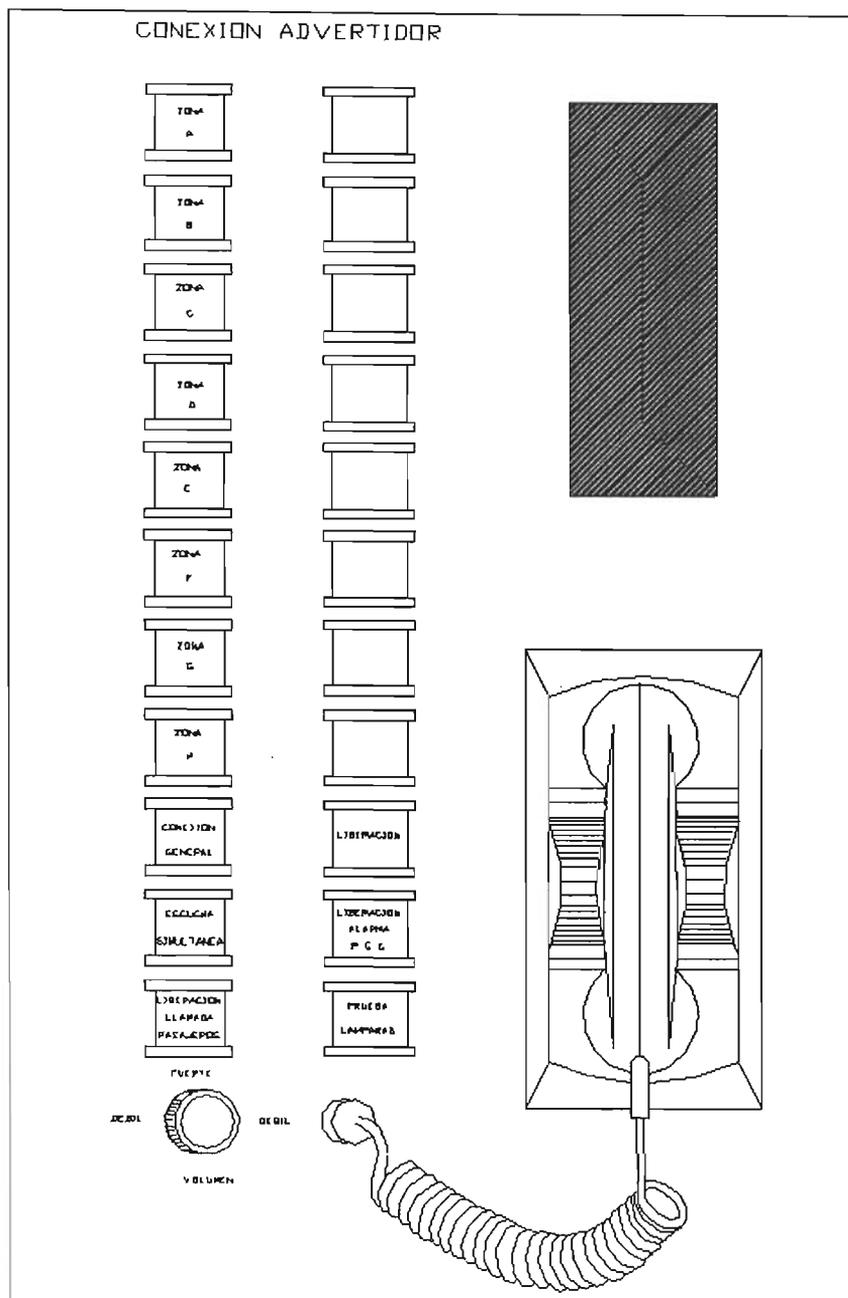


Figura VI-11

VI.1.15.- PLATINA DE TELEFONOS DIRECTOS

Cada pupitre del PCC contiene una red de comunicaciones a varios puestos que por su importancia, debe establecerse en forma inmediata.

VI.1.15.1.- Contenido de la platina.

Cada platina consta de una columna de botones con indicador luminoso incorporado, por cada zona de maniobras existentes en la línea de que se trate, mediante los cuales es posible efectuar la comunicación directa al grupo de teléfonos de las señales de maniobra indicadas en el botón seleccionado.

Cuando los grupos de señales corresponden a una Terminal, pueden estar conectados con ésta, o con el PCC Para lograr esto último, el Regulador Especializado dispone de un botón de Transferencia con regreso y con indicador luminoso rojo incorporado. Cuando las líneas conectan al PCC el botón de transferencia está apagado. Cuando las líneas conectan a la terminal, el botón está oprimido y encendido. Toda acción de este botón cambia el estado inicial.

La platina contiene asimismo una línea de botones que comunican directamente a:

- I. Las terminales (PML).
- II. El Puesto de Maniobras de Talleres (PMT).
- III. La(s) fosa(s) de Vista.
- IV. La línea de Ruptores de Alarma (actualmente fuera de servicio).
- V. El Centro de Comunicaciones (CC).
- VI. El Puesto de Despacho de Carga (PDC).
- VII. Los Talleres.
- VIII. El Jefe de Reguladores.

Para lograrse la comunicación, integrados a esta platina se encuentran:

- a. Un combinado.
- b. Un altavoz con potenciómetro para regular la intensidad del volumen.
- c. Un micrófono.

VI.1.16.- GRABADORA

El PCC, dispone de una grabadora de 24 canales ubicada en el 6º piso del edificio del PCC 1, y en línea "A" en el PCL 1º piso y otra en la Coordinación de la La Paz, que graban simultánea y permanentemente, es decir las 24 hrs. los 365 días del año, toda conversación establecida a través de la platina de radio telefonía; de la platina de Teléfonos Directos y del Teléfono Automático de las Líneas, de cada tablero del PCC, así como es el PDC y CC en los Puestos de Control y PCL.

VI.1.17.- SISTEMA DE ALIMENTACION EN 23 KV

La supervisión de los diferentes parámetros de control en el TCO se realiza mediante indicadores a base de leds en diferentes colores, estableciéndose el siguiente código:

- I. Tensión 23KV:

- Naranja.- Presencia de tensión preferente.
- Amarillo.- Presencia de tensión emergente.

II. DMT.

- Naranja.- DMT cerrado.
- Verde.- DMT abierto.

La presencia de tensión de 23 KV por el alimentador preferente se indica en color naranja; para el alimentador emergente se indica en color amarillo.

A la falta de cualquier alimentador se activa la alarma acústica y los leds correspondientes intermiten. Una vez que se tiene conocimiento del cambio de estado, los leds se apagan y la alarma se inhibe.

Al restablecerse la tensión se activa nuevamente la alarma acústica y los leds correspondientes intermiten. Al tener conocimiento el Regulador Especializado, los leds quedan encendidos y la alarma se inhibe.

Cuando el equipo de transferencia está suministrando energía a través del alimentador preferente se indica en color rojo, cuando la alimentación eléctrica proviene del emergente se indica en color amarillo.

- Transferencia preferente - emergente.
- Transferencia emergente - preferente.

VI.1.17.1.- ALIMENTACION EN CORRIENTE DE TRACCION

Como en el caso anterior, se utilizan indicadores a base de leds con el siguiente código:

- I. Equipo de tracción:
 - Naranja: Equipo cerrado (Barra Vertical)
 - Verde: Equipo abierto (Barra Diagonal)
- II. Intensidad de corriente:
 - Verde: Corriente menor a 10 KA
 - Rojo: Corriente igual o superior a 10 KA
- III. Tensión de 750 VCC en secciones:
 - Rojo: Ausencia de tensión.
 - Amarillo: Presencia de tensión.
- IV. Corte de urgencia:
 - Rojo: CUAT abierto
 - Amarillo: CUFS fuera de servicio.
 - Amarillo: ALCU enlace de vías secundarias.

VI.1.18.- INTENSIDAD DE CORRIENTE DEMANDADA A LAS SR

Se cuenta con un amperímetro, el cual muestra el valor promedio de la intensidad de corriente (KA) a la salida de las SR, cuando (la corriente es menor a 10 KA, la lectura de ésta en el TCO, se indica en color verde por dos dígitos separados por el punto

decimal; cuando la corriente es igual o superior a los 10 KA, el valor numérico de ésta se indica en color rojo con dos dígitos, sin punto decimal.

VI.1.19.-CONTROL DE LOS EQUIPOS DE TRACCIÓN

En la parte superior de la barra que presenta el estado eléctrico de las secciones están situados los controles de las condiciones de operación de los siguientes equipos:

- I. Disyuntor de Vía (DV).
- II. Interruptor de Aislamiento Telemandado (IAT).
- III. Disyuntor de Vías Secundarias (DVS) y (DVE).
- IV. Interruptor de Terminal (IT).
- V. Contactores de Tramo de Protección (CTP).
- VI. Interruptor Inversor de la vía Z (IAZ).
- VII. Disyuntor de Línea (DL).

VI.1.20.- CONTROL DE LOS DISYUNTORES DE VÍA

Se tiene información acerca del estado de los DV, indicándose una sola posición a la vez: abierto o cerrado.

La posición cerrado se visualiza en color naranja en la ventanilla situada sobre la barra vertical de color amarillo junto a la ventanilla que indica la posición cerrado se encuentra una ventanilla similar, pero diagonal, que indica la posición abierto del DV en color verde.

Estando cerrado el DV al producirse la apertura de éste, se apaga la indicación cerrado y la posición abierto se enciende intermitentemente. Al confirmarse la apertura, los leds dejan de intermitir, permaneciendo encendidos en color verde.

Los leds intermiten también cuando existe discordancia entre el comando realizado y la posición del equipo.

VI.1.20.1.- Control del interruptor de aislamiento telemandado (IAT)

Se cuenta con dos IAT: Uno para vía uno y otro para vía dos, para cada uno de los IAT se tiene control de la posición abierto en color verde y para la posición cerrado en color naranja.

VI.1.20.2.- Control de los disyuntores de vías secundarias (DVS) y (DVE)

La posición cerrado de los DVS y DVE se indica en color naranja; la posición abierto en color verde.

VI.1.20.3.- Control del contactor del tramo de protección (CTP)

El control de los CTP, uno por vía se lleva a cabo mediante un indicador luminoso normalmente apagado, el cual enciende en forma intermitente cuando existe discordancia entre la posición de los CTP y del DV correspondiente.

En caso de discordancia se activa una alarma acústica, que es silenciada mediante una presión en el botón CTP del pupitre, provocando también el encendido fijo del indicador

luminoso del TCO. Al normalizarse la situación, el indicador fijo del indicador luminoso se apaga.

VI.1.20.4.- Control de los circuitos de seguridad

Para cada una de las secciones de la línea, existen dos controles acerca del estado de los circuitos de seguridad:

- I. Corte de Urgencia (CU).
- II. Corte de Urgencia Fuera de Servicio (CUFS).
- III. Alimentación CU para las vías secundarias de las terminales.

VI.1.20.5.- Control del corte de urgencia (CU)

Para cada sección los leds indicadores del control del CU se encuentran en color rojo cuando el circuito de los ruptores del corte de urgencia alimentación tracción (CUAT) está abierto, es decir, que fue accionado un ruptor. Simultáneamente opera la alarma acústica y enciende un botón en el pupitre, platina alarmas.

VI.1.20.6.- Control del corte de urgencia fuera de servicio (CUFS)

Cuando el Jefe de Reguladores del PCC, elimina la protección de corte de urgencia a través del botón respectivo, se enciende en el TCO del CEE, el indicador del CUFS en color verde. Existe un control del CUFS para cada una de las secciones de la línea.

VI.1.20.7.- Control de alimentación CU

Este control existe únicamente en las vías secundarias de las terminales, las cuales tienen un circuito de CUAT particular.

Resulta por demás importante destacar que con la correcta ejecución de todos los equipos descritos es posible llevar a cabo una operación de las líneas del metro de manera segura y eficiente ya que como se verá en los dos siguientes capítulos el Puesto Central de Control juega uno de los papeles más importantes de la explotación de una línea que es el de controlar, supervisar y coordinar las acciones para la operación.

VI.2.- CENTRO DE COMUNICACIONES (C.C.)

El Centro de Comunicaciones tiene como objetivo asegurar la comunicación con las diversas áreas del S.T.C., con los servicios de emergencia y con los usuarios, para el logro de este objetivo:

- I. Centraliza y difunde a las áreas de mantenimiento respectivas los reportes recibidos, relativos a las averías e incidentes; llevando un control.
- II. Coordina los servicios de emergencia tanto internos como externos (seguridad, vigilancia, policía, bomberos, ambulancias, etc.).
- III. Verifica la presencia del personal de Taquilla e Inspectores - Jefes de Estación.
- IV. Coordina las actividades asignadas a los Inspectores - Jefes de Estación.
- V. Proporciona la información tanto a los usuarios como a los trabajadores del organismo de las condiciones que prevalecen en el servicio así como de carácter social; a través, de voceos tales como: Servicios provisionales, localización de personas y objetos extraviados, Rescate de objetos en vías, etc.
- VI. Apoyar al Regulador en el T.C.O. del P.C.C., durante la atención de incidentes (personas arrolladas, llantas ponchadas, servicios provisionales, desalojo de trenes, incidentes en los trenes, sismos, conatos de incendio, etc.).
- VII. Concentra la lectura de los torniquetes de las estaciones para el procesamiento de la afluencia para el área correspondiente (Ingeniería y Desarrollo).

El Centro de Comunicaciones (C.C.) cuenta actualmente con diez módulos, uno para cada línea, para realizar sus funciones.

Los Centros de Comunicaciones se encuentran ubicados en:

- I. El Puesto Central de Control I para las Líneas de la 1 a la 6.
- II. El Puesto Central de Control II para las Líneas de la 7 a la 9 y "B".

Cada módulo cuenta con un pupitre de control que consta de lo siguiente:

- I. Una platina de alarmas de taquillas.
- II. Una platina de teléfonos de alarma.
- III. Una platina de teléfonos directos.
- IV. Una platina de sonorización.
- V. Un teléfono rojo de alarma (En Línea "B" en negro).
- VI. Un teléfono negro (gris).
- VII. Un micrófono instalado en un brazo móvil.
- VIII. Un teléfono (extensión de la red interna).
- IX. Un monitor de telefonía de alarmas, (solo en el C.C. L8).



Figura VI-12 Centro de Comunicaciones de las Líneas 1 a la 6



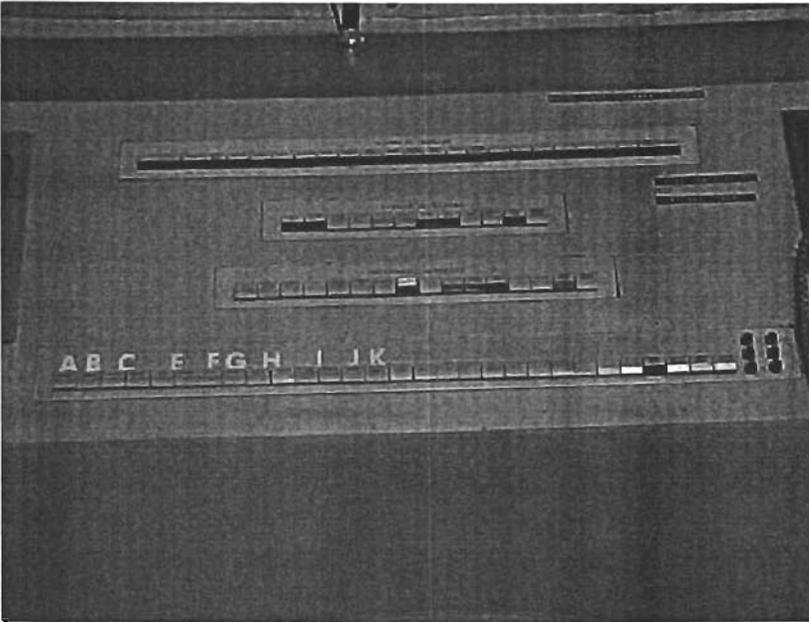


Figura VI-13 Centro de Comunicaciones de las Líneas 7, 8, 9 y B

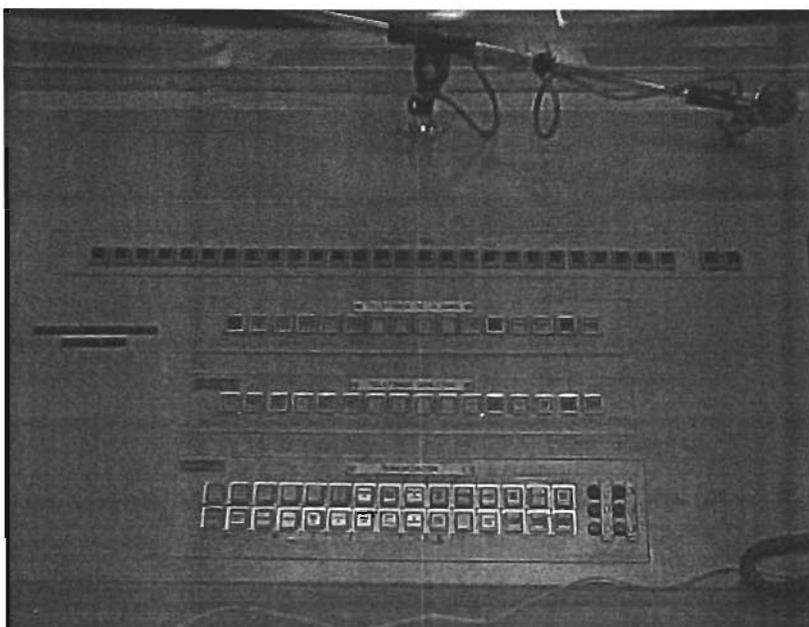
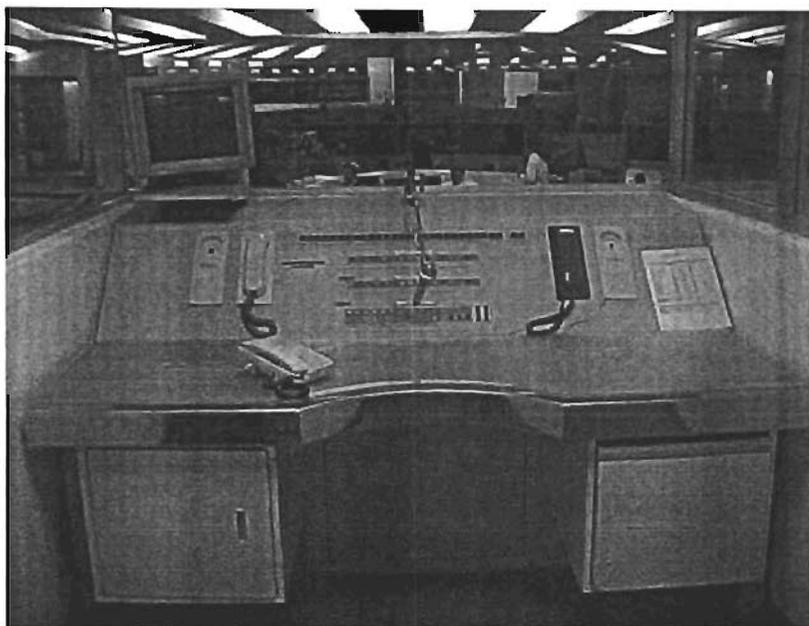


Figura VI-14 Centro de Comunicaciones de la Línea 8

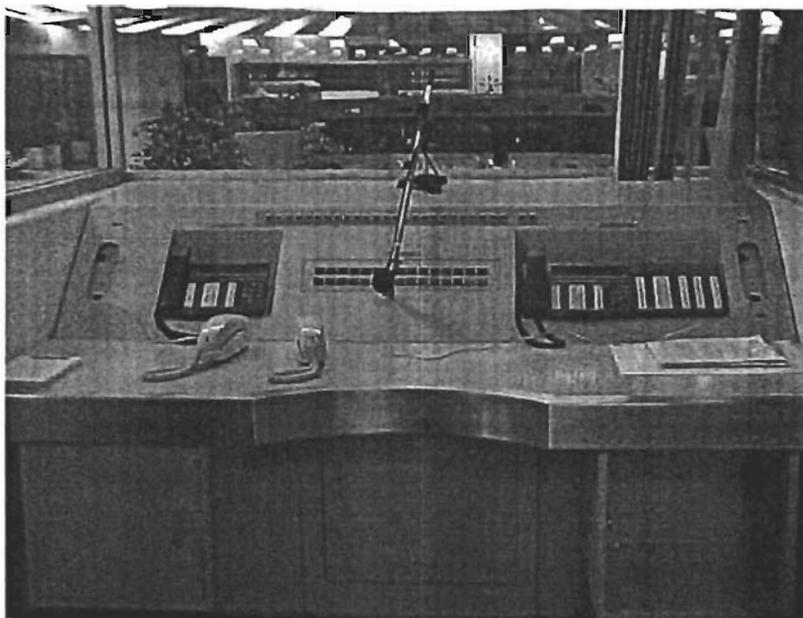


Figura VI-15 Centro de Comunicaciones de la Línea "B"

VI.2.1.- EQUIPOS QUE INTEGRAN EL C.C.

VI.2.1.1.- Platina de alarma de taquillas

Esta platina se encuentra ubicada sobre el pupitre del módulo de cada Línea y consta de un conjunto de botones del tipo de regreso automático, dispuestos en forma horizontal, los cuales corresponden a cada una de las estaciones de la Línea en cuestión y que se activa cuando su lámpara se enciende en forma intermitente, indicando que ha sido accionado el pedal o botón de la alarma contra robo en alguna de las taquillas de la estación correspondiente.

Dentro del conjunto de botones, el penúltimo de izquierda a derecha, sirve para inhibir la alarma acústica y para lo cual tiene inscrita la leyenda PARO ZUMBADOR; el último con inscripción PROBADOR DE LÁMPARAS, sirve para verificar el correcto funcionamiento de todas las lámparas de esta platina.

VI.2.1.2.- Platina de teléfonos de alarma

Ubicada también esta platina sobre el pupitre del módulo de cada Línea, (de la 1 a la 9) consta de un conjunto de botones de regreso automático, excepto los correspondientes a: PILOTO, ALARMA DE FUSIBLE y PARO TIMBRE. Todos ellos están dispuestos en línea horizontal.

Como su nombre lo indica, esta platina permite por medio de cada botón y el Teléfono de color rojo ubicado en cada pupitre, establecer la comunicación inmediata con cada uno de los siguientes puntos:

- I. Teléfono rojo, ubicado en el interior de los nichos de emergencia de mitad de andén (solo se tiene recepción en C.C.)
- II. Base de Información de Seguridad. (BIS).
- III. Respuesta taquilla, Inspector - Jefe de Estación. (solo para línea 8).
- IV. Llamada a Taquilla e Inspector - Jefe de Estación.
- V. Centro Estratégico de Operaciones (Vigilancia).
- VI. Validación (solo para Línea 8.)
- VII. Llamadas Automáticas (con excepción de Línea 8).
- VIII. Paro Timbre
- IX. Lámpara Piloto
- X. Liberación
- XI. Lámpara Fusible.
- XII. Probador de lámparas.

VI.2.1.3.- Platina de teléfonos directos

De la misma forma que las anteriores, ésta se encuentra en el pupitre del módulo de cada Línea y consta también de un conjunto de botones dispuestos en línea horizontal, por medio de las cuales es posible establecer comunicación con:

- I. Regulador del T.C.O. de P.C.C. de la Línea correspondiente.
- II. Llamada General Inspector - Jefe de Estación.
- III. Llamada General Taquillas.
- IV. C.E.E. Estrella (Solo en L8).
- V. Personal del Puesto de Despacho de Carga.
- VI. Jefe de Reguladores.
- VII. Botón de Paro Timbre
- VIII. Botón Piloto
- IX. Botón Liberación.
- X. Botón Alarma Fusible.
- XI. Botón Probador De Lámparas.

VI.2.1.4.-Platina de sonorización

Esta platina se encuentra ubicada en la parte inferior del pupitre de cada módulo, integrada también por un conjunto de botones dispuestos en línea horizontal, correspondiendo cada botón a una estación de la Línea de que se trate, además de un botón de LLAMADA GENERAL DE LÍNEA (VOCEO DE LINEA en Línea "B") y otro de LLAMADA GENERAL DE RED, (VOCEO DE RED en Línea "B"), en el P.C.C. I únicamente de las Líneas 1 a la 6; en el P.C.C. II únicamente de las Líneas 7 a la 9) con lo que se obtiene la posibilidad de efectuar voces por estación, en forma general para todas las estaciones de esa Línea, de igual forma a todas las líneas que conforman el P.C.C. de donde se emite el voiceo, a través de los botones correspondientes. Existe otro botón denominado LLAMADA DE ATENCIÓN que sirve para advertir la emisión del voiceo.

ALARMA TAQUILLAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	

1					6					11					16	FRAY SERVANDO	21	BONDOJITO
2					7					12					17	CANDELARIA	22	TALISMAN
3					8					13					18	MORELOS	23	MARTIN CARRERA
4					9					14	SANTA ANITA				19	CANAL DEL NORTE	24	PARO ZUMBADOR
5					10					15	JAMAICA				20	CONSULADO	25	PROBADOR

NOTA: El color del área sombreada en todos los botones es rojo.
Platina igual de las Líneas de la 1 a la 9

PLATINA DE ALARMAS C.C. 4

TELEFONOS DIRECTOS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
B	B	B	B	B	B	B	B	B	V	V	R	B	B	R	B

1 PCC

2 LLAMADA GL. JEFES DE EST.

3 LLAMADA GL. TAQUILLAS

4 PDC

5 JEFE DE REGULADORES

6

7

8

9

10 LLAMADA MANUAL

11 LLAMADA AUTOMATICA

12 PARO TIMBRE

13 PILOTO

14 LIBERACION

15 ALARMA FUSIBLE

16 PROBADOR LAMPARAS

NOTA: La letra que está dentro de cada botón, indica el color del área sombreada del mismo, de acuerdo a la siguiente clave:

B - blanco

R - rojo

V - verde

PLATINA DE TELEFONOS DIRECTOS C.C. 2

SONORIZACION

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	•L1	•L4	
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R	B	R	R	•L2	•L5	
																														•L3	•L6

ver detalle

1	7	13 SANTA ANITA	19 CONSULADO	25
2	8	14 JAMAICA	20 BONDOJITO	26 ALARMA FUSIBLE
3	9	15 FRAY SERVANDO	21 TALISMAN	27 LLAMADA GL. DE LINEA
4	10	16 CANDELARIA	22 MARTIN CARRERA	28 LLAMADA DL. DE RED
5	11	17 MORELOS	23	29 LLAMADA DE ATENCION
6	12	18 CANAL DEL NORTE	24	

NOTA: La letra que está en el área sombreada en cada botón, indica el color del mismo, de acuerdo a la siguiente clave:

B - blanco
R - rojo

detalle

28	29
R	R

○ L1	○ L4
○ L2	○ L5
○ L3	○ L6

PLATINA DE SONORIZACION C.C. 4

VI.2.2.- Control de Reportes e Incidentes.

VI.2.1.- Control de reportes.

Verificación de la presencia del Personal de Taquilla.

La verificación se efectúa por Línea, (platina de teléfonos directos) utilizando el Regulador en el C.C. el formato correspondiente, conteniendo el nombre de cada una de las estaciones y considerando el siguiente horario:

El Regulador en el C.C. deberá efectuar la llamada de presencia del personal de taquilla de acuerdo con el horario de entrada.

Posteriormente a cada Regulador en el C.C. le será solicitado el resultado de la verificación por una persona de la Administración de Línea.

Prueba de funcionamiento del Pedal de Alarma.

Después de efectuarse el registro de la presencia del personal en taquilla del primer turno, el Regulador en el C.C. debe llevar a cabo la prueba de funcionamiento del Pedal de Alarma.

El Inspector - Jefe de Estación reportará su entrada y salida de labores, así como su salida y regreso del horario de alimentos al Regulador en el C.C., estando a cargo de la coordinación de sus actividades.

Registro de entrada de usuarios a las estaciones.

El Departamento de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico proporciona diariamente unos formatos que son llenados al finalizar el servicio por el Regulador en el C.C., anotando en ellos la lectura de los torniquetes de entrada de todas las estaciones de la Línea.

Al recibir la lectura de los torniquetes, se tomará en cuenta el nombre de la estación, la ubicación de los torniquetes, certificando que las cifras correspondan.

VI.2.2.2.- Control de incidentes

Cualquier incidente susceptible de perturbar la funcionalidad del Sistema se le considera de carácter prioritario.

El Regulador en el C.C. que es notificado de un incidente se coordina y notifica, según se requiera y en el orden más adecuado con las diferentes permanencias, manteniendo comunicación constante con el personal que se encuentre en el lugar del incidente para conocer su avance, y de esta manera estar informando constantemente al público usuario, al personal de Línea o a sus superiores.

Control de incidentes y accidentes en Estación.

Estos se presentan cuando hay: muertos o lesionados por algún tren a su paso por el andén, muertos o lesionados a bordo de un tren, partos, robos, asaltos, personas enfermas, eventos que afecten a los equipos e instalaciones.

Al término del incidente elaborará un reporte, anotando en él todos los datos solicitados, indistintamente que la persona sea trasladada o no a una institución hospitalaria.

VI.2.2.3.- Control de personal que desciende a vías:

Cuando se haya decidido autorizar un descenso a vías, a indicación del Regulador en el T.C.O., el Regulador en el C.C. correspondiente, solicitara la presencia del personal de Seguridad Industrial e Higiene en el sitio de descenso.

VI.2.2.4.- Control de personas extraviadas.

Para la localización de personas extraviadas, el Regulador en el C.C. deberá contar con los datos necesarios (si se trata de una persona enferma de sus facultades mentales o de un niño, se dará la descripción de sus ropas y si es una persona normal, únicamente por su nombre), para poder hacer el voceo en las estaciones, indicando el lugar al que se trasladará la persona extraviada.

Como puede observarse la central de comunicaciones juega un papel importante en la coordinación de acciones y es auxiliar tanto del PCC como de la propia operación de la Línea.

VI.3.- LA OPERACIÓN EN LINEA

La suma de todas las disciplinas se encamina para finalmente poder brindar un servicio de transportación y así poder operar una línea eficaz y eficientemente; sin embargo, como un servicio sólo puede ser calificado hasta que este se otorga, es necesario preparar todo lo necesario para que, en base a programas perfectamente definidos se lleve a cabo la operación de una línea de transportación utilizando trenes por lo que se tiene que partir de los siguientes principios fundamentales.

VI.3.1.- LA DEMANDA DEL SERVICIO

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, para otorgar un servicio de transportación eficiente, resulta imprescindible determinar cual es la demanda de servicio en el derrotero predeterminado para lo cual se toman en cuenta los siguientes parámetros:

Para poder determinar la demanda del servicio es necesario llevar a cabo muestreos los cuales se llevan a cabo en las estaciones más concurridas principalmente por los puntos de interés cercanos a ellas; en estos muestreos se determina el número máximo de trenes para satisfacer la demanda tomando en cuenta que la máxima capacidad de un tren es de 1530 pasajeros a 4/4 en trenes de 9 carros y 1020 pasajeros en trenes de 6 carros.

El muestreo para identificar cambios en la demanda, se lleva a cabo en periodos representativos, según el tipo de día de servicio a analizar:

- Laborable
- Sábado y
- Domingo o festivo,

Para los diferentes días de servicio se identificarán los siguientes periodos de demanda:

- Inicio y fin de servicio (de mínima demanda);
- Punta matutina y punta vespertina (de máxima demanda);
- Valle de mediodía entre las puntas matutina y vespertina (de demanda moderada).

El intervalo máximo a programar los periodos punta y valle del mediodía será de 5 minutos, 50 segundos.

Los muestreos se lleva a cabo considerando cuatro secciones de supervisión en los carros como se indica en la siguiente figura y los datos se registran en el formato que se ejemplifica en la tabla ubicándose un supervisor por carro.

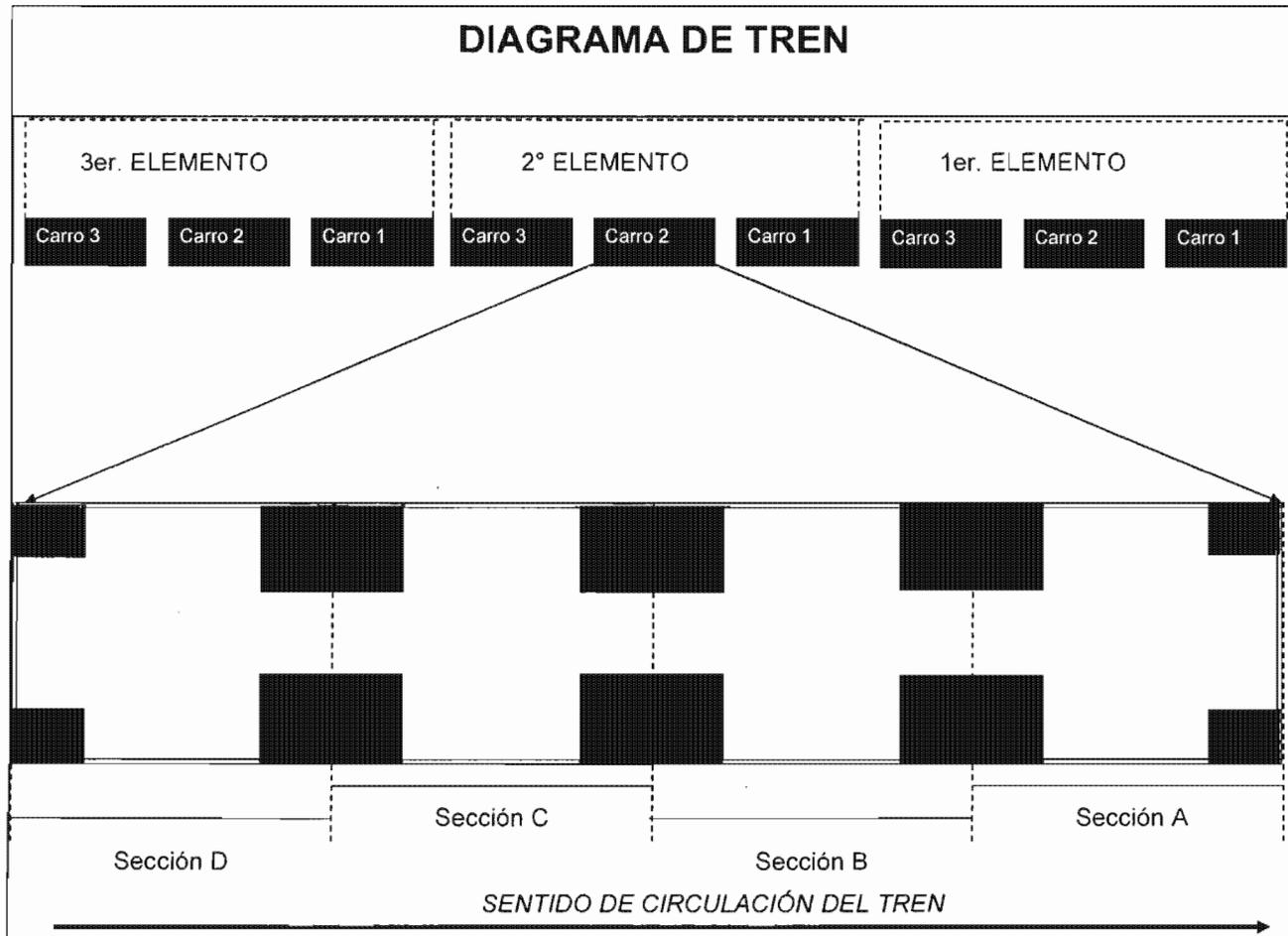


Figura VI-18

S. T. C. GERENCIA DE INGENIERÍA Y DESARROLLO
DEPTO. DE INGENIERÍA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
COORDINACIÓN DE ANÁLISIS OPERATIVO
MUESTREO DE CARGA DE PASAJEROS DE TREN

LÍNEA: _____ ESTACIÓN _____ VÍA (1) (2)
 ELEMENTO: (1°) (2°) (3°) HORARIO _____ FECHA _____

NÚM. DE MOTRIZ	SECC. DE CARRO	PASAJEROS DE PIE	HORA DE SALIDA		
			HH	MM	SS
	1A				
	2B				
	3C				
	1D				
	2A				
	3B				
	1C				
	2D				
	3A				
	1B				
	2C				
	3A				
	1B				
	2C				
	3D				
	1A				
	2B				
	3C				
	1D				
	2A				
	3B				
	1C				
	2D				
	3A				
	1B				
	2C				
	3D				
	1A				
	2B				
	3C				
	1D				
	2A				
	3B				

NÚM. DE MOTRIZ	SECC. DE CARRO	PASAJEROS DE PIE	HORA DE SALIDA		
			HH	MM	SS
	1C				
	2D				
	3A				
	1B				
	2C				
	3D				
	1A				
	2C				
	3D				
	1A				
	2B				
	3C				
	1D				
	2A				
	3B				
	1C				
	2D				
	3A				
	1B				
	2C				
	3D				
	1A				
	2B				
	3C				
	1D				
	2A				
	3B				
	1C				
	2D				
	3A				
	1B				
	2C				
	3D				

ELABORÓ: _____

Figura VI-19

VI.3.2.- EL POLIGONO DE CARGA

Una vez reunidos todos los elementos se determina el polígono de carga que es el programa a seguir para satisfacer la demanda de servicio

Con la información obtenida por los muestreos se elaboran los polígonos de carga demanda y oferta.

Polígono de Carga Demanda: El gráfico que representa la carga de pasajeros en la interestación más demandada en los diferentes periodos y tipos de día y se actualiza cuando los datos estadísticos presentan tendencias y comportamientos de la demanda de tal forma que se estimen ocupaciones promedio, mayores a la ocupación nominal (1,530 pasajeros en trenes de 9 carros y 1,020 en trenes de 6 carros) u ocupaciones menores al 50% de la ocupación nominal

Polígono de Carga Oferta: El gráfico que representa la cantidad de trenes e intervalos necesarios para cubrir el Polígono de Carga Demanda de tal forma que la ocupación promedio de los trenes no sea mayor al 100% de la ocupación nominal, ni menor al 50% de la misma, siempre y cuando las condiciones técnico-operativas de la línea lo permitan.

El máximo número de trenes se determina tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Longitud de la línea
- Número de estaciones
- Tiempo de maniobra en terminales
- Tiempo de recorrido por la vía 1
- Tiempo de recorrido por la vía 2
- Tiempos de estacionamiento
- Resultado de los muestreos, y
- Polígono de carga

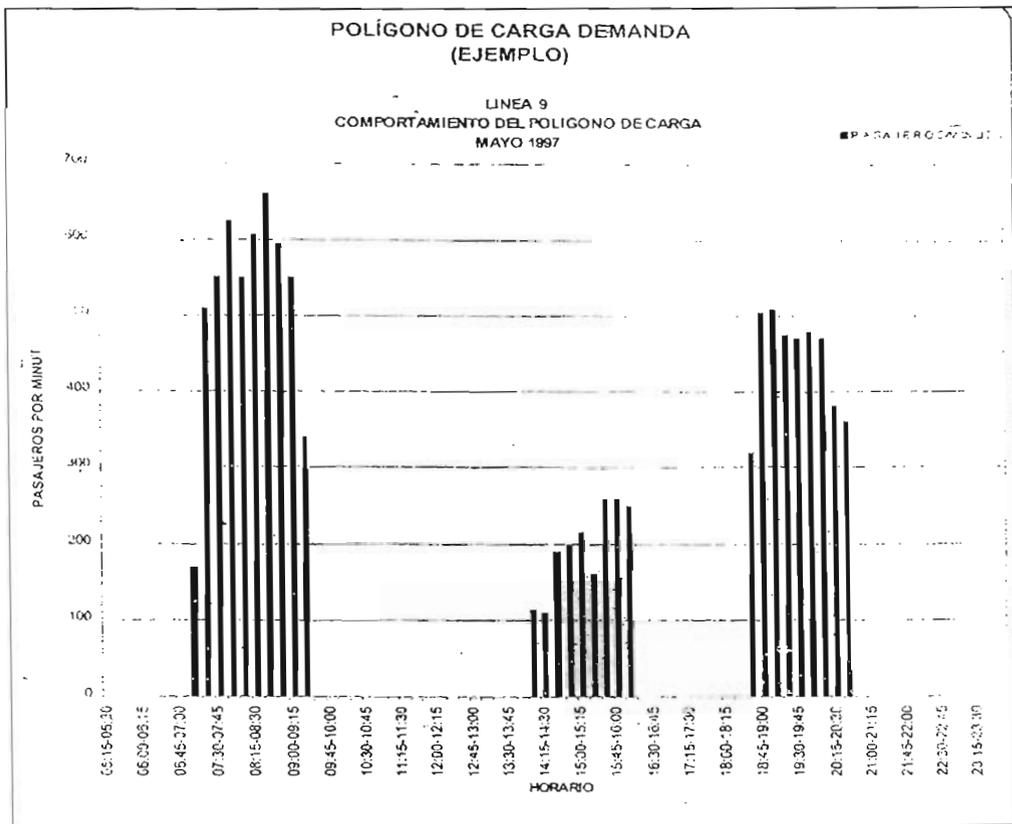


Figura VI-19

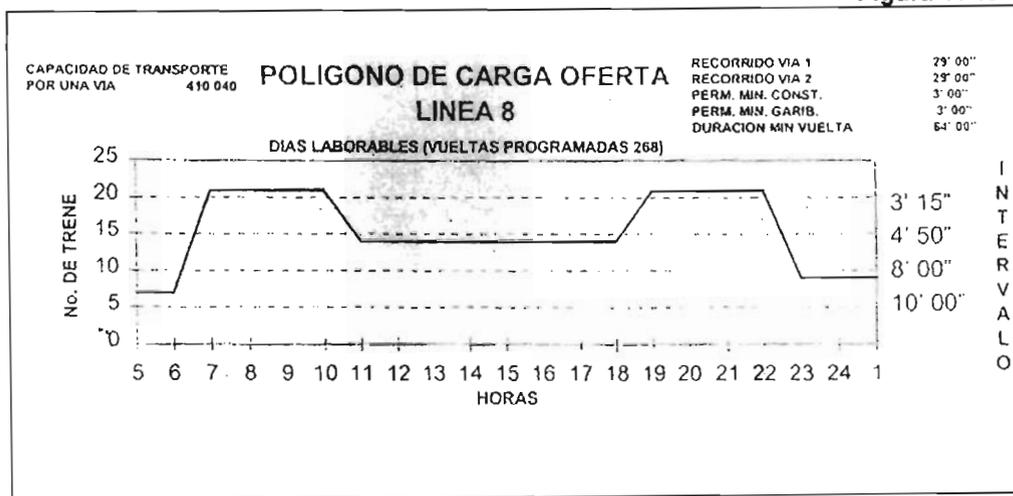


Figura VI-20

VI.3.3.- LA REGULACIÓN DE LA OPERACIÓN DE LA LÍNEA

La adecuada regulación de los trenes, responde a la necesidad de mantener la circulación en una línea con intervalos de tiempo, de ser posible igual a los previstos en los horarios, aún en períodos de perturbación.

El cumplimiento de los diversos procedimientos estudiados en la regulación de los trenes, tiene como finalidad prestar al público usuario el mejor servicio posible, sin importar las causas que eventualmente alteren la circulación de los trenes.

Es decir; el personal debe conocer los elementos de la regulación de trenes que rigen la operación de una línea, aplicando los procedimientos adecuados para cada una de las perturbaciones que afectan los horarios de salida de trenes establecidos para cada línea.

La regulación en línea permite mantener entre los trenes que están circulando en línea, el valor del intervalo con que fueron despachados de la terminal; en casos de perturbación permite establecer un intervalo que afecte lo menos posible el servicio que se proporciona a los usuarios.

Las perturbaciones pueden ser provocadas por uno o varios, trenes que no respetan su horario de recorrido en línea.

El papel de la regulación en línea, es entonces conseguir en cada estación una sucesión regular de los trenes a intervalos definidos y según un programa preciso.

VI.3.3.1.- Principio de la regulación de horarios

A partir de la hora de salida anunciada del tren en la terminal, y en función de los tiempos de estacionamiento para cada estación, la regulación obliga al tren a respetar su horario de línea, ya sea:

- Deteniéndolo en estación mediante el D. B. O. durante el tiempo de estacionamiento programado.
- Acelerando la marcha del tren, si está retrasado.

Esta aceleración puede conseguirse de dos maneras:

- Disminución del tiempo de estacionamiento.
- Mando de velocidades aceleradas e interestación.

VI.3.3.2.-Principio de la regulación de intervalos

Esta regulación interviene cuando la regulación de horarios no es suficiente y el retraso de un tren llega a ser importante. La regulación de intervalos permite crear alrededor del tren perturbado unos intervalos tan regulares como sea posible delante y detrás de éste. Evita también la creación de intervalos demasiado importantes hacia adelante, y hacinamiento detrás del tren, repartiendo el retardo entre los trenes próximos; creando así un nuevo horario de línea entre cierta cantidad de trenes.

La importancia de la regulación en línea, consiste en mantener intervalos entre los trenes acordes a la demanda de servicio por parte de los usuarios, su correcta aplicación depende mucho de la atención del regulador a las perturbaciones que en la línea se presentan, del inspector en la salida de los trenes de las terminales y del Conductor en la estricta aplicación de la marcha tipo practica.

Una línea del Metro tiene la particularidad de que los viajeros que hacen uso de ella se presentan sin ninguna noción del horario con que circulan los trenes, cosa que no sucede en el caso de los Ferrocarriles en que, en cierto modo, es previsible conocer el número exacto de viajeros que un tren en particular va a transportar. Sin embargo, se puede considerar que para un período determinado la cantidad de usuarios es constante y continua, dicha cantidad se representa en viajeros por minuto; entonces, resulta claro que el intervalo entre los trenes es el que determina el número de usuarios que en un momento dado tienen acceso al andén de una cierta estación. De lo cual podrá deducirse que, cuando el intervalo entre dos trenes es superior al valor del intervalo previsto, el número de viajeros admitidos en el andén también será superior, el tiempo de estacionamiento aumentará y la situación podría llegar a ser crítica, ya que el tren retardado irá acumulando progresivamente mayor retardo y afectará en cierto grado la marcha de los trenes y, en consecuencia, la operación de la línea. La relación que expresa lo anterior, es la siguiente

$$N = n \times I$$

En donde:

N = La capacidad de un tren.

n = Número de viajeros/minuto.

I = Intervalo.

De esto se desprende, que la intervención de los directivos de la línea ante una perturbación en la marcha de los trenes, consistirá en:

- a. Tratar de mantener el valor del intervalo calculado *, lo más cercano posible del valor del intervalo previsto* *.
 - b. Tratar de dar lo más pronto posible, el valor necesario a la capacidad de transporte, de acuerdo al tráfico de usuarios en las estaciones.
- * Valor de intervalo, resultante de variaciones en los parámetros originales de explotación de una línea.
 - ** Valor de intervalo determinado para un período considerado

El estudio de la operación de una línea, implica el conocimiento de diversos elementos necesarios para la explotación comercial de la misma, los cuales son descritos a continuación.

VI.3.4.- Capacidad de transporte de una línea

La capacidad de transporte de una línea es el número de sitios ofrecidos por los trenes dando servicio a los viajeros en dicha línea.

VI.3.4.1.- Capacidad de transporte en un momento dado.

Considerando teóricamente que la capacidad de un tren de 3 elementos es de 1,500 viajeros, tendremos que la capacidad de transporte de una línea en un momento dado, será igual al producto del número de trenes de viajeros por la capacidad de un tren, expresándose

CT = No. de trenes x capacidad de un tren.

Es necesario aclarar, que si se desea hacer un cálculo mas exacto de la capacidad de transporte de una línea en un momento dado, habrá que descontar para ello a aquellos trenes de viajeros que por alguna causa no estén ofreciendo sus sitios; tales como trenes evacuados o trenes en cambios de vía.

VI.3.4.2.- Capacidad de transporte por hora

La capacidad de transporte por hora de una línea, es igual al producto del número de trenes que la recorren en "ese lapso, por la capacidad de un tren.

Para el cálculo de la capacidad de transporte por hora en una línea dada, se procede como sigue:

- a. Se determina el número de trenes expedidos, en la hora considerada, de la terminal "A".
- b. Se determina el número de trenes expedidos, en esa misma hora, de la terminal "B".
- c. Se totaliza el número de salidas y se multiplica por la capacidad de un tren. Representándose algebraicamente:

CT/H = N°T/hora x capacidad de un tren.

El valor así encontrado, nos dará el número de sitios ofrecidos por los trenes de la línea en cuestión, en el lapso de una hora.

VI.3.5.-LAS MARCHAS TIPO

VI.3.5.1.- Marcha tipo grafica

Este documento, como su nombre lo indica, es un conjunto de gráficas, las cuales se obtienen básicamente a partir de la aceleración, marcha libre y frenado para cada interestación.

VI.3.5.2.- Marcha tipo práctica

Es un documento establecido a partir de la marcha tipo gráfica de un tren y de los tiempos de estacionamiento asignados para cada estación, fija el horario que se debe respetar por los Conductores. Sólo comprende los tiempos acumulados en el trayecto

desde la terminal hasta la llegada a cada una de las estaciones de control. En principio existen 3 clases de marcha tipo práctica:

VI.3.5.2 a.- "Marcha A".

Que corresponde a las horas en que circula el mayor número de trenes (horas punta), y durante las cuales los conductores deberán tener especial cuidado de respetar los tiempos de permanencia en las estaciones; esto es, sin disminuir ni incrementar dichos tiempos, debiéndose hacer los ajustes que fueran necesarios durante el recorrido de las interestaciones.

VI.3.5.2 b.- "Marcha B"

Corresponde a las horas en que no circulan el mayor ni el menor número de trenes. Deberán ser respetados los tiempos de estacionamiento de cada una de las estaciones.

VI.3.5.2.c.-"Marcha C". - La cual corresponde a las horas en que circula el menor número de trenes (horas valle). Durante estos períodos los Conductores también deberán respetar los tiempos de estacionamiento establecidos para cada estación; sin embargo, si la demanda lo permite o lo requiere, estos tiempos pueden ser ligeramente modificados, siempre y cuando se realizan los ajustes necesarios a la marcha, considerando que la tolerancia máxima admisible es de 15 segundos para adelanto o atraso.

Además se tienen dos marchas tipo prácticas particulares, para ser utilizadas por indicación del P. C. C. en caso de falla parcial de la alimentación tracción:

VI.3.5.3.- Marcha serie.

La cual consiste en el empleo exclusivo de las posiciones T1, T2 y T3 del manipulador.

VI.3.5.4.- Marcha serie - paralelo o mixta.

Esta marcha autoriza el empleo excepcional de las posiciones T 4 y T5 del manipulador; en particular para aquellos trenes que presentan problemas de tracción, como es el caso de motrices inactivas o del abordaje de una fuerte rampa. Cuando se utilice la marcha serie o la marcha mixta debe conducirse manualmente.

VI.3.6.- DURACION DE CARRERA.

Es el tiempo que necesita un tren para recorrer la distancia entre dos terminales, ateniéndose a la marcha tipo práctica establecida. Se representa por las siglas "DC" acompañadas de los subíndices 1 ó 2, según la vía a que corresponda.

VI.3.6.1.- Tiempo de maniobra

Es aquel que necesita un tren para efectuar su maniobra de cambio de vía en terminales.

VI.3.6.2.- Maniobra "V".

Cambio de vía después de estación, tiene un valor teórico de 1 minuto 30 segundos dependiendo de la terminal y el tipo de maniobra (V1, V2 o V3) que se realice el valor

del tiempo puede variar.

VI.3.6.3.- Maniobra "O".

Cambio de vía antes de estación, para fines prácticos se le asigna un valor de 1 minuto.

El tiempo de maniobra se representa por las siglas "tm", seguidas del subíndice que identifica a la terminal (tm_A , tm_B).

VI.3.6.4.- Permanencia mínima.

Es el tiempo mínimo de permanencia de un tren en una terminal, comprende:

a. En maniobra "V":

- El tiempo teórico de estacionamiento en el andén de llegada para el descenso de usuarios: 30 segundos.
- El tiempo de maniobra: 1 minuto 30 segundos.
- El tiempo teórico de estacionamiento en el andén de salida para el ascenso de usuarios: 30 segundos.

b. En maniobra "O".

- El tiempo de maniobra: 1 minuto.
- El tiempo teórico de estacionamiento en el andén de salida para el ascenso y descenso de usuarios: 1 minuto.

La permanencia mínima se representa por las siglas "PM" generalmente acompañadas de un subíndice para identificar a la terminal a que corresponde (PM A' PMB' etc.)

VI.3.6.5.- Duración teórica de la vuelta.

Es el tiempo necesario para que un tren recorra la línea en dos sentidos y regrese a su punto de salida, ateniéndose a la marcha tipo práctica establecida y a los tiempos previstos para la permanencia mínima en terminales, comprende entonces:

- a. La duración de carrera por vía uno.
- b. La permanencia mínima en la terminal opuesta.
- c. La duración de carrera por vía dos.
- d. La permanencia mínima en la terminal de origen.

La duración teórica de la vuelta se representa por las siglas "DT" y puede calcularse mediante la expresión siguiente:

$$DT = DC_1 + PM_B + DC_2 + PM_A$$

VI.3.6.6.- Tiempo muerto por vuelta.

Es aquel que permite tener una cierta flexibilidad en la operación de una línea y con ello, absorber ligeros retardos en la marcha de los trenes .

En el establecimiento de los horarios se le introduce voluntariamente, siendo pequeño durante las horas de mayor tráfico y de un valor más importante en las horas de menor

tráfico.

El tiempo muerto por vuelta se encuentra repartido entre las dos terminales y no necesariamente debe tener el mismo valor en cada una de ellas. La repartición se efectúa en base a las condiciones locales de operación.

El tiempo muerto por vuelta se representa por las siglas "TMV" y puede calcularse mediante la expresión:

$$TMV = DR - DT$$

VI.3.6.7.- Duración real de la vuelta.

Es el tiempo que emplea un tren para recorrer la línea en los dos sentidos, ateniéndose a la marcha tipo práctica establecida, a los tiempos previstos para la permanencia mínima en terminales y al tiempo muerto por vuelta. Comprende entonces:

La duración teórica de la vuelta.

El tiempo muerto por vuelta.

La duración real de la vuelta puede calcularse mediante las expresiones:

$$DR = DT + TMV$$

$$DR = No. T \times I$$

No. T = Número de Trenes.

VI.3.6.8.- Tiempo muerto de terminal.

Se llama tiempo muerto de terminal a aquel que permite asimilar ligeros retardos en la marcha de los trenes que están por arribar a la misma. Dicho tiempo es materializado en el andén de salida, entre el fin de la permanencia mínima y la hora de partida del tren. Se representa con las siglas "TM seguidas de un subíndice para determinar a que terminal corresponde (TM_A TM_B etc.)

Es de suma importancia para los inspectores de Terminal conocer este elemento y las variaciones que sufre su valor, cuando se originan períodos de intervalos irregulares, producto por ejemplo de un cambio de marcha.

Para un determinado tren, el tiempo muerto de terminal puede conocerse mediante la expresión:

$$TMA = HSA - (HSB + OC2 + PMA)$$

En donde:

TM_A = TIEMPO MUERTO EN TERMINAL "A"

HS_A = HORA DE SALIDA DE TERMINAL "A" PARA UN TREN.

HS_B = HORA DE SALIDA DE TERMINAL "B" PARA EL MISMO TREN.

VI.3.6.9.- Intervalo.

El intervalo es el tiempo que existe entre la salida de dos trenes consecutivos de una misma terminal. Si la marcha tipo es respetada, el intervalo deberá mantenerse constante durante toda la carrera. Realmente, es el valor del intervalo, el que determina la capacidad de transporte de una línea. El intervalo entre trenes puede variar de una vía a otra, si el tráfico es diferente en los dos sentidos. Se representa por la sigla "I".

VI.3.6.10. - Distancia de seguridad.

La distancia de seguridad es aquel espacio que permite garantizar que las indicaciones que presentan las señales de espaciamiento o maniobra puedan ser respetadas; esto es, que dichas señales deben ser notadas desde un punto tal, que los trenes puedan detenerse con seguridad ante ellas, cuando presentan la indicación de alto.

Se representa por las siglas "DS", y se calcula mediante la expresión:

$$DS = 1.2 \times DFT$$

En donde, "DFT" representa la distancia de frenado teórico; es decir, el espacio que requieren los trenes para detenerse, en función de la velocidad a que se desplazan.

VI.3.6.11.- Tiempo de desbloqueo de una señal.

Se llama tiempo de desbloqueo de una señal en operación, al tiempo que existe desde que es puesta en alto por un tren, hasta el momento que vuelve a dar una orden permisiva, ocasionado por el desplazamiento del mismo tren. (FIG. No. 1).

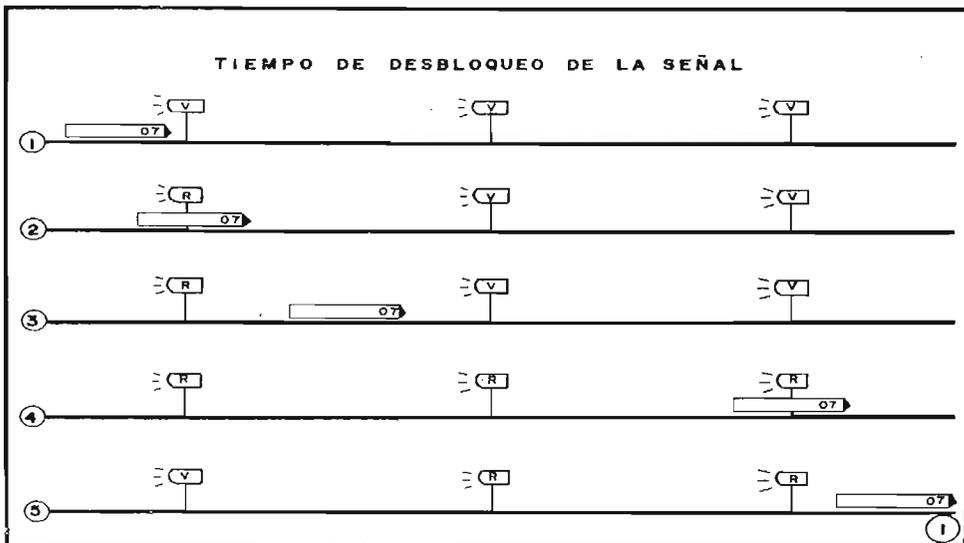


Figura VI-21

VI.3.6.12.- Intervalo mínimo.

En marcha normal, los Conductores de los trenes no deben ser obligados a ponerse en marcha lenta al ver una señal en alto; ella deberá entonces desbloquear cuando el tren se encuentra por lo menos a la distancia de seguridad de dicha señal.

LÍNEA	INTERVALOS			CAPACIDAD DE TRANSPORTE POR DÍA		
	MÍNIMO		MÁXIMO	HORA PUNTA	HORA VALLE	DÍA LABORABLE
	HORA PUNTA	HORA VALLE				
1	1' 55"	2' 10"	10' 00"	47,896	42,369	763,470
2	2' 10"	2' 30"	10' 00"	42,369	36,720	,670,140
3	2' 05"	3' 10"	10' 00"	44,064	28,989	665,550
4	5' 50"	5' 50"	15' 00"	15,737	15,737	279,990
5	4' 10"	5' 30"	15' 00"	22,032	16,691	327,420
6	5' 50"	5' 50"	15' 00"	15,737	15,737	275,400
7	4' 15"	4' 15"	15' 00"	21,600	21,600	373,320
8	2' 50"	3' 45"	10' 00"	32,400	24,480	514,080
9	2' 30"	4' 20"	10' 00"	36,720	21,185	480,420
"A"	2' 15"	3' 40"	10' 00"	27,200	16,691	468,180
"B"	3' 45"	4' 35"	12' 00"	24,480	20,029	397,800
RED	1' 55"	2' 10"	15' 00"	330,235	260,228	5,215,770

En la tabla anterior se presentan los intervalos que operan en las líneas de la red los cuales son el resultado de los análisis descritos.

Se llama intervalo mínimo a aquel que no afecta la marcha de los trenes.

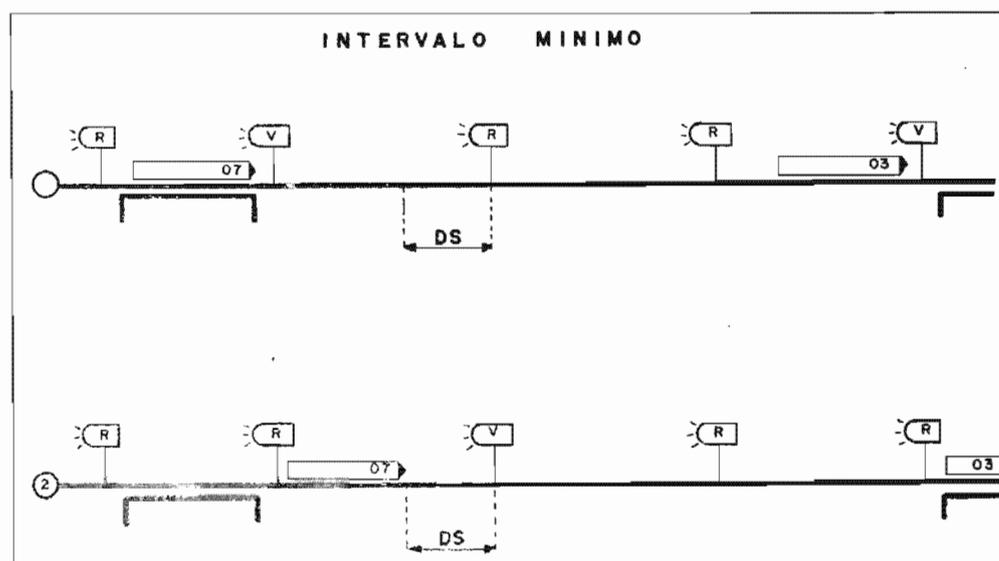


Figura VI-22

VI.3.6.13.- TIEMPO DE VISIBILIDAD

Se da el nombre de tiempo de visibilidad de una señal a aquel que necesita un tren para recorrer la distancia de seguridad aplicando la marcha tipo teórica; es decir en condiciones ideales de circulación.

El tiempo de visibilidad se representa por las siglas "TV".

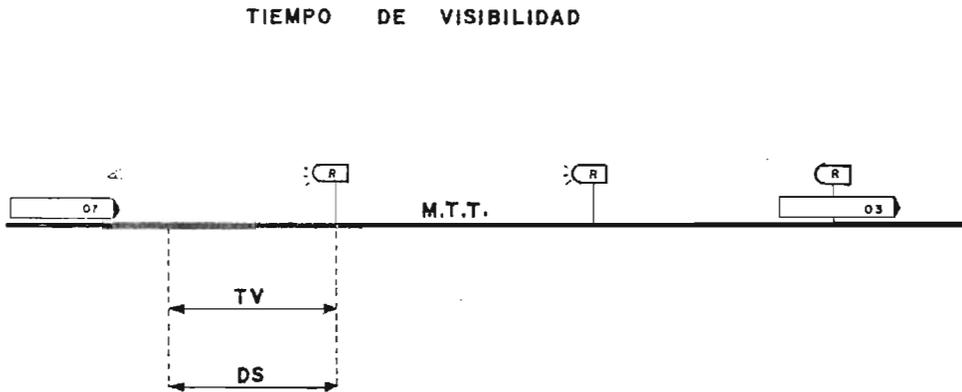


Figura VI-23

VI.3.6.14.- Intervalo mínimo para una señal dada.

El intervalo mínimo para una señal dada (entre dos trenes sucesivos) es igual a la suma del tiempo de desbloqueo y del tiempo de visibilidad (FIG. No.VI-24).

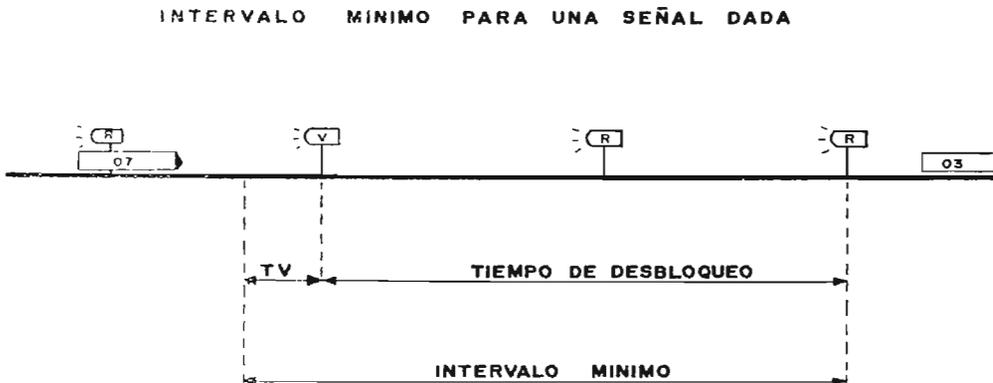


Figura VI-24

VI.3.6.15.- Tiempo muerto local a la altura de una señal.

Se llama tiempo muerto local a la altura de una señal, a la diferencia existente entre el intervalo de los trenes en un periodo considerado y el intervalo mínimo permitido por la señal.

El tiempo muerto local permite absorber las débiles variaciones de velocidad entre los trenes y el aumento del tiempo de permanencia sobre un circuito de vía, sin perturbar la marcha del tren siguiente.

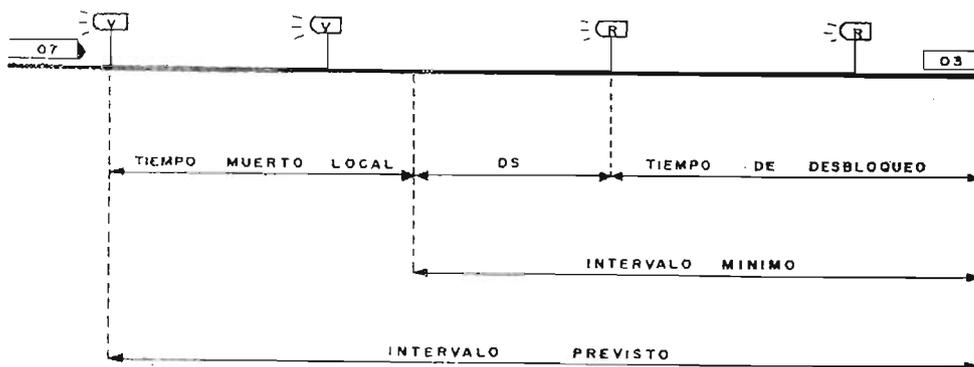


Figura VI-25

VI.3.6.16.- Intervalo máximo.

Se llama intervalo máximo a aquel que se considera aceptable para los viajeros y la capacidad de los andenes. Se encuentra determinado por el valor mínimo del tráfico de usuarios.

VI.3.7.- CAPACIDAD DE TERMINAL.

Es el número máximo de trenes que pueden estacionarse en la terminal. Comprende además de la capacidad de estación, el número de sitios ofrecidos por las vías de garaje.

Durante el servicio, hay que disminuir de este número las posiciones de garaje del itinerario de cambio de vía.

EJEMPLOS:

- Pantilán I. - Tiene una capacidad de terminal de 13 trenes, ya que en ella es posible estacionar a éstos, en los CDV's 12, 14, 16, 22, 24, 26, 42, 44, 46, 62, 64, 34, 36 (VIA 3). Naturalmente en las horas de explotación esta capacidad se ve reducida a 9 trenes.
- Observatorio. - Tiene una capacidad de terminal de 10 trenes, dado que en ella es posible estacionados en los CDV'S 12, 14, 22, 24, 34, 44, 54, 64, 84 y 104. En las horas de servicio esta capacidad es de 7 trenes, en virtud de que los CDV's 12, 14 y 22 son utilizados para la maniobra de cambio de vía.

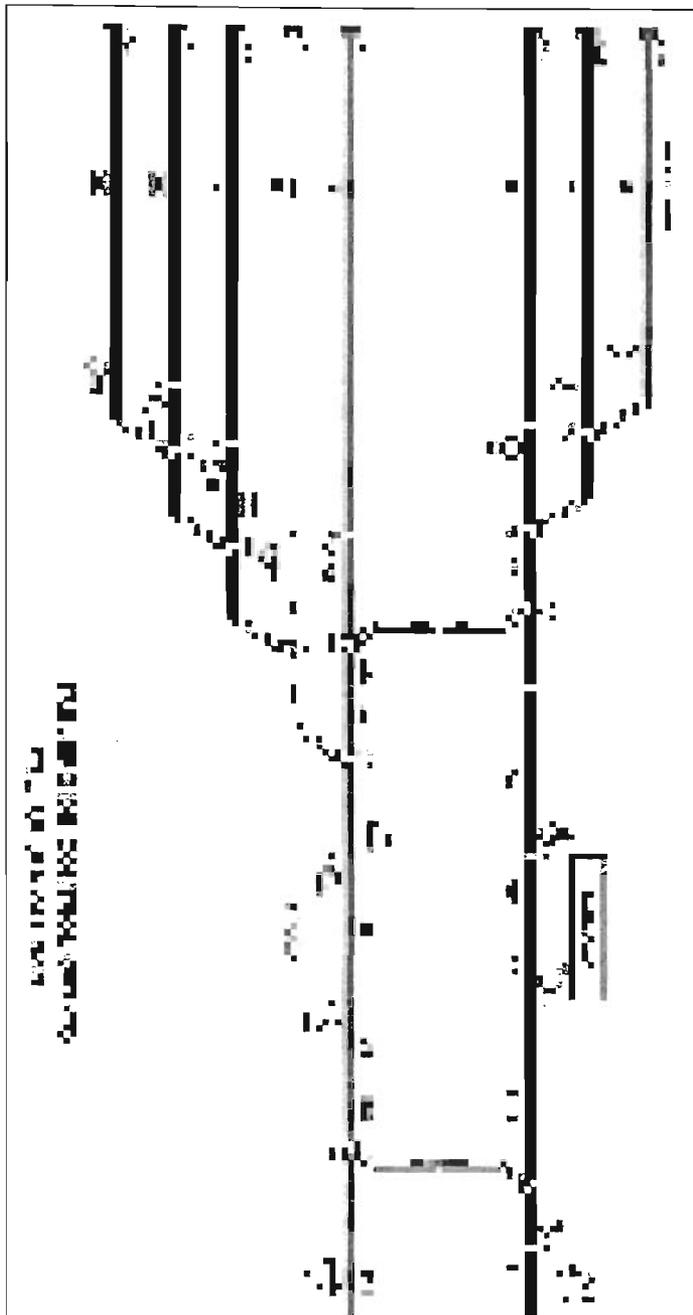


Figura VI-27

VI.3.8.- TIEMPO MUERTO MAXIMO

Se denomina tiempo muerto máximo, a aquel que no ocasiona repercusión sobre la marcha de los trenes que están por llegar a la terminal.

El tiempo muerto máximo depende de la capacidad de estación, del intervalo entre los trenes y de la implantación de las señales.

VI.3.9.- ELABORACIÓN DE HORARIOS

En diversas ocasiones, los agentes de Transportación se ven precisados a elaborar horarios de salida de trenes, debido a las perturbaciones que sufre la operación de una línea al producirse un incidente que afecte directamente el tráfico y por lo cual no sea posible operarla con los elementos previstos (valor de intervalo entre trenes, tiempo muerto, etc.) inicialmente en los horarios establecidos. Por ello, es absolutamente necesario que tales agentes puedan determinar con rapidez y precisión los nuevos elementos de los horarios a realizar.

Para poder elaborar un horario de salida de trenes deben conocerse los elementos siguientes:

• Número de trenes a circular	N°T
• Intervalo entre trenes.	I
• Duración teórica de la vuelta.	DT
• Duración real de la vuelta.	DR
• Tiempo muerto por vuelta.	TM
• Tiempo muerto en terminal "A"	TMA
• Tiempo muerto en terminal "B"	TMB
• Duración de carrera por vía 1. Duración de carrera por vía 2.	DC2
• Permanencia mínima en terminal "A".	PMA
• Permanencia mínima en terminal "B".	PMB

Indudablemente, algunos datos son necesariamente proporcionados por el Regulador de la línea afectada, ya que es el único que dispone de los medios adecuados para determinar el valor de los mismos.

En consecuencia, podría establecerse un procedimiento general para elaborar un horario de salida de trenes, cuando no se reúnen las condiciones normales de operación.

Supongamos que al inicio del servicio en una línea determinada, se presenta un incidente que no permite operar en condiciones normales, Este hecho ocasiona que los agentes de terminal participen en la elaboración de los nuevos horarios, para lo cual deberán trabajar en forma conjunta con el Regulador del P.C.C.

En términos generales, se deberá proceder de la manera siguiente:

- a. Los agentes de terminal solicitarán al P.C.C. la información sobre:
 1. El número de trenes que circularán.
 2. El tiempo, muerto por vuelta.
 3. El tiempo muerto en terminales.
 4. El tipo de maniobra a efectuarse en terminales.
- b. Considerando el valor de los elementos anteriores, los agentes de terminal procederán a calcular el intervalo entre trenes a aplicar.
- c. Conocido el valor del intervalo entre trenes procederán a elaborar el nuevo horario, para esto será necesario considerar los puntos siguientes:
 1. El horario de salida de los primeros trenes de terminales deberá ser (de ser posible) el mismo que marcan los horarios establecidos inicialmente.
 2. Que el valor del intervalo calculado, no varié en más de la tercera parte del valor del intervalo previsto.
 3. La repartición del tiempo muerto por vuelta deberá respetarse, ya que es realizada considerando las condiciones locales de operación de cada una de las terminales.

VI.3.10.- LOS DOCUMENTOS TECNICOS

Con la suma de los conceptos mencionados se elaboran los documentos técnicos que rigen la operación de una línea de metro y que constituyen el programa diario de actividades para la correcta explotación de una línea estos documentos son:

- Programa de salidas de terminal
- Programa de entradas y salidas de garaje
- Hoja de servicios
- Rolamientos de trabajo

VI.3.10.1.- Programa de salidas de terminal

Es un programa horario para cada una de las terminales el cual debe respetarse cabalmente a efecto de mantener la línea sin retrasos.

Cada terminal tiene su programa ambos programas son complementarios; el Regulador del PCC cuenta con cada uno de los programas para vigilar su cumplimiento y adicionalmente la Programadora General de Tráfico (PGT) contiene un software con dicho programa que permite vigilar el recorrido de los trenes y sus salida puntuales de ambas terminales en forma automatizada.

Este programa es el resultado de combinar el máximo número de trenes, su ingreso y salida de los mismos a lo largo del horario de servicio contemplando en todo momento satisfacer la demanda de servicio y la hoja de servicios que contiene las actividades de cada uno de conductores ensu jornada de trabajo durante el horario de servicio.

VI.3.10.2.- Hoja de servicios

Una vez conocido el número de trenes que solventará la demanda del servicio y después de elaborar el polígono de carga que determina el número de trenes suficiente para el servicio, se procede a elaborar las hojas de servicios una para cada terminal siendo estas complementarias para lo cual se tienen las siguientes consideraciones:

- Jornada de trabajo de 7.5 horas para los turnos 1° y 2° y 6.5 horas para el 3er. Turno por ser horario de trabajo mixto el cual, en base a la Ley Federal del Trabajo, debe de ser un horario menor.
- Horario de toma de alimentos de 40 minutos
- Tolerancia de 10 minutos en la hora de entrada
- Máximo 6 horas de conducción en base a una recomendación de orden internacional por los efectos de trabajo en áreas reducidas; el caso de la cabina de conducción de un tren de metro es de 1.5 metros cuadrados cuyo trabajo se desarrolla en un 70 % de los casos en túnel.
- En base al punto anterior es de suma importancia la duración de la vuelta de la línea ya que esto determina el máximo número de vueltas que puede desempeñar un conductor durante su jornada de tal manera que si la vuelta de una línea es de una hora el conductor solo podrá desempeñar 6 vueltas a lo largo de su jornada si la duración de la vuelta es mayor o menor a una hora ese valor determinará el máximo número de vueltas sin exceder 6 horas en una cabina de conducción.

En consecuencia la hoja de servicios combina las vueltas de todo el horario de servicio con el número de conductores.

VI.3.10.3.- Rolamientos de trabajo

El resultado del número de vueltas para satisfacer la demanda del servicio, determina el número de conductores para manejar los trenes durante los 365 días del año esto da como resultado la elaboración de un rolamiento de trabajo que permite repartir las cargas de trabajo entre el personal de conductores de manera equitativa en la medida de lo posible, considerando los siguientes aspectos

- 5 días de trabajo
- 2 días de descanso
- 4 semanas con servicio de conducción asignado
- 1 semana como personal de reserva para satisfacer eventualidades y sin servicio de conducción asignado

VI.3.11.- LA CAPACITACIÓN

Uno de los puntos más importantes para cualquier empresa es la capacitación; para un sistema de transporte cuya responsabilidad es la transportación de pasajeros de manera rápida y segura resulta obligada una capacitación constante por esa razón el personal de transportación Reguladores, Inspectores Jefes de Estación y conductores deben de cumplir procesos de capacitación antes de ingresar a cada una de esas

categorías laborales y a lo largo de su vida laboral reciben actualización en las diferentes disciplinas, algunas de las cuales se han mencionado en este trabajo las cuales son:

- Distribución de la Energía Eléctrica
- Señalización
- Regulación de trenes
- Material Rodante
- Circulación de trenes
- Atención de Averías del Material Rodante
- Seguridad Industrial

VI.3.12.- LAS JEFATURAS DE LINEA

Las jefaturas de línea juegan un papel muy importante en la explotación de una línea ya que es el personal de la jefatura de línea el responsable de;

- Con base en los documentos técnicos, elabora los programas diarios de trabajo
- Administrar las prestaciones del personal asignado a la línea
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo
- Supervisar la correcta actuación del personal
- Supervisar el correcto funcionamiento de los equipos y trenes
- Atender los incidentes que se presenten dentro y fuera de los horarios de servicio
- Elaborar dictámenes técnicos de los incidentes a efecto de deslindar responsabilidades

En consecuencia este personal debe contar con la preparación técnica adquirida en las diferentes escuelas de nivel superior y los adquiridos por el propio organismo para la explotación de la línea de metro.

La línea mas larga es la nueva línea "B" con 23.722 kilómetros y la mas corta es la línea 4 con 10.47 kilómetros, la longitud de cada una de las líneas de la red se presenta en la siguiente tabla.

LÍNEA	SUBTERRANEO	SUPERFICIAL	ELEVADO	OPERACIÓN	SERVICIO	TOTAL
1	16.786	0.916		17.702	16.654	18.828
2	12.550	9.456		22.006	20.713	23.431
3	18.145	4.449		22.594	21.278	23.609
4		1.312	9.435	10.747	9.363	10.747
5	4.951	10.724		15.675	14.435	15.675
6	11.858	1.146		13.004	11.434	13.947
7	17.754	0.646		18.400	17.011	18.784
8	14.301	5.073		19.374	17.679	20.078
9	9.531		9.913	14.444	13.033	15.375
"A"	2.041	15.151		17.192	14.893	17.192
"B"	5.380	12.680	4.185	22.245	20.278	23.722
RED	113.297	61.553	18.533	193.383	176.771	201.388

Con 175 estaciones se da servicio diariamente a cerca de 4.5 millones de usuarios atendiendo en promedio anualmente a 1,396'408,190 usuarios.

CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES				
LÍNEA	SUBTERRANEAS	SUPERFICIALES	ELEVADAS	TOTAL
1	19	1	0	20
2	14	10	0	24
3	17	4	0	21
4	0	2	8	10
5	4	9	0	13
6	10	1	0	11
7	13	1	0	14
8	14	5	0	19
9	8	0	4	12
"A"	1	9	0	10
"B"	6	11	4	21
RED	106	53	16	175

Con los datos del año 2002, cabe destacar que las líneas 1, 2 y 3 se transportaron 792.46 millones de usuarios; es decir, el 56.75 % de pasajeros de la red, viajó en el 33.18 % de la longitud de la red; siendo en estas líneas donde circula el 44.37 % de los trenes en operación y la aportación de afluencia de cada línea en el 2002 fue como se indica en la siguiente tabla.

LUGAR	LÍNEA	AFLUENCIA	%DEL TOTAL (1,396'408,190)
1°	1	277'768,433	19.89%
2°	2	274'185,883	19.64%
3°	3	240'509,206	17.22%
4°	8	111'909,083	8.01%
5°	9	104'437,290	7.48%
6°	"B"	100'263,110	7.18%
7° a 11°	7, 5, "A", 6,4	287'335,185	20.58%

En días laborables, el servicio ofrecido por el metro de la ciudad de México es para cubrir las plazas de 246 trenes con 3,562 vueltas; en días sábados con 196 trenes y 3,100 vueltas y finalmente en días domingos y días festivos con 170 trenes y 2541 vueltas; siendo el servicio por cada línea como se indica en la siguiente tabla:

LÍNEA	LABORABLES		SABADOS		DOMINGOS Y FESTIVOS	
	TRENES	VUELTAS	TRENES	VUELTAS	TRENES	VUELTAS
1	37	499	33	476	24	319
2	38	438	36	439	25	287
3	40	435	27	328	21	239
4	7	183	7	182	7	174
5	13	214	10	192	10	183
6	8	180	8	179	8	172
7	14	244	11	196	11	175
8	24	336	18	292	18	264
9	21	314	12	247	12	223
"A"	23	459	16	337	16	309
"B"	21	260	18	232	18	196
RED	246	3,562	196	3,100	170	2,541

El metro de la ciudad de México a lo largo de su 35 años de vida ha obtenido diferentes tipos de trenes tanto de rodadura neumática como de rodadura férrea teniendo a la fecha 269 trenes más 18 carros neumáticos y 33 trenes más 6 carros de rodadura férrea, explicándose en detalle en la siguiente tabla.

MATERIAL	PROCEDENCIA	TIPO	M	N	R	TOTAL
MP-68R93	FRANCESA	JH	52	104	78	234
MP-68RP6	FRANCESA	JH	66	129	97	292
NM-73	MEXICANA	JH	22	44	33	99
NM-73B	MEXICANA	JHR	54	105	78	237
NM-79	MEXICANA	CHOPPER	117	233	177	527
NC-82	CANADIENSE	CHOPPER	40	80	60	180
MP-82	FRANCESA	CHOPPER	50	100	75	225
FM-83	MEXICANA	CHOPPER	61	122	91	274
FM-83B	MEXICANA	CHOPPER	50	101	73	224
FM-86	MEXICANA	CHOPPER	40	40	40	120
NE-92	ESPAÑOLA	CHOPPER	33	65	49	147
FM-95	MEXICANA	ASINCRONO	26	26	26	78
TOTALES			611	1,149	877	2,637

Para estar en posibilidad de operar un sistema de transporte de estas magnitudes se ha ido incrementando la plantilla del personal de tal suerte que hasta el 2002 se contaba con 14,697 trabajadores los cuales están distribuidos como se indica en la tabla.

DEPENDENCIA	BASE	CONFIANZA	EVENTUAL	TOTAL
DIRECCIÓN GENERAL	16	22	0	38
CONTRALORÍA INTERNA	47	38	0	85
GERENCIA JURÍDICA	16	41	0	57
GERENCIA DE VIGILANCIA	10	1,303	126	1,439
GERENCIA DE PLANEACIÓN	4	12	0	16
GERENCIA DE COM. SOC.	36	30	12	78
SUDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA	5	11	0	16
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN	242	59	1	302
GERENCIA DE LÍNEAS 1, 3 Y 4	1,140	111	0	1,251
GERENCIA DE LÍNEAS 2, 5, 6 Y "B"	1,353	109	0	1,462
GERENCIA DE LÍNEAS 7, 8, 9 Y "A"	1,234	202	0	1,436
GERENCIA DE MANTTO. AL MATERIAL RODANTE	1,597	211	3	1,811
GERENCIA DE INSTALACIONES FIJAS	2,212	347	4	2,563
GERENCIA DE INGENIERÍA Y DESARROLLO	66	120	11	197
SUBDIRECCIÓN GRAL. DE ADMON. Y FINANZAS	9	13	3	25
DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN	8	8	1	17
GERENCIA DE RECURSOS FINANCIEROS	688	38	8	734
GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS	465	106	29	600
GERENCIA DE RECURSOS MATERIALES	2,322	34	19	2,365
DIRECCIÓN DE PROG. Y PRESUPUESTO	3	13	0	16
GERENCIA DE PRESUPUESTO	15	32	1	48
GERENCIA DE ORGANIZACIÓN Y SISTEMAS	36	34	0	70
GERENCIA DE CONTABILIDAD	49	12	0	61
TOTAL	11,573	2,906	218	14,697

A esta plantilla hay que agregar al personal que trabaja en labores de seguridad y vigilancia de las instalaciones que es el personal de las diferentes corporaciones de la policía quienes trabajan mediante contrato siendo estos 2,549 con los que hacen un total de 17,249 trabajadores.

VII.2.- RECOMENDACIONES

• FOMENTAR UNA CULTURA DE METRO

Con todo lo aquí expuesto se pretende sembrar la inquietud de conocer un poco más de las aplicaciones de la ingeniería en los sistemas de transporte metropolitano en sus diferentes soluciones pero, principalmente, fomentar una cultura de metro para que en las grandes ciudades se resuelva el transporte masivo ya que con la implantación de estos sistemas se tienen innumerables ventajas como con entre otras:

- Disminución de la contaminación
- La capacidad de transportación muy superior que la de los sistemas tradicionales
- El transporte eléctrico es mucho menos contaminante que los de motor de combustión interna
- Disminución de los congestionamientos viales

Por todo lo anterior es importante fijar la atención en cada una de las especialidades de un sistema de transporte metropolitano que permita mejorar sus diferentes disciplinas lo que en el mediano y largo plazo puede generar una industria nacional que fomente el crecimiento de estos sistemas en las principales ciudades como ya está sucediendo en las ciudades de Guadalajara y Monterrey; sin embargo las ciudades cercanas al Distrito Federal como son Toluca, Puebla, Querétaro, Cuernavaca, Pachuca; día a día van creciendo a tal grado que su transportación masiva cada vez es menos eficiente esto nos permite sugerir la implantación de una red de metro que en el largo plazo se pueda enlazar a la red del metro de la ciudad de México por medio de líneas ferroviarias de gran velocidad.

• MANTENIMIENTO DE LAS LÍNEAS EXISTENTES

Sin duda el sistema de transporte colectivo de la ciudad de México, es uno de los más eficientes a nivel mundial; esto no es un título ganado de forma gratuita sino que es el resultado de los sistemas de mantenimiento preventivo y correctivo que se han aplicado a lo largo de los casi 35 años de servicio; sin embargo es de suma importancia dar mantenimiento mayor e integral a las principales líneas de la red; como ya sucedió en la línea 2 con la sustitución de la plataforma de sustentación de su tramo superficial; no obstante lo anterior es necesario mejorar dichos programas de mantenimiento de tal suerte que el mantenimiento siendo un gasto, se convierta en una inversión cuya utilidad de cómo resultado cero fallas en todos los aspectos; para esto resulta indispensable aplicar ingeniería de mantenimiento; esto es:

- Establecer un sistema de logística de suministro de materiales y refacciones
- Llevar a cabo estudios de frecuencia en la aplicación del mantenimiento preventivo de tal suerte que disminuya el mantenimiento correctivo.

También es necesario considerar el mantenimiento integral de la red en los siguientes aspectos:

- Estudio de la estructura de la infraestructura de la obra civil
- Mantenimiento de la obra civil
- Mantenimiento y/o sustitución de los elementos de la vía
- Mantenimiento y modernización de los sistemas de señalización
- Mantenimiento y modernización del material rodante

Con la adopción de estas recomendaciones es posible contar con un sistema de transporte mas eficiente; esto implica contar con los recursos económicos necesarios ya que este mantenimiento integral es tan costoso que impedirá el crecimiento de la red ya que las autoridades se encuentran ante la disyuntiva de construir mas líneas de metro o mantener las existentes; sin embargo el crecimiento de la red es inminente ya que adicionalmente la construcción genera fuentes de trabajo y en consecuencia denota desarrollo.

VII.2.3.- Promoción de una solución integral del transporte metropolitano

Como ya se ha mencionado es importante llegar a las metas planteadas en el plan maestro del metro y tren ligero ya que esto plantea una solución integral de la transportación masiva de la ciudad de México; sin embargo debido a que el movimiento urbano cambia constantemente, es necesario llevar a cabo estudios constantes de estos lo que traerá como consecuencia posibles modificaciones al trazo de las líneas planteadas en el plan maestro pudiendo incluso eliminar alguna de ellas y sustituirla por una nueva acorde a las necesidades vigentes.

VII.2.4.- Modernización de la comunicación desde cualquier punto del túnel

Un sistema de comunicación en túnel permitirá una comunicación instantánea lo que redundará en el reporte oportuno de fallas y una solución expedita con lo que se lograrán mejores grados de eficiencia.

VII.2.5.- MODERNIZACIÓN DEL PILOTAJE AUTOMÁTICO DE 135 KILOHERTZ

El sistema de pilotaje automático del metro de la ciudad de México, tiene casi 25 años de operar; en el año de 1980 su tecnología era la tecnología de punta; en la actualidad sigue funcionando con seguridad; pero su mantenimiento cada vez es más complicado ya que sus elementos electrónicos, resultan mas difíciles de sustituir. En consecuencia es necesario que basado en el mismo principio de manejo de frecuencias se desarrolle un sistema de pilotaje mejorado y modernizado.

VII.2.6.- Proporcionar capacitación constante en cada uno de los centros de trabajo, y promoción de una nueva cultura laboral.

Es un hecho que en metro de la ciudad de México, la capacitación ha sido una preocupación permanente; sin embargo los cursos de actualización se dan en el Instituto de Capacitación y Desarrollo INCADE con períodos regulares de una vez al año; sin embargo es de considerar que debido a la responsabilidad del personal a cargo de la operación, la capacitación debe de ser permanente en cada una de las áreas de trabajo considerando el apoyo de personal especializado en psicología, quien deberá elaborar las diferentes evaluaciones, debiendo incluir además de la capacitación técnica, motivación, desarrollo humano y refuerzo de valores lo anterior con la filosofía

de fomentar mejores seres humanos en todos los aspectos y en consecuencia es posible adoptar una nueva cultura laboral.

VII.2.7.- Modificación de las terminales a tres vías y dos andenes.

Todas las líneas del metro de la ciudad de México cuentan con una terminal de tres vías dos andenes y otra terminal con dos vías dos andenes; excepto la línea tres que en sus dos terminales tiene tres vías dos andenes; esta situación permite a esta línea mantener altos índices de eficiencia al tener una serie de posibilidades de explotación de la terminal.

Como ejemplo se puede mostrar la línea 1 que en la terminal Pantitlán cuenta con tres vías dos andenes y en observatorio con dos vías dos andenes

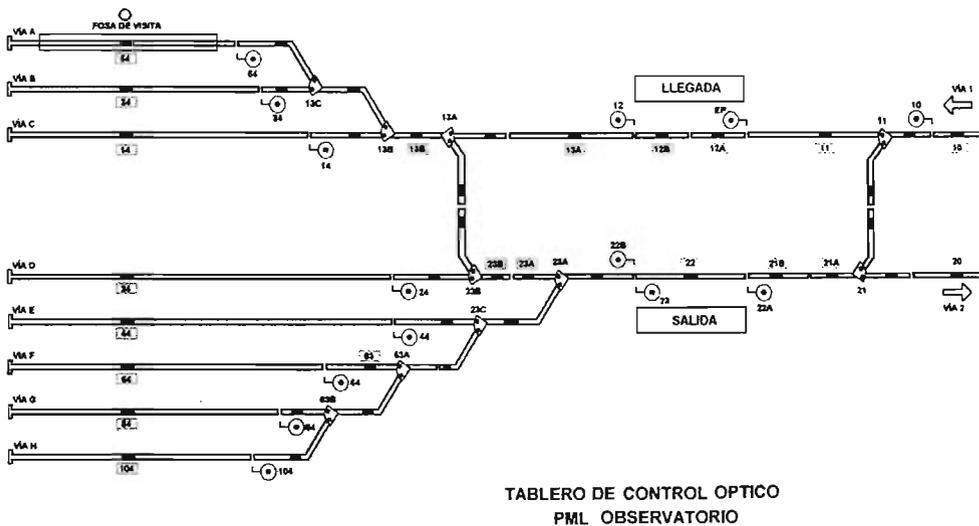


Figura VII-2

En la terminal Observatorio únicamente es posible ejecutar las maniobras:

- V1 (10-12, 12-14, 14-22, 22-20)
- O (10-22, 22-20)

El diseño de la terminal Pantitlán, permite la realización de las maniobras:

V1	(10-12, 12-24, 24-42, 42-20)
V2	(10-12, 12-24, 24-22, 22-20)
V3	(10-22, 22-24, 24-42, 42-20)
0	(10-22, 22-20)

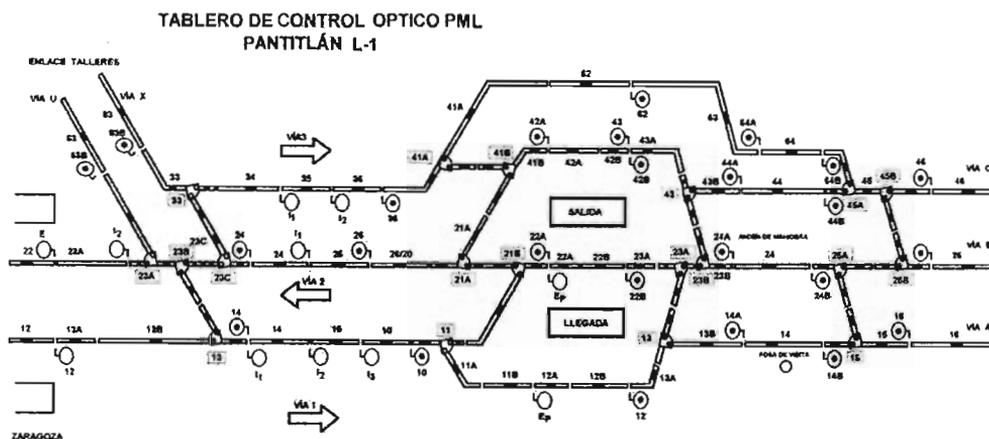


Figura VII-3

se observa claramente que las terminales con tres vías y dos andenes tienen más posibilidades de maniobras por lo que se recomienda que las líneas que ya no van a tener ampliaciones y cuenten con terminales de dos vías dos andenes las modifiquen a tres vías dos andenes con lo que se lograrían los siguientes beneficios:

1. Cumplimiento del intervalo programado
2. Evitar la acumulación de trenes en sección tapón, por falta de funcionalidad en la operación de la actual terminal de 2 vías, 2 andenes.
3. Se generaría un cambio total en la imagen haciéndolas más funcionales en la operación de la estación y brindando mayor confort al público usuario.
4. Se optimizarían los recursos al requerirse menor número de personal.
5. Se mejoraría en gran medida la calidad del servicio.
6. Dadas las condiciones de espacio y distribución de la nueva terminal con mayor cantidad de posiciones para estacionar trenes, se conseguiría equilibrar las cargas de trabajo para las dos terminales de la Línea que en estos casos son del 27% para la terminal de destino y 73% para la terminal de origen quedando en un 40% y 60% respectivamente.

VII.2.8.- Promover en el mediano y largo plazo una cultura ferroviaria a fin de establecer una red a nivel nacional

Es importante pensar en el mediano y largo plazo en el establecimiento de una red ferroviaria con trenes de alta velocidad para la transportación tanto de carga como de pasajeros ya que desafortunadamente, la mayoría de la transportación en todos sus aspectos se lleva a cabo por carretera con las consecuencias principalmente

económicas que esto conlleva lo que adicionalmente aumenta las necesidades de mantenimiento de la red de carreteras y el tránsito en ellas debido a que los vehículos pesados hacen más tortuosos los viajes y aumentan las posibilidades de accidentes que también desafortunadamente son de consecuencias fatales; si es posible desarrollar una red ferroviaria que cubra los puntos de interés se mejorarían en gran medida las condiciones de operación de la red carretera.

La problemática a enfrentar sería la siguiente:

- Afectación al sector de la transportación de carga: sin embargo los transportistas además de invertir en la red ferroviaria pueden dar servicio local con lo que alargarían la vida útil de sus unidades y disminuiría el tránsito y la contaminación
- La geografía nacional en su mayoría compuesta por montañas dificulta la construcción; sin embargo en la actualidad es posible la construcción de túneles de grandes longitudes y puentes de gran envergadura que permiten salvar esta problemática
-

De lograr esta red ferroviaria se obtendrán los siguientes beneficios

- Disminuir la contaminación ambiental
- Reducir el tránsito en las carreteras y autopistas y hacerlas más seguras
- Mejorar la transportación masiva hacia los puntos de interés turísticos, industriales y/o comerciales.
- Agilizar la transportación de productos perecederos
- Disminuir el tiempo de traslado ya que con los trenes de alta velocidad se tiene una velocidad comercial de 300 kilómetros por hora.
- Aumentar la capacidad de transportación de pasajeros por que para igualar la transportación de un tren que puede ser de hasta 1000 pasajeros, en promedio se requieren 25 autobuses; sin embargo el tiempo de recorrido es mucho menor en un tren que en un autobús.

Independientemente de los beneficios mencionados es claro que habrá un avance económico importante ya que es posible conectar entre sí a todos y cada uno de los puntos de interés ya sea culturales, turístico, industriales o comerciales.

Como ha podido observarse a lo largo de este trabajo la intención ha sido en todo momento crear la inquietud para conocer un poco más de los sistemas de metro, esto puede conducir al lector hacia el interés de mejorar, modernizar o bien diseñar nuevos proyectos enfocados a hacer más eficientes los sistemas actuales.

GLOSARIO

ALCU	Alimentación de corte de urgencia.
AISLADOR	Elemento de poliéster reforzado con fibra de vidrio que fija y soporta la barra guía y proporcionar aislamiento eléctrico.
AM	Aparato manual.
APARATO DE VÍA	Conjunto de elementos que ensamblados entre sí permiten el paso del material rodante de una vía a otra.
AT	Alta tensión.
BALASTO	Material granulado, producto de la trituración y clasificación de la piedra, que sirve para transmitir a la estructura de apoyo las cargas transmitidas por el material rodante, oponerse al desplazamiento longitudinal y transversal de la vía, asegura el drenaje y evacuación de las aguas de lluvia o filtradas, constituye un amortiguador de vibraciones y permite la renivelación de la vía.
BARRA GUÍA	Perfil metálico, cuya función es servir de guía al material rodante y como conductor de la energía eléctrica de tracción, además sirve de soporte mecánico al tapiz del pilotaje automático y se emplea para la telefonía de alta frecuencia.
CAL	Contactador de alimentación de línea.
CAZ	Contactador de alimentación de zona.
CC	Centro de Comunicaciones.
CDV	Circuito de vía.
CEE	Control de Energía Eléctrica.
CL	Condiciones de línea y/o corte de línea.
CS	Contactador de seccionamiento.
CT	Contactador terminal.
CTP	Contactador tramo de protección.
CTR	Contactador talleres el Rosario.
CTT	Contactador talleres Ticomán.
CU	Corte de urgencia.
CUFS	Corte de urgencia fuera de servicio.
CUPÓN NEUTRO	Es un dispositivo de dos o más bloques aislantes que secciona eléctricamente la barra guía, aislando una sección de otra.
CZ	Condiciones de zona y/o corte de zona.
DBO	Despacho bajo orden.
DHT	Disyuntor de alta tensión.
DL	Disyuntor de línea.
DMT	Disyuntor de mediana tensión.
DNB	Detector de neumático bajo.
DV	Disyuntor de vía.
DVE	Disyuntor de vía de enlace.
DVS	Disyuntor de vías secundarias.
DVT o DVVS	Disyuntor de vías taller o disyuntor de vía vías secundarias.

ELEMENTOS DE VÍA	Todos los componentes y dispositivos empleados en la instalación del sistema de vías.
ENTREVÍA:	La distancia que hay entre los ejes de dos vías paralelas.
ESFUERZOS SOBRE LA VÍA	Todas las fuerzas aplicadas a la vía por efecto de la circulación y peso de los trenes, temperatura ambiente, deformaciones del terreno y fuerzas internas de los materiales que la conforman.
END POST	Separador aislante para riel o pista metálica.
FOSA DE VISITA	Cajón construido por debajo de la vía, que permite efectuar la revisión y mantenimiento de los carros del Metro.
HONGO DEL RIEL	Parte superior del riel, sobre la cual puede circular la rueda metálica de seguridad y el material rodante férreo.
IAT	Interruptor de aislamiento telecontrolado.
IAZ	Interruptor de aislamiento de la vía "Z".
IT	Interruptor de terminal.
ITP	Interruptor tramo de protección.
IVE	Interruptor de vía de enlace.
IVS	Interruptor de vías secundarias.
IVST-I ó 2	Interruptor de vías secundarias a talleres 1 ó 2.
JUNTA AISLANTE	Conjunto de elementos que seccionan al riel y la pista de rodamiento por medio de un separador aislante, formando los circuitos de vía para señalización.
JUNTA MECANICA	Conjunto de elementos cuya finalidad principal es asegurar la unión mecánica de los tramos de pista y riel.
MURETE	Elaborado de concreto, divide longitudinalmente a las dos vías de las estaciones, tiene una altura promedio de 1.80 metros, su finalidad es evitar que un tren descarrilado, invada a la vía adyacente. Su continuidad se ve suspendida en aquellos lugares donde existen aparatos de vía y cada 100 metros aproximadamente donde existe una comunicación con la otra vía.
KA	Kilo amperes.
LFC	Luz y Fuerza del Centro.
PERFIL	Es la representación de la trayectoria de la vía en elevación (perfil) con sus respectivas rampas, pendientes y curvas verticales existentes.
PCC	Puesto Central de Control.
PCL	Puesto de Control de Línea.
PDC	Puesto de Despacho de Carga.
PERALTE	Para contrarrestar la fuerza centrífuga, el riel de la fila de radio mayor se ubica a unos centímetros más arriba que el nivel correspondiente al riel de la fila de radio menor. A este desnivel se le denomina "Peralte".
PISTA DE RODAMIENTO	: Perfil metálico, por el cual circulan los neumáticos del material rodante. Recibe directamente la carga que genera el material rodante a su paso, además sirve para el retorno de corriente y como conductor de señalización.

PLANCHUELA	Piezas metálicas de geometría especial que sirven para unir mecánicamente los extremos de los rieles o de las pistas de rodamiento.
PLANCHUELA AISLANTE	Elemento de geometría especial de material aislante que permite la unión mecánica de los perfiles que conforman el riel y pista e impide el paso de corriente eléctrica en la junta aislante.
PLATAFORMAS	Constituyen el elemento soporte de la estructura de la vía, de la que recibe por medio de la capa de balasto, los esfuerzos generados por el material rodante, ofreciendo una base compacta que permite obtener una óptima estabilidad del conjunto; sus características dependen del tipo de suelo donde se ubica.
RUEDA DE SEGURIDAD	Rueda metálica próxima a la rueda neumática, cuya función es la de hacer contacto sobre el hongo del riel cuando el neumático pierde presión, además de asegurar el guiado del tren al paso por los aparatos de vía.
SIT	Seccionador de aislamiento telemando.
SP	Servicio provisional
SR	Subestación de Rectificación
TANGENTE	Tramo recto del alineamiento en planta (trazo) o del vertical (perfil).
TC0	Tablero de control óptico
TOPE DE ARENA	Cajón de concreto armado que se instala al final de la vía; relleno con arena y costales rellenos con ésta, colocados de manera entrecruzada.
TOPE DE MADERA	Son travesaños de madera montados en los muretes de concreto instalados al final de una vía en zona de talleres.
TT	Teletransmisión
TRAZO	Es la trayectoria en planta que sigue una vía sobre una superficie dada con sus curvas horizontales y tangentes respectivas

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- José Luis Buendía, Fernando Islas; Manuel Larrosa, Gerardo Muñoz; ICA **30 AÑOS DE HACER EL METRO** 1ª. Edición México 1997 Empresas ICA Sociedad Controladora.
- 2.- Adelino Pérez Pedro, **TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN; TEORÍA, CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.** Editorial Reverte.
- 3.- Irwing Lazar, **ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS,** Editorial Limusa.
- 4.- Jacinto Viqueira Lauda, **SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA I Y II.**
- 5.- Ruiz José Luis, Marín Andrés, Lahoz y Rubio Mario, **INSTALACIONES Y LÍNEAS ELÉCTRICAS,** Editorial Don Bosco, Barcelona España.
- 6.- Rojas A. L. D. **PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE TRANSFORMADORES Y MOTORES DE INDUCCIÓN,** A. D. INP.
- 7.- Irving L. Kosow, **MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRASNFORMADORES,** editorial Reverte.
- 8.- George J. Thaler, **MÁQUINAS ELÉCTRICAS,** Editorial Limusa.
- 9.- G. Enriquez Harper, **LÍNEAS DE TRANSMISIÓN,** Editorial Limusa
- 10.- S. A. Nasar **MÁQUINAS ELÉCTRICAS,** Editorial C.E.C.S.A..
- 11.- theodore Wildi **SISTEMAS DE TRASNMISIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA,** Editorial Limusa.
- 12.- Jacinto Viqueira Lauda, **REDES ELÉCTRICAS,** Representaciones y Servicios de Ingeniería S. A. México.
- 13.- Stevenson William, **ANÁLISIS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA,** Mcgraw Hill.
- 1.-G. Enriquez Harper **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS,** SEP – DGETI.
- 2.- ALSTOM, **MANUAL DE MATERIAL RODANTE,** FRANCIA.
- 3.- BOMBARDIER, **MANUAL DE MATERIAL RODANTE,** CANADA.
- 4.- CAF, **MANUAL DE MATERIAL RODANTE,** ESPAÑA
- 5.- MELCO de México. **MOTORES ELÉCTRICOS DE TRACCIÓN,** JAPON MÉXICO
- 6.- MITSUBISHI, **CONVERTIDORES ESTÁTICOS,** JAPON.
- 7.- Westing House Motores, **GRUPO MOTOCOMPRESOR,** USA.